

# PERHITUNGAN KEBUTUHAN DAYA LISTRIK KOTA PADANG TAHUN 2000 SAMPAI 2020 DAN AKIBATNYA TERHADAP SISTEM DISTRIBUSI

**Mirza Zoni**

Jurusan Teknik Elektro Universitas Bung Hatta  
Kampus III. Gunung Pangilun Olo Nanggalo Padang  
Telp. 0751 7024257

## *Abstract*

*To make a planning about electric power system for Padang city, to anticipation short of supply and over investement, we need long time load forecast. Load forecast determine by substitution methode. Hight load substitution data form the past represented in graphical to make mathematic equation, we can get load trend line. Trend line equation and we cross it with seasonal indeks, we can get load forecast substitution and Padang city for 20 years in future. We need to determine to get load for Indarung substitution, Pauh Limo and Simpang Haru substitution and Padang city. Estimate Indarung substitution will be over load in 2006 and Simpang Haru substitution in 2005. Pauh Limo substitution still can be operation until 2020. Average load growth Padang city is about 4,30% for a year. And solution about this problem in need built more substitution or to add capacity power of substitution.*

## **I. Pendahuluan**

### **I.1. Latar Belakang**

Konsumsi energi listrik Kota Padang mengalami pertumbuhan rata-rata 10,81 % pertahun dari tahun 1990 sampai tahun 1999 dan perkembangan daya tersambung Kota

Padang dari tahun 1987/1998 sampai 1998/1999 rata-rata meningkat 8,23 % pertahun seperti pada tabel berikut :

Tahun	Konsumsi Energi Listrik (MWH)	Pertumbuhan Energi Listrik (%)	Tahun	Realisasi Daya Tersambung (kVA)	Pertumbuhan (%)
1990	298.615	-	1987/1998	103.341,210	-
1991	317.084	6.18	1998/1989	108.361,595	4,86
1992	329.271	3.84	1989/1990	115.664,860	6,74
1993	265.349	(-19,41)	1990/1991	123.983,595	7,19
1994	337.583	27.22	1991/1992	127.787,760	3,07
1995	391.725	16.04	1992/1993	131.098,875	2,59
1996	362.155	(-7.55)	1993/1994	119.016,865	(-9,22)
1997	488.336	34.84	1994/1995	130.285,280	9,92
1998	705.386	44.45	1995/1996	160.944,855	23,02
1999	646.989	(-8.28)	1996/1997	198.614,125	23,41
			1997/1998	206.915,450	2,67
			1998/1999	221.521,805	7,06
	<b>Rata-rata</b>	10.81		<b>Rata-rata</b>	8,23

Sumber : Bappeda Kota Padang, " Padang Dalam Angka", 2000

Indikasi peningkatan konsumsi energi dan daya tersambung PT. PLN (Persero) untuk kota Padang akan mempengaruhi system distribusi listrik yang ada sekarang.

Misalnya instalasi penyeluran (saluran distribusi, gardu induk, gardu hubung, trafo distribusi), investasi dan perencanaan sistem penyaluran. Upaya penyediaan tenaga listrik

memerlukan perencanaan dan persiapan yang baik sebab harus mampu memenuhi kebutuhan jangka panjang, mengatasi (*over investment*) akibat kebutuhan kecil dari daya yang disalurkan.

Agar pembangkitan dan penyaluran daya listrik seimbang dengan kebutuhan dan kesinambungan supply daya dapat dipertahankan maka perlu diperhatikan dua faktor penting yaitu a). besarnya kebutuhan daya listrik pada suatu daerah, dan b). pusat-pusat beban. Kedua masalah ini dapat diatasi dengan melakukan perkiraan beban listrik (*load forecast*), yaitu menghitung kebutuhan

kekurangan daya dan menghindari penyediaan daya yang berlebihan

daya listrik pada suatu daerah dalam jangka waktu tertentu.

Load forecast merupakan informasi utama dalam dala menyusun perencanaan sistem penyaluran daya listrik pada suatu daerah. Sehingga dengan adanya data tersebut *shortage of supply* (kekurangan kebutuhan daya) dan *over investment* dapat dihindari.

Atas dasar itu perlu dilakukan perhitungan kebutuhan daya listrik kota Padang tahun 2001 sampai 2020 dan pengaruhnya terhadap system distribusi.

## I.2. Perumusan Masalah

Perhitungan load forecast kota Padang dilakukan dengan menganalisa kecenderungan beban masa lalu. Beban masa lalu dibuat dalam suatu grafik beban dan dengan analisa regresi dapat dijadikan persamaan matematis (persamaan trend line) beban. Berdasarkan persamaan trend line dapat dihitung kebutuhan beban listrik kota Padang dalam jangka waktu 20 tahun. Persamaan kecenderungan beban dipengaruhi oleh bentuk kurva beban,

sedangkan kurva beban ditentukan oleh pola konsumsi dari sector konsumen, yang erat kaitannya dengan factor ekonomi, geografi dan pertumbuhan penduduk. Namun pola konsumsi listrik memperlihatkan pola yang sama dalam satu periode. Sehingga dengan metoda Gardu Induk dan analisa dapat dipredikasikan kebutuhan energi listrik Kota Padang berdasarkan pola data pembebanan gardu induk masa lalu.

## II. Kajian Pustaka.

### II.1. Konsep umum perkiraan beban

Perhitungan kebutuhan energi listrik (*demand forecast*) yang baik dilakukan dengan menganalisa karakteristik beban masa lalu, yang diboboti dengan seasonal indeks beban yang merupakan perilaku spesifik beban listrik pada bulan tertentu.

Perkiraan beban dapat dikelompokkan menjadi 3 macam, yaitu : perkiraan beban

jangka pendek (beberapa hari atau minggu), perkiraan beban jangka menengah ( satu bulan sampai satu tahun dan perkiraan beban jangka panjang (5 tahun, 10 tahun atau 20 tahun)

Metoda yang digunakan biasanya terbagi dua, yaitu : metoda gardu induk dan metoda sektoral.

### II.2.1. Metoda Gardu Induk

Metoda Gardu induk merupakan perhitungan perkiraan kebutuhan beban berdasarkan listrik berdasarkan data-data beban masa lalu (*data histories*) dari suatu gardu induk yang menggambarkan dinamika pemakaian energi listrik sesuai dengan daerah pelayanan gardu induk tersebut. Metoda ini didasarkan pada sifat periodik

beban, sehingga grafik beban masa lalu juga periodik. Dan merupakan proyeksi beban listrik pada gardu itu pada masa datang. Metoda perkiraan beban dengan metode gardu induk dilakukan dengan pendekatan *multiplicative*, dinamika beban gardu induk dipengaruhi oleh :

1. trend jangka panjang (long term trend-T)

2. pengaruh siklus (cyclical effect-C)  
 3. pengaruh musim(seasonal effect-S)  
 4. variasi takberaturan (irrigular variation-I)  
 Trend jangka panjang (T) merupakan pola umum konsumsi energi listrik jang panjang suatu wilayah yang dapat memperlihatkan peningkatan, penurunan atau cenderung mendatar sepanjang tahun. Pengaruh siklus (C) adalah fluktuasi pemakaian energi listrik yang bersifat periodic, seperti naiknya beban karena aktifitas manusia siang hari atau terjadinya beban puncak pada malam hari karena sebagian besar daya listrik digunakan untuk penerangan. Pengaruh musim (S) pada beban terlihat dengan adanya kenaikan atau penurunan beban listrik dalam periode tahunan atau bulanan, seperti pada bulan Agustus di Indonesia beban listrik naik karena acara perayaan HUT Republik Indonesia. Sedangkan pengaruh irriular (I) merupakan pengaruh beban listrik yang tidak tertentu, misalnya rusaknya jaringan listrik ke suatu daerah mengakibatkan turunnya pemakaian daya pada daerah tersebut. Secara matematik dapat dinyatakan sbb :

$$Y(t) = T \times S \times C \times I \quad (2.1)$$

### II.2.2. Mencari Seasonal Indeks

Untuk memasukan komponen seasonal dan irrigulas dipakai persamaan :

$$SxI = \frac{(TxSxCxI)}{(Tx C)} \quad (2.2)$$

Dimana komponen trend dan cyclical ditentukan dengan teknik rata-rata bergerak dalam periode satu tahun.

### II.2.3. Menentukan Persamaan Trend Line Beban Gardu Induk

Persamaan trend line beban gardu induk dibuat dengan mengambil persamaan koordinat antara beban (MW) sebagai ordinat dan waktu (bulan) sebagai absis. Pasangan koordinat dapat dihubungkan sehingga membentuk kurva beban yang berflutuasi sesuai dengan beban, namun dapat dilihat kecenderungannya. Secara umum persamaan trend line beban gardu induk adalah sebagai berikut :

Dimana :

- Y(t) : beban actual pada waktu t
- T : komponen pengaruh trend
- S : komponen pengaruh seasonal
- C : komponen pengaruh siklus
- I : komponen pengaruh irrigular

Fluktuasi beban gardu induk merupakan ekibat keempat komponen diatas. Namun beban listrik suatu gardu induk tetap memperlihatkan karakteristik spesifik yang berbeda antara satu gardu induk dengan gardu induk yang lain.

Metoda Gardu Induk untuk memperkirakan beban dilakukan penelekatan dengan langkah berikut :

1. memisahkan data dari pengaruh komponen musiman
2. menghitung indeks musiman menentukan persamaan garis trend line kurva beban gardu induk.
3. menghitung perkiraan beban berdasarkan persamaan garis trend line yang diboboti dengan seasonal indeks

$$MA(t) = \frac{1}{12}[Y(t-6) + \dots + Y(t) + \dots + Y(t+5)] \quad (2.3)$$

sehingga persamaan (2.2) menjadi :

$$SxI = \frac{Y(t)}{MA(t)} = Z(t) \quad (2.4)$$

disini Z(t) adalah seasonal indeks dan MA(t) adalah rata-rata bergerak

1. Linear : Y(t) = a + bt
2. Polynomial : Y(t) = a + bt + ct<sup>2</sup>
3. Daya : Y(t) = a t<sup>b</sup>
4. Eksponensial: Y(t) = a exp (t)
5. Logaritmik : Y(t) = a ln(t) + b

Dimana a, b dan c adalah konstanta yang dapat ditentukan setelah kurva beban ditemukan yaitu dengan metoda regresi.

### II.2.4. Menghitung Kebutuhan Energi Listrik

Persamaan kecendrungan digunakan untuk memproyeksikan energi listrik suatu system tenaga listrik. Persamaan umum untuk perhitungan perkiraan kebutuhan energi listrik pada masa tertentu adalah :

$$P_{LF} = P(t) \times ZI(t) \quad (2.5)$$

Dimana :

$P_{LF}(t)$ : kebutuhan energi listrik pada waktu t

$P(t)$  : persamaan trend line gardu induk

$ZI(t)$  : seasonal indeks

### II.2.5. Indeks Kesalahan

Indeks kesalahan adalah ketidak konsistenan garis trend line yang dinamakan standar error. Standar error yang digunakan adalah MAD (Mean Absolute Deviation) dan SSE (Sum of Squarer for Error forecast). MAD adalah rata-rata deviasi absolute antara nilai yang diamati dengan nilai yang diprediksikan, sedangkan SEE adalah jumlah kuadrat kesalahan prediksi. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut :

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \bar{Y}_t|}{n} \quad \dots\dots(2.6)$$

$$SSE = \sum_{t=1}^n (Y_t - \bar{Y}_t)^2$$

dimana :

n : adalah jumlah data

t : adalah entri data

$Y_t$  : adalah data beban realisasi

$\bar{Y}_t$  : adalah beban prediksi

Makin kecil nilai MAD dan SSE semakin kecil tingkat kesalahan perhitungan dan semakin konsisten hasil perkiraan beban.

## II. 3. Gardu Induk

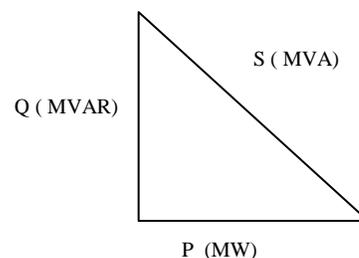
System distribusi tenaga listrik adalah bagian dari suatu system tenaga listrik yang terdiri dari : Jaringan subtransmisi, Gardu induk, feeder utama, feeder distribusi dan jaringan sekunder.

Gardu induk sebagai instalasi menyalur system tenaga listrik dalam pengoperasiannya berfungsi sebagai :

1. Transformasi tenaga dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya.
2. Penguku, pengawas operasi dan pengturan pengamanan system tenaga listrik yang terinterkoneksi
3. pengaturan daya anatara gardu induk melalui tegangan tinggi ke gadu distribusi melalui tegangan menengah

## II.4. Segi Tiga Daya

Daya listrik terdiri dari tiga komponen yaitu daya nyata (real), daya semu dan daya kompleks. Daya nyata dinyatakan kilo watt (kw) atau megawatt (MW) daya reaktif dalam kVAR (kikovoltamoere) dan daya kompleks dalam kVA .



Secara matematis ketiga gaya yang tergambar pada segitiga daya dapat dituliskan :

$$\begin{aligned} P &: V.I \cos \theta && (MW) \\ Q &: V.I \sin \theta && (MVAR) \\ S &: V.I && (MVA) \end{aligned}$$

Dimana  $\cos \theta$  adalah faktor daya

### III. Langkah Perhitungan

Langkah perhitungan Perkiraan beban metoda Gardu Induk sebagai berikut :

1. mempelajari system distribusi masing-masing gardu induk
2. mengumpulkan data beban masing-masing gardu induk
3. menghitung moving average dan seasonal indeks
4. membuat grafik pembebanan masing-masing gardu induk
5. menentukan persamaan trend line berdasarkan grafik pembebanan masing gardu induk
6. menghitung perkiraan beban gardu induk berdasarkan persamaan trend line dengan mengalikan dengan seasonal indeks
7. mengitung kebutuhan daya total kota Padang
8. menganalisa dan membuat kesimpulan perhitungan

### IV. Hasil Perhitungan

#### IV. 1.1. Hasil Perhitungan GI Indarung

Dari data beban puncak GI Indarung bulan Januari 1991 sampai Juni 2000 didapatkan moving average MA(t), seasonal indeks tahunan Z(t), rata-rata seasonal indeks RZ(t) dan seasonal indeks tiap bulan ZI(t).

Persamaan trend line, indeks kesalahan dengan Microsoft Exel GI Indarung didapatkan sebagai berikut :

No	Jenis Persamaan	Bentuk Persamaan	Indeks Kesalahan	
			R-squared	MAD
1	Linear	$P(t) = 0,1679 t + 19,709$	0,5293	678,293
2	Logaritmik	$P(t) = 4,1997 \ln(t) + 13,549$	0,2645	776,466
3	Polynomial	$P(t) = 0,0019t^2 - 0,0465t + 23,852$	0,5858	616,642
4	Power	$P(t) = 17,097 t^{0,1347}$	0,2331	786,450
5	Eksponensial	$P(t) = 20,588 e^{0,0056t}$	0,5027	666,563

Perhitungan berdasarkan garis trend line dengan persamaan linear yang dikalikan dengan seasonal indeks, yaitu :

$$P(t) = \{ 0,1679 t + 19,709 \} \cdot ZI(t)$$

Dengan seasonal indeks ZI(t) perbulan sbb :

Bulan ke-t	ZI(t) seasonal indeks	Bulan ke-t	ZI(t) seasonal indeks
Januari	0,960	Juli	0,988
Februari	1,023	Agustus	1,090
Maret	0,992	September	0,988
April	1,025	Oktober	1,016
Mei	1,036	November	0,974
Juni	1,014	Desember	0,925

Hasil perhitungan beban mulai bulan Juli 2000 sampai Juni 2020 sebagai berikut :

Tahun	Beban Setiap Bulan (MW)											
	Juli	Agus	Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
00/01	37,46	40,09	39,02	40,52	41,13	40,40	39,55	42,60	39,86	41,19	39,62	37,79
01/02	39,39	42,15	41,01	42,58	43,22	42,44	41,54	44,74	41,85	43,24	41,56	39,66
02/03	41,33	44,21	43,01	44,65	45,01	44,48	43,53	46,88	43,84	45,29	43,54	41,52
03/04	43,26	46,28	45,01	46,71	47,39	46,62	45,52	49,01	45,83	47,34	45,50	43,38
04/05	45,19	48,34	40,01	48,77	49,48	48,56	47,51	51,15	47,82	49,39	47,46	45,25
05/06	47,13	50,39	49,00	50,85	51,57	50,61	49,49	53,28	49,80	51,43	49,42	47,11
06/07	49,07	52,46	51,01	52,91	53,66	52,65	51,49	55,42	51,79	53,48	51,39	48,97
07/08	51,00	54,52	53,00	54,97	55,74	54,69	53,48	57,55	53,78	55,52	53,35	50,83
08/09	52,94	56,58	55,00	57,04	57,83	56,73	55,47	59,69	55,78	57,57	55,31	52,69
09/10	54,87	58,64	56,99	59,12	59,92	58,77	57,46	61,83	57,76	59,62	57,27	54,56
10/11	56,80	60,70	58,99	61,17	62,00	60,81	59,45	63,96	59,76	61,76	59,23	56,42
11/12	58,74	62,76	60,99	63,23	64,09	62,86	61,44	66,09	61,75	63,72	61,19	58,28
12/13	60,67	64,83	62,99	65,30	66,19	64,89	63,43	68,23	63,74	65,76	63,16	60,15
13/14	62,61	66,88	64,98	67,37	68,27	66,94	65,42	70,36	65,73	67,82	65,11	62,04
14/15	64,54	68,94	66,98	69,43	70,36	68,98	67,31	72,50	67,72	69,86	67,72	63,88
15/16	66,47	71,01	68,98	71,02	69,40	70,16	69,70	74,64	69,70	71,91	69,07	65,74
16/17	68,41	73,07	70,98	73,56	74,74	73,07	71,39	76,77	71,69	73,96	71,00	67,61
17/18	70,35	75,13	72,97	75,63	76,63	75,11	73,38	78,91	73,68	76,00	72,96	69,47
18/19	72,28	77,19	74,98	77,69	78,71	77,15	75,38	81,05	75,67	78,05	74,05	74,92
19/20	71,33	74,21	79,25	76,97	79,76	80,80	79,19	83,18	77,66	80,10	76,88	73,19

#### IV. 1.2. Hasil Perhitungan GI Pauh Limo

Dari data beban puncak GI Pauh Limo bulan Januari 1991 sampai Mei 1997 didapatkan moving average MA(t), seasonal indeks tahunan Z(t), rata-rata seasonal indeks RZ(t) dan seasonal indeks tiap bulan ZI(t).

Persamaan trend line, indeks kesalahan dengan Microsoft Exel GI Indarung hasil pengolahan data beban puncak GI Pauh Limo, data Januari 1991 sampai 1997 sebagai berikut :

No	Jenis Persamaan	Bentuk Persamaan	Indeks Kesalahan	
			R-squared	MAD
1	Linear	$P(t) = 0,2293 t + 25,120$	0,8532	248,734
2	Logaritmik	$P(t) = 4,2379 \ln(t) + 19,602$	0,5119	328,961
3	Polynomial	$P(t) = 0,0034t^2 - 0,0281t + 28,423$	0,9230	224,812
4	Power	$P(t) = 22,067 t^{0,1236}$	0,5254	316,312
5	Eksponensial	$P(t) = 25,972 e^{0,0066 t}$	0,8607	241,920

Dari data beban puncak GI Pauh Limo bulan April 1997 sampai bulan Juni 2000, Untuk data beban puncak GI Pauh Limo bulan April 1997 - Juni 2000, didapatkan

persamaan trend line, indeks kesalahan sebagai berikut :

No	Jenis Persamaan	Bentuk Persamaan	Indeks Kesalahan	
			R-squared	MAD
1	Linear	$P(t) = 0,4536 t + 3,6228$	0,8407	149,524
2	Logaritmik	$P(t) = 5,356 \ln(t) - 1,95$	0,6849	443,123
3	Polynomial	$P(t) = (-0,0026)t^2 + 0,5594t + 2,8997$	0,8436	148,857
4	Power	$P(t) = 2,9745 t^{0,4921}$	0,8102	162,696
5	Eksponensial	$P(t) = 5,2078 e^{0,0393 t}$	0,8832	140,205

Persamaan trend line diambil adalah persamaan power dari data bulan April 1997-Juli 2000 yaitu sebagai berikut :

$$P(t) = \{22,067 t^{0,1236}\}. ZI(t)$$

Dengan seasonal indeks sbb :

Bulan ke-t	ZI(t) seasonal indeks	Bulan ke-t	ZI(t) seasonal indeks
Januari	0,786	Juli	1,024
Februari	0,936	Agustus	1,078
Maret	0,996	September	0,996
April	1,038	Oktober	1,034
Mei	1,075	November	0,994
Juni	1,047	Desember	1,022

Hasil perhitungan beban mulai bulan Juli 2000 sampai Juni 2020 sebagai berikut :

Tahun	Beban Setiap Bulan (MW)											
	Juli	Agus	Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
00/01	18,61	19,89	17,70	20,10	18,93	19,60	15,38	18,51	19,90	20,95	22,12	21,78
01/02	21,17	22,57	20,04	22,69	21,32	22,02	17,24	20,70	22,21	23,33	24,59	24,17
02/03	23,45	24,96	22,12	25,01	23,45	24,19	18,91	22,67	24,29	25,49	26,83	26,34
03/04	25,52	27,13	24,02	27,12	25,41	26,18	20,44	24,49	26,21	27,47	28,89	28,34
04/05	27,43	29,13	25,76	29,07	27,22	28,02	21,86	26,17	27,99	29,31	30,81	30,19
05/06	29,21	30,00	27,40	30,90	28,91	29,74	23,19	27,75	29,66	31,05	32,62	31,95
06/07	30,88	32,76	28,95	32,62	30,50	31,37	24,45	29,24	31,24	32,68	34,32	33,60
07/08	32,47	34,44	30,40	34,26	32,01	32,91	25,64	32,68	32,74	34,24	35,94	35,17
08/09	33,98	36,02	31,80	35,81	33,46	34,38	26,78	32,00	34,18	35,73	37,49	36,68
09/10	35,43	37,54	33,13	37,30	34,84	35,79	27,87	33,03	35,54	37,15	38,97	38,13
10/11	36,82	39,00	34,41	38,73	36,17	37,15	28,93	34,54	36,86	38,52	39,62	39,52
11/12	38,15	40,41	40,11	37,45	38,46	29,94	35,75	35,75	38,14	39,85	41,79	40,86
12/13	39,44	41,76	36,83	41,44	38,68	39,72	30,91	36,91	39,37	41,13	43,12	42,15
13/14	40,68	43,07	37,98	42,72	39,88	40,94	31,86	38,03	40,57	42,37	44,41	43,41
14/15	41,88	44,35	39,09	43,98	41,04	41,89	32,78	39,12	41,72	43,56	45,67	44,63
15/16	43,06	45,58	40,18	45,19	42,17	43,28	33,67	40,18	42,85	44,74	46,89	45,82
16/17	44,20	46,78	41,24	46,37	43,27	44,40	34,54	41,21	43,94	45,88	48,08	46,97
17/18	45,31	47,95	42,27	47,52	44,34	45,49	35,38	42,22	45,01	46,98	49,23	48,10
18/19	46,39	49,09	43,27	48,65	45,38	46,56	36,21	43,20	46,05	48,07	50,36	49,20
19/20	47,45	50,21	44,25	49,74	46,39	47,59	37,02	44,16	47,07	49,13	51,47	50,28

#### IV. 1.3. Hasil Perhitungan GIS Simpang Haru

Data GIS Simpang Haru adalah bulan April 1997 sampai Juni 2000. Moving average MA(t), seasonal indeks Z(t) dan seasonal

indeks rata-rata ZR(t) dan ZI(t). Persamaan trend line, indeks kesalahan GIS Simpang Haru sebagai berikut :

No	Jenis Persamaan	Bentuk Persamaan	Indeks Kesalahan	
			R-squared	MAD
1	Linear	$P(t) = 0,1973 t + 48,625$	0,9525	15,571
2	Logaritmik	$P(t) = 2,3505 \ln(t) + 46,143$	0,7901	32,941
3	Polynomial	$P(t) = 0,00002 t^2 + 0,1966 t + 48,629$	0,9525	15,571
4	Power	$P(t) = 46,432 t^{0,0451}$	0,8011	31,826
5	Eksponensial	$P(t) = 48,72 e^{0,0038 t}$	0,9527	15,164

Persamaan trend line yang diambil adalah eksponensial dan diboboti dengan seasonal indeks ZI (t), persamaan untuk perhitungan beban GIS Simapang Haru adalah :

$$P(t) = \{48,72 e^{0,0038 t}\} \cdot ZI(t)$$

Dengan seasonal indeks perbulan seperti berikut :

Bulan ke-t	ZI(t) Seasonal Indeks	Bulan ke-t	ZI(t) Seasonal Indeks
Januari	0,946	Juli	1,061
Februari	0,951	Agustus	1,016
Maret	0,965	September	0,939
April	1,044	Oktober	0,989
Mei	1,057	November	0,956
Juni	1,108	Desember	0,966

Hasil perhitungan beban mulai bulan Juli 2000 sampai Juni 2020 sebagai berikut :

Tahun	Beban Setiap Bulan (MW)											
	Juli	Agus	Sept	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun
00/01	58,19	57,19	55,37	58,52	56,78	55,84	56,63	57,14	58,14	58,16	58,21	61,80
01/02	60,91	60,60	57,96	57,96	61,25	59,43	58,45	59,28	59,81	60,95	60,93	64,68
02/03	63,75	63,43	60,67	64,10	62,20	61,17	62,04	62,59	63,79	63,72	63,77	67,70
03/04	66,72	66,39	63,49	67,09	65,10	64,03	64,94	64,94	65,52	66,69	66,74	70,86
04/05	69,84	69,45	66,46	70,22	68,14	67,01	67,96	68,57	69,88	69,80	69,86	74,17
05/06	73,09	72,73	69,56	73,50	71,31	70,14	71,14	71,71	73,14	73,06	73,11	77,63
06/07	76,51	76,12	72,81	76,93	73,41	74,45	75,12	76,56	76,56	76,44	76,53	81,25
07/08	80,07	79,67	76,20	80,52	78,13	76,84	77,93	78,63	80,13	80,03	80,09	85,04
08/09	83,81	83,39	79,76	84,27	81,77	80,42	80,42	80,57	82,29	83,87	83,83	89,01
09/10	87,72	87,28	83,47	88,21	85,59	84,18	85,37	86,13	87,78	87,68	87,74	93,16
10/11	91,81	91,35	87,37	92,32	89,58	88,10	89,35	90,15	91,77	91,84	91,88	97,51
11/12	96,09	85,62	91,45	96,63	93,77	92,21	93,52	94,36	96,17	96,05	96,12	102,1
12/13	100,6	100,1	95,71	1011	98,14	96,52	97,88	98,76	100,7	100,5	100,6	106,8
13/14	105,3	104,7	100,2	105,9	102,7	101,0	102,5	103,4	105,3	105,2	105,3	111,8
14/15	110,2	109,6	104,6	110,8	107,5	105,7	107,2	108,2	110,3	110,1	110,2	117,0
15/16	115,3	114,7	109,7	115,9	112,5	110,7	112,2	113,2	115,4	115,3	115,4	122,5
16/17	120,7	120,1	114,9	121,4	117,8	115,8	117,5	118,5	120,8	120,3	120,7	128,2
17/18	126,3	125,7	120,2	127,0	123,3	121,2	122,9	124,1	126,4	126,3	126,4	134,2
18/19	132,3	131,5	125,8	132,9	129,0	126,9	128,7	129,8	132,3	132,2	132,3	140,4
19/20	126,3	125,7	120,2	127,0	123,3	121,2	122,9	124,0	126,4	126,3	126,4	134,2

#### 4.1.4. Beban Total Gardu Induk dan Kota Padang

Beban puncak GI Indarung, GI Pauh Limo dan GIS Simpang Haru, dan kebutuhan daya

Kota Padang tahun 2000-2020 sebagai berikut.

No	Tahun	Hasil Perhitungan Kebutuhan Beban (MW)			
		GI Indarung	GI P. Limo	GIS. S. Haru	Kota Padang
1	2001	42,60	22,13	61,80	83,93
2	2002	44,74	24,58	64,68	89,26
3	2003	46,88	24,59	60,70	91,29
4	2004	49,01	28,89	70,86	99,75
5	2005	51,15	30,81	74,17	104,98
6	2006	53,28	32,62	77,63	110,25
7	2007	55,42	43,32	81,25	115,57
8	2008	57,55	35,94	85,04	120,98
9	2009	59,69	37,49	89,01	126,50
10	2010	61,83	38,98	93,16	132,14
11	2011	63,96	39,52	97,51	137,03
12	2012	66,09	41,78	102,05	143,83
13	2013	68,23	43,12	106,82	149,94
14	2014	70,36	44,41	111,79	156,20

15	2015	72,50	45,67	117,02	162,69
16	2016	74,64	46,89	122,48	169,37
17	2017	76,77	48,08	128,19	176,27
18	2018	78,91	49,23	134,17	183,40
19	2019	81,05	50,36	140,43	190,79
20	2020	83,18	51,47	146,98	198,45

#### IV.3.1. Analisa Pertumbuhan Beban Kota Padang

Beban kota Padang yang disuplai oleh GI Pauh Limo dan GIS Simpang Haru, karena GI Indarung hanya untuk menyuplai beban ke PT. Semen Padang. Diperkirakan tahun 2001 Kota Padang membutuhkan beban 83,93 MW, tahun 2005 menjadi 104,98 MW kemudian tahun 2010 menjadi 132,14 MW, tahun 2015 menjadi 162,69 MW dan tahun 2020 dibutuhkan 198,45 MW. Kenaikan kebutuhan beban diperkirakan 4,64% setiap tahunnya atau sekitar 6,03 MW.

Sedangkan pertambahan kapasitas beban gardu induk untuk pusat pertumbuhan beban Kota Padang tahun 2001 sebesar 98,74 MVA, tahun 2005 menjadi 113,50 MVA, tahun 2010 adalah 155,45 MVA, lima tahun kemudian menjadi 191,39 MVA dan tahun 2020 diperkirakan kapasitas gardu induk yang dibutuhkan 233,47 MVA. Dari kedua gardu induk yang total kapasitas terpasangnya 144 MVA, akan over load tahun 2010, sebab diperkirakan tahun 2009

kebutuhan beban Kota Padang adalah 148,82 MVA

Hasil perkiraan beban GI Pauh Limo dan GIS Simpang Haru memperlihatkan bahwa pertumbuhan beban Kota Padang pesat. Dengan perbandingan perkembangan beban GI Pauh Limo 4,52% dan GIS Simpang Haru 4,67%. Maka pusat pertumbuhan beban Kota Padang terdapat di daerah yang disuplai oleh kedua gardu induk tersebut.

Pertumbuhan beban tersebut adalah daerah pusat kota, Padang bagian utara, Padang bagian barat dan daerah pinggir kota seperti sepanjang jalan by pass yang merupakan daerah perkembangan kota. Untuk Padang bagian timur, Padang bagian selatan yaitu daerah Teluk Bayur merupakan daerah pertumbuhan rendah.

#### IV.3.2. Analisa Pertumbuhan Beban terhadap Kapasitas Gardu Induk

Melihat kapasitas Gardu Induk Pauh Limo dan GIS Simpang Haru dengan kapasitas 144 MVA, diperkirakan mampu menampung pertumbuhan beban sampai 2008. Sebab pada tahun 2009 kota Padang membutuhkan 148,82 MVA yang melebihi kapasitas kedua gardu induk tersebut. Kapasitas daya yang dibutuhkan terus meningkat sampai tahun 2020 diperkirakan Kota Padang membutuhkan 233,47 MVA hampir dua kali lipat dari kapasitas yang ada sekarang. Setidaknya ada tiga masalah akibat

pertumbuhan beban Kota Padang yang berkaitan dengan sistem distribusi yang ada sekarang, yaitu :

1. GIS Simpang Haru diperkirakan mengalami over load tahun 2005 dari kapasitas terpasangnya.
2. Dua gardu induk yang menyuplai Kota Padang yaitu GI Pauh Limo dan GIS Simpang Haru hanya mampu menampung beban sampai tahun 2008.
3. GI Indarung akan terbebani maksimum tahun 2005 dan over load tahun 2006.

#### IV.3.2. Alternatif Pemenuhan kebutuhan Daya Listrik Kota Padang

Untuk mengantisipasi pertumbuhan beban Kota Padang sampai tahun 2008 dimana

masih sanggupnya GI Pauh Limo dan GIS Simpang Haru menyuplai beban, maka ada

beberapa alternatif untuk menanggulangi masalah tersebut, yaitu :

1. Pemindahan sebagian beban GIS Simpang Haru ke GI Pauh Limo. Yaitu jika GIS Simpang Haru dibebani maksimum maka mulai tahun 2006, beban yang harus dipindahkan sebesar 3,33 MVA tahun 2006, 7,59 MVA pada tahun 2007 dan 12,05 MVA pada tahun 2008.
2. Perkembangan beban GI Indarung yang cukup besar menghendaki penambahan kapasitas daya. Kapasitas yang dibutuhkan untuk GI Indarung sebesar

100 MVA jika setiap tahun ada perluasan pabrik PT. Semen Padang.

3. Meningkatkan kapasitas GI Simpang Haru, sehingga menjasi 175 MVA agar mampu menampung beban sampai tahun 2020.
4. Membangun gardu induk baru di Kota Padang, yang harus direncanakan sekarang. Pembangunan gardu induk baru berkapasitas diatas 100 MVA sebaiknya sudah bisa digunakan tahun 2008 agar dapat menampung beban samapi tahun 2020. Pembangunan gardu induk itu sebaiknya diletakan di Padang bagian barat atau Padang bagian utara.

## V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perkiraan beban listrik Kota Padang tahun 2000-2020 dan analisa dapat disimpulkan beberapa hal penting, yaitu :

1. Beban GI Indarung tahun 2001, 2005, 2010, 2025 dan 2020 berturut-turut hadala : 42,60 MW, 51,15 MW, 61, 69 MW, 72,50 MW dan 83,18 MW. Rata-rata kenaikan beban adalah 3,59 % setahun.
2. Beban GI Pauh Limo tahun 2001, 2005, 2010, dan 2020 masing hadala : 22,13 MVA, 30,81 MVA, 38,97 MVA, 45,67 MW dan 51,47 MVA. Dengan rata-rata pertumbuhan 4,57%.
3. Beban GIS Simpang Haru mengalami pertumbuhan rata-rata 4,67% pertahun. Sehingga diperkirakan GIS Simpang Haru akan over load pada tahun 2005.  
Beban Kota Padang tahun 2001, 2005, 2010 dan 2020 masing-masing adalah : 126,75 MW, 156,26 MW, 193, 96, 235,19 MW dan 281,633 MW.
4. Sistem distribusi Kota Padang yang terdiri dari GI Pauh Limo dan GIS Simpang Haru akan akan mengalami over load tahun 2009 dimana total beban yang dibutuhkan adalah 148,71 MW dari daya terpasang adalah

## Daftar Pustaka :

1. A.S. ,” Sistem Distribusi tenaga” Erlangga, Jakarta, 1984
2. Bappeda Tk. I Sumber, ” Potensi sumber daya laut”, Makalah, Padang
3. Bappeda Kota Padang, ”Padang dalam angka”, Padang, 2000
4. J.Supranto M.A, Metoda peramalan kuantitatif untuk ekonomi dan bisnis” Renika Cipta, Yakarta, 1997
5. PT.PLN Padang, ”Petunjuk pengoperasian da pemeliharaan Gardu induk”, makalah, Madang, 1997
6. PT. PLN Penyaluran dan Pembangkitan Sumatera Bagian Selatan, ” Petunjuk pengoperasian dan pemeliharaan gardu induk”, makalah, Padang, 1997