



ANALISIS BIAYA SEWA JARINGAN TENAGA LISTRIK DENGAN METODE PENELUSURAN ALIRAN DAYA BERBASIS PRANGKO

A. Tossin Alamsyah, Ikhsan Kamil, Ferry Triansyah

Abstrak – Pemanfaatan bersama jaringan tenaga listrik melalui skema sewa memungkinkan dilakukan pembangunan pembangkit yang lokasinya jauh dari beban, sehingga memberikan manfaat bagi penyewa dan pemilik jaringan tenaga listrik. Pada sistem penyediaan tenaga listrik terintegrasi, secara tradisional menggunakan Metode Prangko (*Postage Stamp*) yang berdampak penyewa mensubsidi beban lain dan membayar tagihan listrik lebih mahal pada saat sistem tenaga listrik beroperasi normal. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan menggunakan Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) yang menghitung biaya sewa jaringan tenaga listrik berdasarkan biaya fungsi jaringan, biaya kapasitas, biaya susut dan koefisien penelusuran aliran daya. Algoritma Newton Raphson dan perangkat lunak ETAP digunakan untuk mendapatkan koefisien penelusuran aliran daya. Hasil penelitian menunjukkan tarif sewa jaringan tenaga listrik sebesar 205 Rp/kWh. Biaya sewa jaringan tenaga listrik dengan Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) pada kondisi sistem tenaga listrik beroperasi normal, lebih hemat sekitar 23,87% s.d 24,64 % dari Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional dan lebih hemat sekitar 41% dari tagihan rekening listrik.

Kata kunci – sewa jaringan, metode prangko (*postage stamp*), penelusuran aliran daya

Abstract - The joint utilization of the electric power grid through the power wheeling scheme allows the construction of power plants located far from the load, thus providing benefits for the tenants and owners of the power grid. The integrated electricity supply system, traditionally using the Postage Stamp Method, which results in tenants subsidizing other load and paying more expensive electricity bills when the electric power system operates normally. Therefore, this study proposes to use the Postage Stamp based Power Flow Tracing Method which calculates power wheeling costs based on power grid function costs, capacity costs, losses costs, and power flow tracing coefficients. Newton Raphson Algorithm and ETAP (Electrical Transient Analyzer Program) software were used to obtain power flow tracing coefficients. The results showed that the power wheeling rate was 205 Rp/kWh. The cost of power wheeling with the Postage Stamp Based Power Flow Tracing Method under normal operating conditions of the electric power system is about 23.87% to 24.64% more efficient than the Traditional Postage Stamp Method and more efficient is about 41% of electricity bills.

Keywords: power wheeling, postage stamp method, power flow tracing

1. PENDAHULUAN

Usaha penyediaan tenaga listrik di Indonesia terdiri atas usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum dan usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan sendiri. Usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum meliputi pembangkit tenaga listrik, transmisi tenaga listrik, distribusi tenaga listrik dan/atau penjualan tenaga listrik. Untuk yang melayani konsumen, usaha penyediaan tenaga untuk kepentingan umum secara sistem terintegrasi harus mendapatkan penetapan wilayah usaha dari Pemerintah. Ketentuan penetapan wilayah usaha

oleh Pemerintah adalah satu wilayah usaha hanya untuk satu badan usaha. Oleh karena itu, satu konsumen hanya mendapatkan pasokan listrik dari satu badan usaha (*single buyer*), sehingga tidak akan terjadi satu konsumen mendapatkan pasokan listrik lebih dari satu badan usaha (*multi buyer*).

Pemanfaatan bersama jaringan tenaga tenaga listrik melalui sewa memerlukan perhitungan untuk menentukan besaran alokasi biaya yang dibebankan kepada para penyewa. Dalam menentukan besaran alokasi biaya sewa jaringan tenaga listrik, metode yang digunakan adalah Metode Biaya Tertanam (*Embedded Cost*) yang

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

merupakan biaya tetap antara pengguna jaringan tenaga listrik yang terdiri dari Metode Prangko (*Postage Stamp*), Metode Jalur Kontrak (*Contract Path*), metode MW-mile dan metode MVA-mile [35]. Metode Biaya Tertanam (*Embedded Cost*) ini berkembang dengan mempertimbangkan analisa aliran daya dalam menentukan besaran alokasi biaya sewa jaringan tenaga listrik agar meningkatkan keadilan para pengguna [11]. Di Indonesia, penelitian besaran alokasi biaya sewa jaringan tenaga listrik telah dilakukan dengan lingkup penelitian, yaitu menggunakan penelusuran aliran daya [13] [11], perhitungan biaya sewa jaringan tenaga listrik menggunakan metode MW-mile dan MVA-mile [21], mempertimbangkan aspek keandalan untuk pemberlakuan diskon dan denda [15], dan perhitungan menggunakan teknik dekomposisi daya untuk menentukan kapasitas penggunaan, pemisahan kerugian transmisi, dan probabilitas kegagalan transaksi dengan keamanan N-1 [10].

Dalam penerapan sewa jaringan tenaga listrik dipengaruhi oleh skema pasar ketenagalistrikan suatu negara untuk menentukan pilihan metode perhitungan besaran alokasi biaya sewa jaringan tenaga listrik. Secara tradisional metode prangko (*postage stamp*), metode jalur kontrak (*contract path*) digunakan pada sistem penyediaan tenaga listrik terintegrasi, sedangkan metode MW-mile dan metode MVA-mile digunakan pada sistem pasar ketenagalistrikan terbuka (*open access*). Mempertimbangkan Indonesia menggunakan sistem penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum secara terintegrasi, maka penelitian ini mengusulkan menggunakan Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) untuk mendapatkan alokasi biaya sewa sesuai dengan kontribusi daya pembangkit yang disalurkan pada jaringan tenaga listrik untuk melayani beban. Metode ini sebagai pilihan alternatif untuk menentukan alokasi biaya sewa jaringan tenaga listrik pada sistem terintegrasi dengan Metode mempertimbangkan biaya investasi sebagai biaya fungsi jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah, biaya kapasitas sistem tenaga listrik, dan biaya susut jaringan tenaga listrik serta koefisien penelusuran aliran daya. Sementara itu, penelusuran aliran daya menggunakan algoritma *Newton Raphson* yang

disimulasikan dengan ETAP untuk menganalisa koefisien kontribusi daya pembangkit dalam melayani beban yang disalurkan kepada beban penyewa. Metode alternatif ini diharapkan biaya sewa jaringan tenaga listrik lebih ekonomis dan memberikan keadilan.

2. METODOLOGI

2.1. Metode Prangko (*Postage Stamp*)

Metode Prangko (*Postage Stamp*) secara Tradisional digunakan oleh usaha penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan umum secara terintegrasi. Metode prangko (*Postage Stamp*) berdasarkan seluruh sistem jaringan tenaga listrik yang dibeban kepada semua penyewa jaringan tenaga listrik sesuai dengan daya transaksi pembangkit dan daya transaksi beban puncak. Metode ini, mengalokasikan biaya sewa jaringan tenaga listrik berdasarkan tarif sewa jaringan tenaga listrik dengan mempertimbangkan besarnya daya transaksi yang diukur pada saat beban puncak pada sistem tenaga listrik, dirumuskan seperti pada persamaan (1) berikut ini,

$$B_j = T_j \times \frac{P_t}{P_{peak}} \quad (1)$$

$$B_j = T_j \times K_{pt} \quad (2)$$

dimana:

B_j = biaya sewa jaringan tenaga listrik

T_j = tarif sewa jaringan tenaga listrik

P_t = daya transaksi pembangkit

P_{peak} = daya transaksi beban puncak

K_{pt} = koefisien prangko tradisional

Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional memiliki kelemahan, yaitu biaya sewa jaringan tenaga listrik yang dibayarkan tidak mencerminkan penggunaan yang sebenarnya karena tidak mempertimbangkan daya pembangkit penyewa memberikan juga kontribusi kepada beban lain pada jaringan tenaga listrik yang disewakan. Hal ini disebabkan, daya transaksi pembangkit dan daya transaksi beban langsung sebagai faktor kali dari tarif sewa jaringan tenaga listrik dan tidak dapat membedakan pembangkit penyewa yang dekat atau jauh dari bebannya.

2.2. Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*)

Pada metode yang diusulkan bahwa daya yang ditransaksikan P_t sesuai persamaan (1)

Hak Cipta :

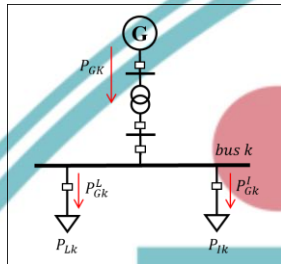
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

berdasarkan jumlah daya pembangkit yang disalurkan pada jaringan tenaga listrik. Daya yang transaksi dari pembangkit penyewa menjadi faktor pengurang dari daya transaksi total pembangkit pada sistem tenaga listrik. Sementara itu, daya transaksi beban puncak sistem P_{peak} dari persamaan (1) berdasarkan daya transaksi beban puncak penyewa menjadi faktor pengurang dari total daya transaksi beban pada sistem tenaga listrik saat kondisi beban puncak. Untuk menggambarkan perancangan penelusuran aliran daya seperti Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Single Bus System

Daya transaksi pembangkit G sebesar P_{GK} yang dialirkan ke bus k untuk melayani daya transaksi beban penyewa P_{LK} dengan daya transaksi sebesar P_{GK}^L dan daya transaksi sebesar P_{IK}^L disalurkan kepada beban lain P_{IK} sehingga daya transaksi pembangkit G sebesar P_{GK} pada bus k dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{GK} = P_{GK}^I + P_{GK}^L \quad (3)$$

dimana,

jika $P_{LK} \neq 0$ maka $P_{GK}^I = P_{GK} - P_{GK}^L$

jika $P_{LK} = 0$ maka $P_{GK}^I = P_{GK}$

sedangkan daya transaksi total dari beberapa pembangkit sebesar n yang mengalir ke jaringan tenaga listrik pada daya transaksi beban pucak dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$P_{Gn,peak}^I = \sum_{n=1}^{Gn} P_{Gn} - P_{Gn}^L$$

Sesuai persamaan (4) bahwa P_{Gn} daya transaksi yang dilayani pembangkit n dan P_{Gn}^L daya transaksi dari pembangkit n yang mengalir ke daya transaksi beban penyewa, sehingga dirumuskan koefisien penelusuran aliran daya (K_{pad}) sebagai berikut.

$$K_{pad} = \frac{P_{Gk} - P_{Gk}^L}{\sum_{n=1}^{Gn} P_{Gn} - P_{Gn}^L} \quad (5)$$

sehingga dengan mensubstitusikan persamaan (3) dan persamaan (5) didapatkan rumus matematika biaya sewa jaringan tenaga listrik untuk pembangkit G di bus k dengan Metode Penelusuran

Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) yang diusulkan sebagai berikut.

$$B_j = T_j \times \frac{P_{Gk} - P_{Gk}^L}{\sum_{n=1}^{Gn} P_{Gn} - P_{Gn}^L} \quad (6)$$

dan K_{pad} merupakan koefisien penelusuran aliran.

$$K_{pad} = \frac{P_{Gk} - P_{Gk}^L}{\sum_{n=1}^{Gn} P_{Gn} - P_{Gn}^L} \quad (7)$$

Selanjutnya, rumus matematika Metode Penelusuran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) akan sama dengan rumus matematika Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional, saat $P_{Lk} = 0$ pada persamaan (3) sehingga persamaan (6) sama seperti persamaan (1), yaitu:

$$B_j = T_j \times \frac{P_{Gk}^I}{P_{Gn,peak}^I} \quad (8)$$

2.3. Tarif Sewa Jaringan Tenaga Listrik

Tarif sewa jaringan tenaga listrik (T_j) yang dibayarkan setiap bulan diusulkan berdasarkan parameter-parameter, sebagai berikut:

1. Biaya Fungsi Jaringan

Biaya investasi yang merupakan biaya fungsi jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah (F_d) selama masa kontrak sewa yang dirumuskan sebagai berikut:

$$F_d = [(BPP_d - BPP_t) \times (100\% + M)] \times D_t \times J_o \quad (9)$$

dimana:

BPP_d = BPP distribusi tegangan menengah

BPP_t = BPP transmisi tegangan tinggi

M = Margin (7%)

D_t = daya transaksi yang disalurkan

J_o = jumlah jam nyala operasi 1 (satu) bulan

2. Biaya Kapasitas

Biaya kapasitas (K_d) jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah selama masa kontrak untuk beroperasi secara paralel [2] yang dirumuskan, sebagai berikut:

$$K_d = T_{WBP} \times D_t \times J_m \quad (10)$$

dimana:

T_{WBP} = tarif tenaga listrik waktu beban puncak

J_m = jam nyala minimum sesuai dengan tarif dasar listrik

3. Biaya Susut

Biaya susut (s_d) jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah yang dirumuskan, sebagai berikut:

$$S_d = \left(\frac{T_{LWBP} \times J_{LWBP} + T_{WBP} \times J_{WBP}}{J} \right) \times D_t \times J_o \times P_s \quad (11)$$

dimana:

T_{LWBP} = tarif tenaga listrik luar waktu beban puncak

T_{WBP} = tarif tenaga listrik waktu beban puncak

J_{LWBP} = Jam waktu beban puncak (4 jam)

J_{WBP} = jam waktu luar beban puncak (20 jam)

J = lama jam dalam waktu sehari (24 jam)

P_s = persentase susut

sehingga alokasi tarif sewa jaringan tenaga listrik (T_j) untuk setiap bulan, sebagai berikut:

$$T_j = F_d + K_d + S_d \quad (12)$$

atau dalam Rp/kWh, sebagai berikut:

$$T_j = \frac{F_d + K_d + S_d}{D_t \times J_o} \quad (13)$$

Pada penelitian dilakukan studi kasus melalui simulasi penelusuran aliran daya jaringan tenaga listrik tegangan menengah 20 kV sub sistem tenaga listrik Gardu Induk Glugur Medan dengan ETAP 19.0.1, sebagai berikut:

1. Studi Kasus Ke-1

Bisnis-1 memiliki PLTMH 5 MW dan beban 3.645 MVA sebagai penyewa jaringan tenaga listrik. Daya yang ditransaksikan oleh PLTMH dialirkan melalui bus 20 kV yang melewati beberapa beban lain sebelum sampai ke beban Bisnis-1 (jauh).

2. Studi Kasus Ke-2

Bisnis-3 memiliki PLTMH 5 MW dan beban 3.645 MVA sebagai penyewa jaringan tenaga listrik. Daya yang ditransaksikan oleh PLTMH dialirkan melalui bus 20 kV langsung ke beban Bisnis-3 (dekat).

Selanjutnya, dilakukan 10 (sepuluh) skenario secara bertahap sampai batas kemampuan sistem tenaga listrik. Kondisi pembangkit mengalami *under excited* karena pelepasan pembangkit dan beban. Kondisi jaringan tenaga listrik mengalami *under voltage* karena penambahan beban.

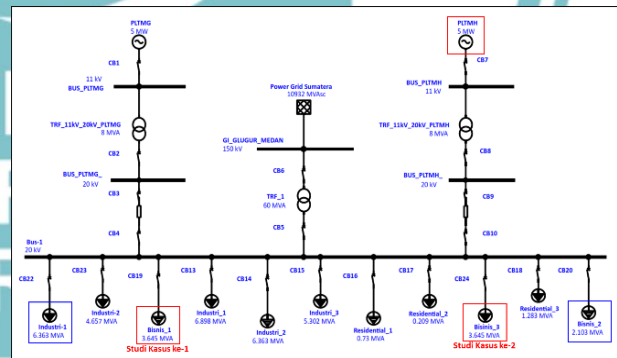
1. Skenario-1, Sistem tenaga listrik beroperasi normal;
2. Skenario-2, PLTMG keluar dari sistem tenaga listrik;
3. Skenario-3, PLTMG dan Bisnis-2 keluar dari sistem tenaga listrik;
4. Skenario-4: PLTMG, Bisnis-2 dan Industri-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;

5. Skenario-5: PLTMG, Bisnis-2, Industri-2 dan Industri-3 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;
6. Skenario-6: Bisnis-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;
7. Skenario-7: Bisnis-2 dan Industri-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;
8. Skenario-8: Bisnis-2, Industri-2 dan Industri-3 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;
9. Skenario-9: Industri-4 Masuk ke Sistem Tenaga Listrik; dan
10. Skenario-10: Industri-4 dan Bisnis-4 Masuk ke Sistem Tenaga Listrik.

Diagram satu garis sistem tenaga listrik seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3, berikut ini.



Gambar 2. Pelepasan Pembangkit dan Beban Pada Jaringan Tenaga Listrik



Gambar 3. Penambahan Beban Pada Jaringan Tenaga Listrik

Hasil simulasi daya transaksi pembangkit dan daya transaksi beban ditabulasikan agar dapat dilakukan analisa besaran alokasi biaya sewa jaringan tenaga listrik dengan:

1. Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*); dan
2. Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional.

3. HASIL PENELITIAN

Sesuai hasil survey telah didapatkan data yaitu: $BPP_d = 1.200,66$ Rp/kWh; $BPP_t = 1.118,05$ Rp/kWh; $T_{WBP} = 1.553,67$ Rp/bulan; $T_{LWBP} = 1.1.035,78$ Rp/bulan $P_s = 2,7\%$; $J_o = 720$ jam; $J_m =$

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

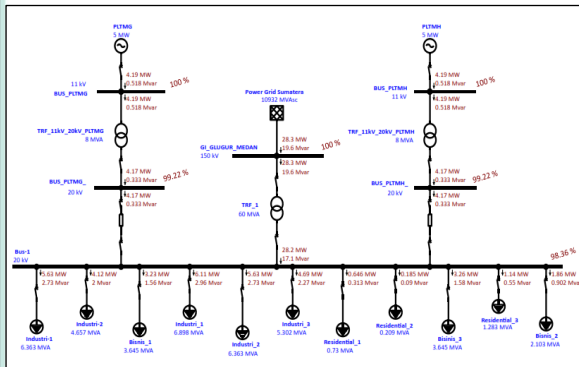
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

40 jam; tagihan rekening listrik =Rp 1.010.900.565.

Hasil simulasi ETAP untuk Skenario-1, Sistem Tenaga Listrik Beroperasi Normal seperti Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Skenario-1, Sistem Tenaga Listrik Beroperasi Normal

3.1. Studi Kasus ke-1

Pada Studi Kasus Ke-1 dan Skenario-1, dilakukan tabulasi daya transaksi pembangkit dan daya beban transaksi beban dari hasil simulasi Gambar 4 seperti pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Tabulasi Daya dan Beban Transaksi Pembangkit Pada Studi Kasus Ke-1 dan Skenario-1

No	Daya Transaksi		No	Beban Transaksi	
	Sumber Daya	MW		Jenis Beban	MW
1	Power Grid Sumatera	28,20	1	Industri-1	5,63
2	PLTMH	4,17	2	Industri-2	4,12
3	PLTMG	4,17	3	Bisnis-1	3,23
Total Daya		36,54	4	Industri-1	6,11
Total Daya - Daya PLTMH		32,37	5	Industri-2	5,63
			6	Industri-3	4,69
			7	Residential-1	0,65
			8	Residential-2	0,19
			9	Bisnis-3	3,26
			10	Residential-3	1,14
			11	Bisnis-2	1,86
			Total beban	36,50	
			Total beban - beban Bisnis 1	33,27	

1. Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*)

Sesuai dengan persamaan (9) dan daya transaksi (D_t) sebesar 4,170 kW pada Tabel 1 maka biaya fungsi jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah (F_d) yang disewakan selama masa kontrak, yaitu:

$$F_d = [(1.200,66 - 1.118,05) \times 107\%] \times 4.170 \times 720$$

$$F_d = 265.390.242 \text{ Rp/bulan}$$

Sesuai persamaan (10) dan daya transaksi (D_t) sebesar 4,170 kW pada Tabel 1, maka biaya kapasitas distribusi tenaga listrik tegangan menengah selama masa kontrak, yaitu:

$$K_d = 1.553,67 \times 4.170 \times 40$$

$$K_d = 259.152.156 \text{ Rp/bulan}$$

Sesuai persamaan (11) dan daya transaksi sebesar 4,170 kW (D_t) pada Tabel 1, maka biaya susut pada jaringan distribusi tenaga listrik tegangan menengah, yaitu:

$$S_d = 1.122,10 \times 4.170 \times 720 \times 2,7\%$$

$$S_d = 90.962.407 \text{ Rp/bulan}$$

Sesuai persamaan (12) maka tarif sewa jaringan tenaga listrik (T_j), yaitu:

$$T_j = 615.504.805 \text{ Rp/bulan}$$

atau dalam Rp/bulan sesuai persamaan (13), yaitu:

$$T_j = \frac{615.504.805}{4.170 \times 720} = 205,00 \text{ Rp/kWh}$$

selanjutnya, sesuai persamaan (7) yang merupakan koefisien penelusuran aliran daya (K_{pad}), dan Tabel 1 didapat sebagai berikut.

$$K_{pad} = \frac{32,37}{33,27} = 0,973$$

sehingga sesuai persamaan (6), maka biaya sewa jaringan tenaga listrik (B_j) yang dibayarkan oleh Bisnis-1 pada kondisi Sistem Tenaga Listrik Beroperasi Normal sebagai berikut.

$$B_j = 615.504.805 \times 0,973$$

$$B_j = 598.836.541 \text{ Rp/bulan}$$

2. Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional

Sesuai dengan persamaan (2) dan T_j sebesar 615.504.805 Rp/bulan serta pada Tabel 1 bahwa daya yang ditransaksi (P_t) dari bus trafo PLTMH sebesar 4,17 MW dan daya beban puncak (P_{peak}) merupakan daya transaksi beban Bisnis-1 sebesar 3,23 MW, maka biaya sewa jaringan tenaga listrik (B_j) dengan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional yang dibayarkan Bisnis-1 pada kondisi Sistem Tenaga Listrik Beroperasi Normal, sebagai berikut:

$$B_j = 615.504.805 \times \frac{4,17}{3,23}$$

$$B_j = 615.504.805 \times 1,291$$

$$B_j = 794.630.043 \text{ Rp/bulan}$$

Pola penelitian yang sama dilakukan untuk Skenario-2 sampai dengan Skenario-10.

3.2. Studi Kasus ke-2

Pada Studi Kasus Ke-2 dan Skenario-1, dilakukan tabulasi daya transaksi pembangkit dan daya beban transaksi beban dari hasil simulasi Gambar 4 seperti Tabel 2, berikut ini.

Tabel 2. Tabulasi Daya dan Beban Transaksi Pada Studi Kasus Ke-2 dan Skenario-1

No	Daya Transaksi		No	Beban Transaksi	
	Sumber Daya	MW		Jenis Beban	MW
1	Power Grid Sumatera	28,20	1	Industri-1	5,63
2	PLTMH	4,17	2	Industri-2	4,12
3	PLTMG	4,17	3	Bisnis-1	3,23
Total Daya		36,54	4	Industri-1	6,11
Total Daya - Daya PLTMH		32,37	5	Industri-2	5,63
			6	Industri-3	4,69
			7	Residential-1	0,65
			8	Residential-2	0,19
			9	Bisnis-3	3,26
			10	Residential-3	1,14
			11	Bisnis-2	1,86
			Total beban		36,50
			Total beban - beban Bisnis 3		33,24

Berdasarkan Tabel 2 bahwa kapasitas daya yang ditransaksikan oleh PLTMH sebesar 4,17 MW dan tarif sewa jaringan tenaga listrik (T_j) sebesar 615.504.805 Rp/bulan sama dengan Studi Kasus Ke-1 dan Skenario-1.

1. Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*)

Berdasarkan persamaan (7) yang merupakan koefisien penelusuran aliran daya (K_{pad}), dan Tabel 2 didapat sebagai berikut.

$$K_{pad} = \frac{32,37}{33,24} = 0,974$$

sehingga sesuai persamaan (6), maka biaya sewa jaringan tenaga listrik (B_j) yang dibayarkan oleh Bisnis-3 pada kondisi Sistem Tenaga Listrik Beroperasi Normal, sebagai berikut.

$$B_j = 615.504.805 \times 0,974$$

$$B_j = 599.376.991 \text{ Rp/bulan}$$

2. Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional Sesuai dengan persamaan (2) dan T_j sebesar 615.504.805 Rp/bulan serta pada Tabel 2 bahwa daya yang ditransaksi (P_t) dari bus trafo PLTMH sebesar 4,17 MW dan daya beban puncak (P_{peak}) merupakan daya beban Bisnis-3 sebesar 3,26 MW, maka biaya sewa jaringan tenaga listrik (B_j) dengan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional yang dibayarkan Bisnis-3 pada kondisi Sistem Tenaga Listrik Beroperasi Normal, sebagai berikut:

$$B_j = T_j \times K_{pt}$$

$$B_j = 615.504.805 \times \frac{4,17}{3,26}$$

$$B_j = 615.504.805 \times 1,279$$

$$B_j = 787.317.496 \text{ Rp/bulan}$$

Pola penelitian yang sama dilakukan untuk Skenario-2 sampai dengan Skenario-10

Hasil penelitian didapatkan tarif sewa jaringan tenaga listrik seperti pada Tabel 3. dan biaya sewa jaringan tenaga listrik seperti pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 3. Tarif Sewa Jaringan Tenaga Listrik

Skenario Kondisi Sistem Tenaga Listrik, Pada: 1. Studi Kasus Ke-1: Pembangkit Jauh Dari Beban 2. Studi Kasus Ke-2: Pembangkit Dekat Dari Beban	Daya Transaksi (kW)	Tarif Sewa Jaringan, T_j (Rp/bulan)			
		Biaya Fungsi Jaringan	Biaya Kapasitas	Biaya Susut	Total
Rumus	1	2	3	4	5 = 2+3+4
Skenario-1: Sistem Tenaga Listrik Operasi Normal	4.170	265.390.242	259.152.156	90.962.407	615.504.805
Skenario-2: PLTMG Keluar dari Sistem Tenaga Listrik	4.700	299.120.897	292.089.960	102.523.576	693.734.433
Skenario-3: PLTMG dan Bisnis-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik	4.450	283.210.211	276.553.260	97.070.194	656.833.665
Skenario-4: PLTMG, Bisnis-2 dan Industri-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik	3.910	248.843.129	242.993.988	85.290.890	577.128.007
Skenario-5: PLTMG, Bisnis-2, Industri-2 dan Industri-3 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik	3.290	209.384.628	204.462.972	71.766.503	485.614.103
Skenario-6: Bisnis-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik	3.960	252.025.266	246.101.328	86.381.566	584.508.160
Skenario-7: Bisnis-2 dan Industri-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik	3.470	220.840.322	215.649.396	75.692.938	512.182.656
Skenario-8: Bisnis-2, Industri-2 dan Industri-3 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik	2.920	185.836.812	181.468.656	63.695.498	431.000.967
Skenario-9: Industri-4 Masuk ke Sistem Tenaga Listrik	4.500	286.392.348	279.660.600	98.160.871	664.213.819
Skenario-10: Industri-4 dan Bisnis-4 Masuk ke Sistem Tenaga Listrik	4.660	296.575.187	289.604.088	101.651.035	687.830.310

Tabel 4. Biaya Sewa Jaringan Tenaga Listrik Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*)

Skenario	Tarif Sewa Jaringan (Rp/bulan)	Studi Kasus ke-1, Pembangkit Jauh dari Beban				Studi Kasus ke-2, Pembangkit Dekat dari Beban			
		Daya Transaksi (MW)	Daya Beban Puncak (MW)	K_{pad}	Biaya Sewa Jaringan (Rp/bulan)	Daya Transaksi (MW)	Daya Beban Puncak (MW)	K_{pad}	Biaya Sewa Jaringan (Rp/bulan)
Rumus	1	2	3	4 = 2/3	5 = 1 x 4	6	7	8 = 6/7	9 = 1 x 8
Skenario-1	615.504.805	32,37	33,271	0,973	598.836.541	32,37	33,24	0,974	599.376.991
Skenario-2	693.734.433	31,80	33,251	0,956	663.461.399	31,80	33,21	0,958	664.260.485
Skenario-3	656.833.665	30,30	31,442	0,964	632.976.911	30,30	31,41	0,965	633.581.435
Skenario-4	577.128.007	26,80	27,426	0,977	563.955.027	26,80	27,40	0,978	564.572.587
Skenario-5	485.614.103	22,80	22,81	1,000	485.401.208	22,80	22,80	1,000	485.614.103
Skenario-6	584.508.160	30,86	31,463	0,981	573.305.846	30,86	31,43	0,982	573.853.015
Skenario-7	512.182.656	27,27	27,446	0,994	508.898.237	27,27	27,43	0,994	509.269.344
Skenario-8	431.000.967	23,22	22,81	1,018	438.748.025	23,22	22,80	1,018	438.940.458
Skenario-9	664.213.819	34,80	35,989	0,967	642.269.607	34,80	35,95	0,968	642.984.252
Skenario-10	687.830.310	35,96	37,317	0,964	662.817.964	35,96	37,28	0,965	663.529.199



Tabel 5. Biaya Sewa Jaringan Tenaga Listrik Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional

Skenario	Tarif Sewa Jaringan (Rp/bulan)	Studi Kasus ke-1, Pembangkit Jauh dari Beban				Studi Kasus ke-2, Pembangkit Dekat dari Beban			
		Daya Transaksi (MW)	Daya Beban Puncak (MW)	K_{pt}	Biaya Sewa Jaringan (Rp/bulan)	Daya Transaksi (MW)	Daya Beban Puncak (MW)	K_{pt}	Biaya Sewa Jaringan (Rp/bulan)
Rumus	1	2	3	$4 = 2/3$	$5 = 1 \times 4$	6	7	$8 = 6/7$	$9 = 1 \times 8$
Skenario-1	615.504.805	4,17	3,23	1,291	794.630.043	4,17	3,26	1,279	787.317.496
Skenario-2	693.734.433	4,70	3,22	1,460	1.012.593.737	4,70	3,26	1,442	1.000.169.274
Skenario-3	656.833.665	4,45	3,23	1,378	904.925.638	4,45	3,26	1,365	896.598.101
Skenario-4	577.128.007	3,91	3,24	1,207	696.472.379	3,91	3,27	1,196	690.082.724
Skenario-5	485.614.103	3,29	3,26	1,009	490.082.944	3,29	3,27	1,006	488.584.220
Skenario-6	584.508.160	3,96	3,23	1,226	716.610.624	3,96	3,26	1,215	710.016.048
Skenario-7	512.182.656	3,47	3,25	1,068	546.853.482	3,47	3,27	1,061	543.508.812
Skenario-8	431.000.967	2,92	3,26	0,896	386.049.946	2,92	3,27	0,893	384.869.365
Skenario-9	664.213.819	4,50	3,22	1,398	928.249.125	4,50	3,26	1,380	916.859.566
Skenario-10	687.830.310	4,66	3,21	1,452	998.532.475	4,66	3,25	1,434	986.242.844

4. PEMBAHASAN

4.1. Tarif Sewa Jaringan Tenaga Listrik

Pada Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) dan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional, tarif sewa jaringan tenaga listrik semakin hemat dengan semakin kecil daya pembangkit yang ditransaksikan dan tarifnya sama yaitu 205 Rp/kWh seperti pada Tabel 6 berikut ini.

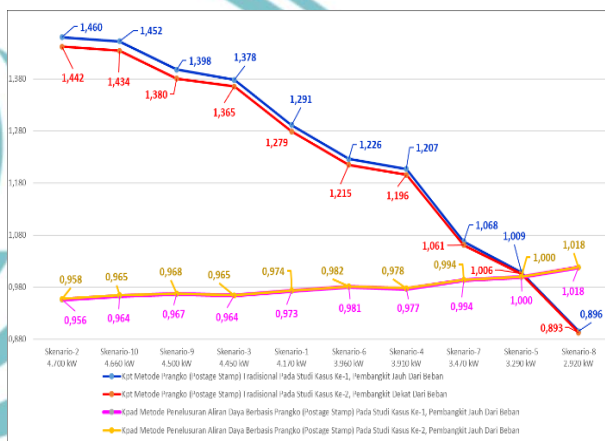
Tabel 6. Tarif Sewa Jaringan Tenaga Listrik dalam Rp/kWh

Skenario	Daya Transaksi (kW)	Jam Operasi Sebulan (jam)	Konsumsi Energi (kWh)	Tarif Sewa Jaringan	
				Rp/bulan	Rp/kWh
Rumus	1	2	$3 = 1 \times 2$	4	$5 = 4/3$
Skenario-1	4.170	720	3.002.400	615.504.805	205,00
Skenario-2	4.700	720	3.384.000	693.734.433	205,00
Skenario-3	4.450	720	3.204.000	656.833.665	205,00
Skenario-4	3.910	720	2.815.200	577.128.007	205,00
Skenario-5	3.290	720	2.368.800	485.614.103	205,00
Skenario-6	3.960	720	2.851.200	584.508.160	205,00
Skenario-7	3.470	720	2.498.400	512.182.656	205,00
Skenario-8	2.920	720	2.102.400	431.000.967	205,00
Skenario-9	4.500	720	3.240.000	664.213.819	205,00
Skenario-10	4.660	720	3.355.200	687.830.310	205,00

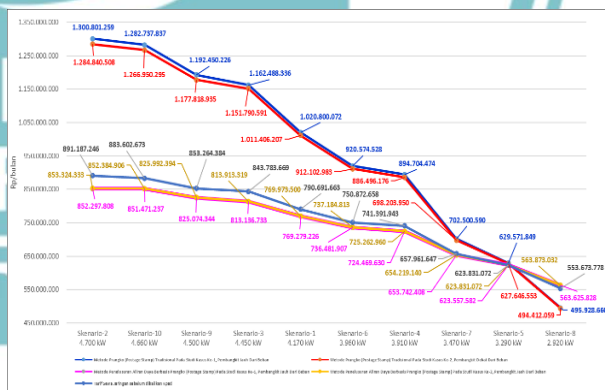
4.2. Perbandingan K_{pt} dan K_{pad} Pada 2 Studi Kasus

Perbandingan K_{pt} dan K_{pad} pada 2 Studi Kasus ditunjukkan pada Gambar 5, sebagai berikut:

- Pada Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*):
 - nilai K_{pad} pembangkit jauh dari beban < nilai K_{pad} pembangkit dekat dari beban.
 - semakin kecil kapasitas daya transaksi pembangkit, maka semakin besar nilai K_{pad} .
- Sebaliknya, pada Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional:
 - nilai K_{pt} pembangkit jauh dari beban > nilai K_{pt} pembangkit dekat dari beban.
 - semakin kecil kapasitas daya transaksi pembangkit, maka semakin kecil K_{pt} .



Gambar 5. Perbandingan K_{pt} dan K_{pad} pada 2 Studi Kasus



Gambar 6. Dampak K_{pad} dan K_{pt} terhadap Biaya Sewa Jaringan Tenaga Listrik

Pada Gambar 6 menunjukkan dampak Koefisien penelusuran aliran daya (K_{pad}) dan Koefisien prangko tradisional (K_{pt}) terhadap biaya sewa jaringan tenaga listrik. Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) membayar lebih murah dibandingkan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional.

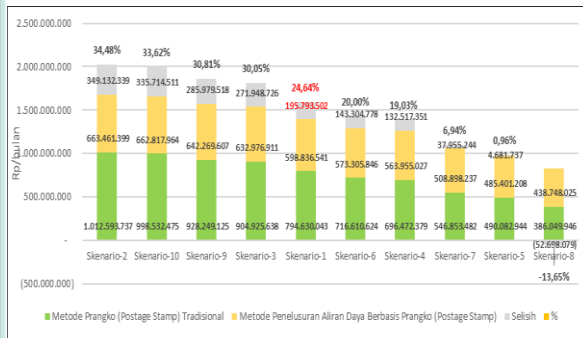
4.3. Perbandingan Biaya Sewa Jaringan Tenaga Listrik Pada 2 (dua) Metode

Pada Studi Kasus Ke-1 dan Skenario-1 untuk Sistem Tenaga Listrik Beroperasi Normal, Metode

Hak Cipta :
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

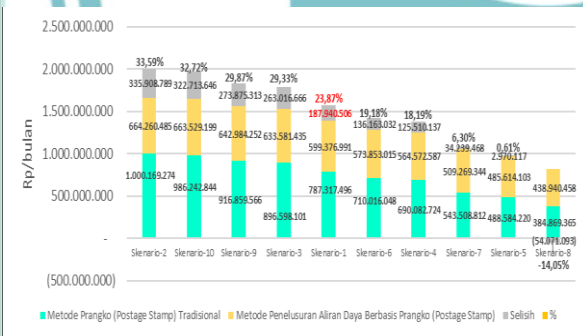


Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) lebih hemat 195.791.502Rp/bulan (24,64%) daripada Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional seperti Gambar 7 berikut ini.



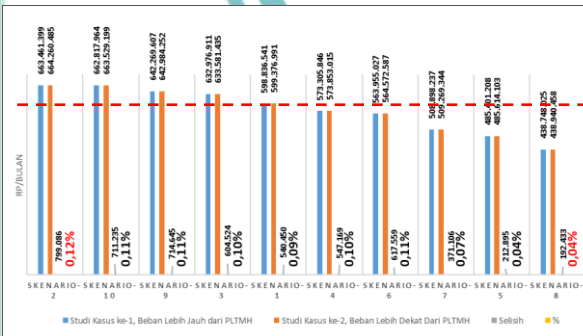
Gambar 7. Perbandingan Biaya Sewa Pada Studi Kasus ke-1

Pada Studi Kasus Ke-2 dan Skenario-1 untuk Sistem Tenaga Listrik Beroperasi Normal, Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) lebih hemat 187.940.506 Rp/bulan (23,87%) daripada Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional, seperti Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Perbandingan Biaya Sewa Pada Studi Kasus ke-2

4.4. Perbandingan 2 (dua) Studi Kasus Pada Metode yang Sama

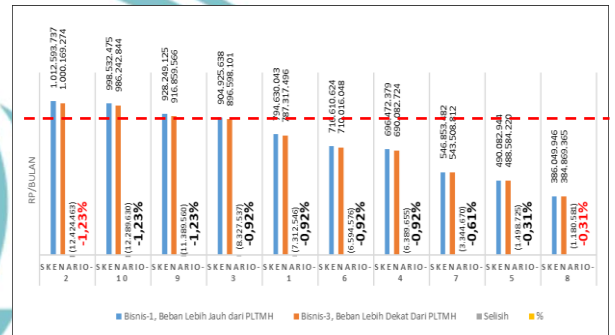


Gambar 9. Perbandingan Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) Pada 2 (dua) Studi Kasus

Pada Gambar 9 menunjukkan bahwa biaya sewa jaringan tenaga listrik pada Metode Penelusuran

Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*), untuk Studi Kasus Ke-1 (pembangkit jauh dari beban) **lebih murah** daripada Studi Kasus Ke-2 (pembangkit dekat dari beban), sekitar 0,04% s.d 0,12%. seperti pada

Biaya sewa jaringan tenaga listrik pada Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional untuk Studi Kasus Ke-1 (pembangkit jauh dari beban) **lebih mahal** daripada Studi Kasus Ke-2 (pembangkit dekat dari beban) sekitar 0,31% s.d 1,23% seperti pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Perbandingan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional Pada 2 (dua) Studi Kasus

Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan pada 2 (dua) metode, biaya sewa jaringan tenaga listrik Skenario-1, sistem tenaga listrik beroperasi normal, **lebih murah** dari:

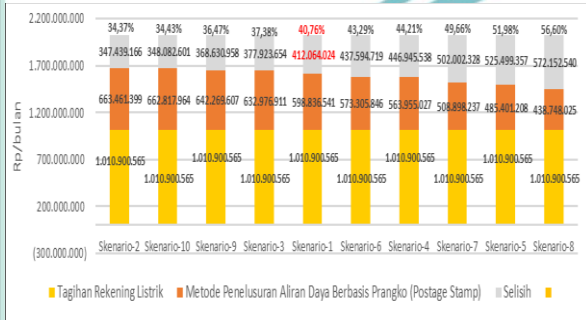
1. Skenario-2: PLTMG Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;
2. Skenario-3: PLTMG dan Bisnis-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;
3. Skenario-10: Industri-4 dan Bisnis-4 Masuk ke Sistem Tenaga Listrik; dan
4. Skenario-9: Industri-4 Masuk ke Sistem Tenaga Listrik.

Gambar 9 dan Gambar 10 menunjukkan pada 2 (dua) metode, biaya sewa jaringan tenaga listrik Skenario-1, sistem tenaga listrik beroperasi normal, **lebih mahal** dari:

1. Skenario-4: PLTMG, Bisnis-2 dan Industri-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;
2. Skenario-6: Bisnis-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;
3. Skenario-7: Bisnis-2 dan Industri-2 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik;
4. Skenario-5: PLTMG, Bisnis-2, Industri-2 dan Industri-3 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik
5. Skenario-8: Bisnis-2, Industri-2 dan Industri-3 Keluar dari Sistem Tenaga Listrik

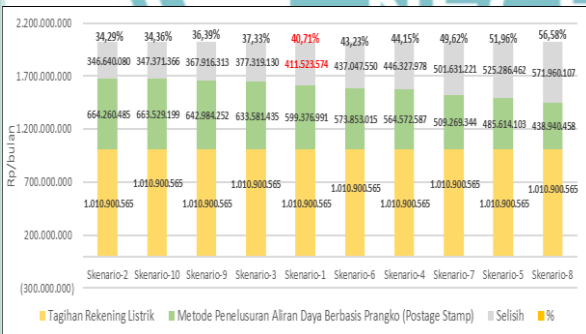
4.5. Perbandingan Biaya Sewa Jaringan Tenaga Listrik Dengan Tagihan Rekening Listrik

Perbandingan biaya sewa jaringan tenaga listrik antara Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) dengan tagihan rekening listrik pada Studi Kasus Ke-1 terdapat penghematan biaya energi. Khususnya untuk Skenario-1, Sistem Operasi Beroperasi Normal penghematan sebesar 412.064.024 Rp/bulan (40,76%) seperti Gambar 11 berikut ini.



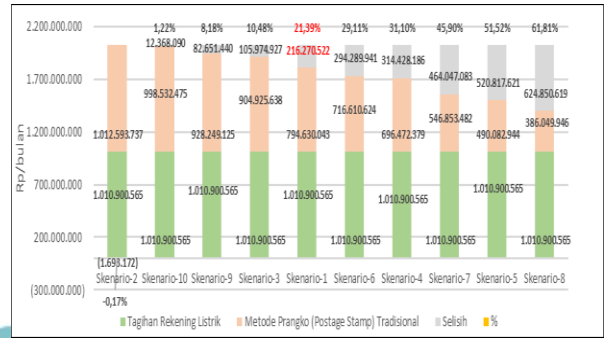
Gambar 11. Perbandingan Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) dengan Tagihan Rekening Listrik Pada Studi Kasus Ke-1

Perbandingan biaya sewa jaringan tenaga listrik antara Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) dengan tagihan rekening listrik pada Studi Kasus Ke-2 terdapat penghematan biaya energi. Khususnya untuk Skenario-1, Sistem Operasi Beroperasi Normal penghematan sebesar 411.523.574 Rp/bulan (40,71%) seperti Gambar 12 berikut ini.



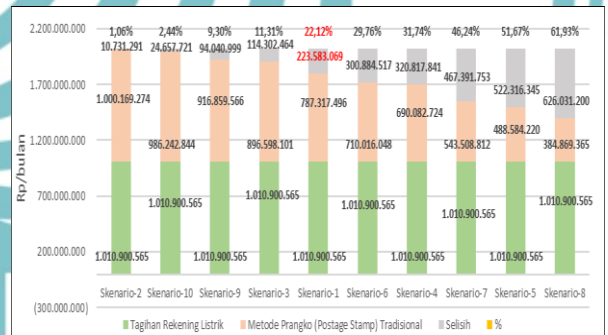
Gambar 12. Perbandingan Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) dengan Tagihan Rekening Listrik Pada Studi Kasus Ke-2

Perbandingan biaya sewa jaringan tenaga listrik dengan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional dengan tagihan rekening listrik pada Studi Kasus Ke-1 terdapat penghematan dan penghematan biaya energi. Khusus untuk Skenario-1, Sistem Operasi Beroperasi Normal penghematan sebesar 216.270.522 Rp/bulan (21,39%) seperti Gambar 13 berikut ini.



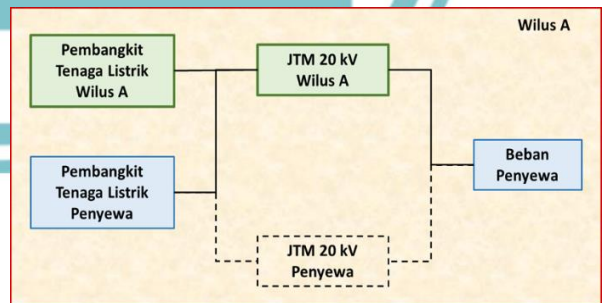
Gambar 13. Perbandingan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional dengan Tagihan Rekening Listrik Pada Studi Kasus Ke-1

Perbandingan biaya sewa jaringan tenaga listrik dengan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional dengan tagihan rekening listrik pada Studi Kasus Ke-2 terdapat penghematan dan penghematan biaya energi. Khususnya untuk Skenario-1, Sistem Operasi Beroperasi Normal terdapat penghematan biaya energi sebesar 223.583.069 Rp/bulan (22,12%) seperti Gambar 14 berikut ini.



Gambar 14. Perbandingan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional dengan Tagihan Rekening Listrik Pada Studi Kasus Ke-2

4.6. Bisnis Model Sewa Jaringan Tenaga Listrik



Gambar 15. Bisnis Model Sewa Jaringan Tenaga Listrik

Pada sistem penyediaan tenaga listrik terintegrasi yang memberlakukan wilayah usaha (wilus) maka badan usaha lain (penyewa) yang memiliki pembangkit tenaga listrik untuk keperluan sendiri dapat melakukan sewa jaringan

Hak Cipta :
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

tenaga listrik tanpa menjual tenaga listrik kepada pihak lain. seperti Gambar 57. Dalam menerapkan bisnis model sewa jaringan tenaga listrik, peneliti mengusulkan sebagai berikut:

- a. Berlaku untuk konsumen baru dan konsumen lama dengan kapasitas tambahan
Penerapan sewa jaringan tenaga listrik diberlakukan untuk penyewa yang merupakan konsumen baru dan konsumen lama yang memerlukan kapasitas tambahan di wilayah usaha A. Dengan menjadi konsumen dari wilayah usaha A maka penyewa dapat menghemat biaya investasi untuk pembangunan jaringan tegangan menengah 20 kV. Disisi lain, penyewa mendapatkan pasokan tenaga listrik secara kontinu karena disaat pembangkit tenaga listrik milik penyewa dalam kondisi tidak beroperasi tetap mendapatkan pasokan tenaga listrik dari wilayah usaha A.
- b. Optimasi pemanfaatan jaringan tegangan menengah 20 kV.
Penerapan sewa jaringan tenaga listrik dilakukan untuk optimasi pemanfaatan jaringan tegangan menengah 20 kV *eksisting* yang belum dioperasikan secara maksimal oleh wilayah usaha A. Dengan demikian, sewa jaringan tegangan menengah 20 kV menjadi tambahan pendapatan bagi wilayah usaha A. Selain itu, tambahan pendapatan juga dari pengurangan biaya pokok penyediaan dan susut jaringan tegangan menengah 20 kV.
- c. Skema kerja sama sewa jaringan tenaga listrik.
Dalam melaksanakan kerja sama sewa jaringan tenaga listrik harus tetap menjaga keandalan sistem dan kualitas pelayanan pelanggan. Selain itu, penyewa yang memiliki izin penyediaan tenaga listrik untuk kepentingan sendiri dapat melakukan kerja sama dengan badan usaha lain untuk sewa pembangkit tenaga listrik.

5. KESIMPULAN

1. Pada Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) dan Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional, tarif sewa jaringan tenaga listrik tetap sama sebesar 205 Rp/kWh.
2. Biaya sewa jaringan tenaga listrik bulanan dipengaruhi oleh kondisi sistem tenaga listrik. Pada kondisi sistem tenaga listrik beroperasi

normal, maka biaya sewa jaringan tenaga listrik:

- a. lebih mahal pada saat pembangkit lain keluar dan ada tambahan beban baru di Sistem Tenaga Listrik.
 - b. lebih murah pada saat ada beban keluar.
3. Pada Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*), biaya sewa jaringan tenaga listrik pada kondisi sistem tenaga listrik beroperasi normal:
 - a. Lebih hemat sekitar 23,87% s.d 24,64 % dari Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional; dan
 - b. lebih hemat sekitar 41% dari tagihan rekening listrik.
 - c. lebih hemat 0,09% pembangkit yg beban dekat daripada pembangkit yang beban jauh.
 4. Pada Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional, biaya sewa jaringan tenaga listrik pada kondisi sistem tenaga listrik beroperasi normal:
 - a. lebih hemat sekitar 21,39% s.d 22,12% dari tagihan rekening listrik
 - b. lebih mahal 0,92% pembangkit yg beban dekat daripada pembangkit yang beban jauh.
 - c. memberikan subsidi kepada beban lain
 5. Metode Penelusuran Aliran Daya Berbasis Prangko (*Postage Stamp*) yang merupakan modifikasi dari Metode Prangko (*Postage Stamp*) Tradisional memperlihatkan biaya sewa jaringan tenaga listrik yang dibebankan kepada penyewa lebih ekonomis dan adil.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (2015), Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1 Tahun 2015 tentang Pemanfaatan Bersama Jaringan Tenaga Listrik.
- [2] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (2017), Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 20 Tahun 2020 tentang Operasi Paralel Pembangkit Tenaga Listrik dengan Jaringan Tenaga Listrik PT PLN (Persero).
- [3] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (2009), Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mimeral Nomor 04 Tahun 2009 tentang Aturan Distribusi tenaga listrik tegangan menengah.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [4] Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (2021), Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 11 Tahun 2021 tentang Pelaksanaan Usaha Ketenagalistrikan.
- [5] Ahmed Z. Abass, D.A Pavlyuchenko, Zozan Saadallah Hussain (2021), Survey About Impact Voltage Instability and Transient Stability for a Power System with an Integrated Solar Combined Cycle Plant in Iraq by Using ETAP. *Journal of Robotics and Control (JRC)*, Volume 2, Issue 3, May 2021. ISSN: 2715-5072. DOI: 10.18196/jrc.2366
- [6] Roman Korab, Henryk Kocot and Henryk Majchrzak (2021), Fixed Transmission Charges Based on the Degree of Network Utilization. *Energies* 2021, 14, 614. <https://doi.org/10.3390/en14030614>.
- [7] Yanxia Ma, Shuaiyu Gou, Weiqi Zhang, Guanran Wang dan Zelong Zhang (2021). Comparison of cost allocation models for transmission and distribution by voltage levels based on postage stamp method and peak load liability method. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 621 (2021) 012041. DOI:10.1088/1755-1315/621/1/012041
- [8] Eze I. Wokocha, Prof. Christopher O. Ahiakwo, Prof. Dikio C. Idoniboyeobu (2021). Load Flow Studies of 132/33KV Transmission Line in Port Harcourt Zone Using Newton Raphson's Method. *International Journal of Scientific Research & Engineering Trends (IJSRET)* Volume 7, Issue 2, March-April-2021, ISSN (Online): 2395-566X.
- [9] Archana Jaisingpure, Dr. V. K. Chandrakar, dan Dr. R. M. Mohril (2020). Different Pricing Parameters and Simulator Used For Competitive Power Market. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, Volume 7, Issue 4, Pages 3021-3049. ISSN 2515-8260.
- [10] Hermagasantos Zein, Siti Saodah dan Sri Utami (2020). Transmission Lease Cost Simulation for Bilateral Contract Transactions in an Integrated System with N-1 Security. *International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP)*. IEEE Xplore: 10 November 2020. DOI: 10.1109/ICT-PEP50916.2020.9249956.
- [11] Yusuf Susilo Wijoyo; Sasongko Pramono Hadi; Sarjiya (2020). Reserve Cost Allocation on Wheeling Using Tracing Method. *International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE)*. IEEE Xplore: 01 December 2020. DOI:10.1109/ICITEE49829.2020.9271724.
- [12] Srinivasulu G, N C Sahoo, Balakrishna P (2020). Comparative Analysis of Different Types of Power Transactions in Smart Grid. *IEEE Calcutta Conference (CALCON)*. IEEE Xplore: 02 June 2020. DOI:10.1109/CALCON49167.2020.9106483.
- [13] Yusuf Susilo Wijoyo, Sasongko Pramono Hadi, Sarjiya (2019). Opportunity Cost Allocation for Wheeling Using Power Flow Tracing. *International Conference on Technologies and Policies in Electric Power & Energy*. 978-1-7281-5692-7/19/2019 IEEE. DOI:10.1109/IEEECONF48524.2019.9102537.
- [14] Irwan Gani, Wahyuda, Budi Santosa, dan Muliati (2019). Multi Echelon Distribution Model for Electric Market Deregulation Collaboration Strategy in East Kalimantan. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 528 (2019) 012084. DOI:10.1088/1757-899X/528/1/012084.
- [15] Rifqi Fatchurrahman, Ariesa Budi Zakaria (2019). Determining Cost Compensation of Power Wheeling Transaction on Composite System Reliability by Optimal Power Flow. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 528 (2019) 012084. DOI:10.1088/1757-899X/528/1/012084.
- [16] Gaurav Jain, Dheeraj Kumar Palwalia, Anuprita Mishra (2019). Congestion Cost and Risk Assessment Cost Evaluation in Transmission Pricing Wheeling, *International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*. 978-1-5386-3950-4/19©2019 IEEE. DOI: 10.1109/ICISC44355.2019.9036377
- [17] Sulav Ghimire, Jyotsna Marasini, Madhav Paudyal (2019). A Case study of MW-Mile, MVAr-Mile, VA-Mile and Power Factor based Transmission Pricing in Integrated Nepal Power System. *International Conference on Electrical, Computer and Communication Technologies (ICECCT)*. 978-1-5386-8158-9/19 ©2019 IEEE. DOI:10.1109/ICECCT.2019.8869392.
- [18] Hemant N. Raval, dan Ahmedabad Niraj Patel (2018). Transmission Pricing in Restructured Power System Using Power Tracing Method. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, September 2018, Volume 05, Issue 09. ISSN-2349-5162.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [19] Yusuf Susilo Wijoyo, Muhamad Ranga Delpiero, Musthafa Abdur Rosyied (2018). Analisis Teknis Implementasi Power Wheeling di Jaringan Interkoneksi Sistem Barito. JNTETI, Vol. 7, No. 3, Agustus 2018. ISSN 2301 – 4156
- [20] Bosui Li, Duane A. Robinson, dan Ashish Agalgaonkar (2017). Identifying the Wheeling Costs Associated with Solar Sharing in LV Distribution Networks in Australia using Power Flow Tracing and MW-Mile Methodology. *Australasian Universities Power Engineering Conference (AUPEC)*. IEEE 2017. DOI: 10.1109/AUPEC.2017.8282392.
- [21] Hermawan dan Trias Andromeda (2017). Comparison of Cost Estimation Methods in Power Wheeling for Java-Bali Interconnection System. *International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering (ICITACEE)*. 978-1-5386-3947-4/17 © 2017 IEEE. DOI:10.1109/ICITACEE.2017.8257689.
- [22] M. Divya, V dan Suma Deepthi (2017). Multi-Objective Transmission Pricing Using Mw Mile Method. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)*. Volume 5 Issue IX, September 2017. ISSN: 2321-9653.
- [23] Tiago Soares, Fábio Pereira, Hugo Morais, and Zita Vale (2015). Cost allocation model for distribution networks considering high penetration of distributed energy resources. *Electric Power Systems Research* 124 (2015) 120–132. 0378-7796/©2015 Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.epr.2015.03.008>.
- [24] Taufiq Indraputra Suharjono, Sasongko Pramono Hadi, Yusuf Susilo Wijoyo (2015). Perhitungan Biaya Sewa Jaringan Distribusi pada Renewable Portfolio Standard Menggunakan Metode MVA-KM. JNTETI, Vol. 4, No. 3, Agustus 2015. ISSN 2301 – 4156.
- [25] Kurniawan Galih, Hermawan, and Susatyo Handoko (2014). Perhitungan Biaya Sewa jaringan Transmisi 500 KV Jawa Bali Dengan Metode MW-Mile Bialek Tracing. *Transient*, Vol.3, No. 4, Desember 2014, ISSN: 2302-9927, 636.
- [26] Syarifuddin Nojeng, Mohammad Yusri Hassan, Dalila Mat Said, Md. Pauzi Abdullah, dan Faridah Hussin (2014). Improving the MW-Mile Method Using the Power Factor-Based Approach for Pricing the Transmission Services. *IEEE Transactions on Power Systems*, Volume: 29, Issue: 5, Sept. 2014. DOI: 10.1109/TPWRS.2014.2303800.
- [27] Masyhur Rosyada, Hermawan, dan Susatyo Handoko (2014). Perhitungan Biaya Sewa Jaringan Transmisi 500 KV Jawa Bali Dengan Metode MW-Mile. *Transient*, Vol.3, No. 4, Desember 2014, ISSN: 2302-9927, 643.
- [28] M. Roustaei, M.K. Sheikh-El-Eslami, Hossein Seifi (2014). Transmission cost allocation based on the users' benefits. *Electrical Power and Energy Systems*. 61 (2014).547–552.0142-0615/_2014. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.03.053>
- [29] Babasaheb Kharbas, Manoj Fozdar, and Harpal Tiwari (2014). A Comprehensive Transmission Cost Allocation by Composite MW-mile & Composite MVA-mile Methods with Efficient ARR. *Eighteenth National Power Systems Conference (NPSC)*. 978-1-4799-5141-3/14/\$31.00 ©2014 IEEE. DOI:10.1109/NPSC.2014.7103810.
- [30] Baseem Khan dan Ganga Agnihotri (2013). A Comprehensive Review of Embedded Transmission Pricing Methods Based on Power Flow Tracing Techniques. *Chinese Journal of Engineering*. Hindawi Volume 2013, Article ID 501587, 13 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/501587>.
- [31] B. Shabani Dehboneh, J. Nikoukar (2012). A New Method for Transmission Cost Allocation in the Deregulated Power Systems. *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference*. 978-1-4577-0547-2/12 ©2012 IEEE. DOI:10.1109/APPEEC.2012.6307236.
- [32] NH Radzi, RC Bansal, ZY Dong, dan MY Hassan (2011). A Modified Postage-stamp Coverage Method for Local Load Case of Transmission Service Charges. *International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT)*. 978-1-4577-0365-2/11 ©2011 IEEE. DOI:10.1109/DRPT.2011.5993921.
- [33] F. R. Zaro dan M. A. Abido (2011). Multi-Objective Particle Swarm Optimization for Optimal Power Flow in a Deregulated Environment of Power Systems. *International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*. 978-1-4577-1676-8/11 ©2011 IEEE. DOI:10.1109/ISDA.2011.6121809.



[34] N. Kumar, Y.R.V. Reddy, D. Das and N.P. Padhy (2011). Allocation of Transmission Charge by using MVA-Mile Approaches for Restructured Indian Power Utility. *Power and Energy Society General Meeting*. 978-1-4577-1002-5/11©2011 IEEE.
DOI:10.1109/PES.2011.6039507.

[35] M. Murali, M. Sailaja Kumari and M. Sydulu (2011), A Comparison of Embedded Cost Based Transmission Pricing Methods. *Power and Energy Society General Meeting*. 978-1-4577-1002-5/11 ©2011 IEEE.
DOI: 10.1109/PES.2011.6039507



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta