

# STUDI PENENTUAN TITIK OPTIMUM LOKASI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BIOMASSA KELAPA SAWIT DITINJAU DARI BIAYA TRANSPORTASI DAN KEDEKATAN JARINGAN

Muhammad Ridho Rezeki<sup>1)</sup>, Danial<sup>2)</sup>, Dedy Suryadi<sup>3)</sup>  
Program Studi Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro  
Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura  
Email: [ridhorezeki6@gmail.com](mailto:ridhorezeki6@gmail.com)

## ABSTRAK

Pada paper ini melakukan studi penentuan titik optimum lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) kelapa sawit ditinjau dari biaya transportasi dan kedekatan jaringan dengan bahan baku PLTBm berupa cangkang dan serabut kelapa sawit yang berasal dari PKS di Kabupaten Sambas dan Kabupaten Bengkayang. Hasil penelitian untuk Titik Optimum Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa Kelapa Sawit Ditinjau Dari Biaya Transportasi dan Kedekatan Jaringan berada pada titik koordinat 1°20'34.0"LU 109°16'29.1"BT terletak di Saing Rambli, Kecamatan Sambas. Ditinjau dengan biaya transportasi dan kedekatan jaringan sehingga didapatkan pengeluaran optimum untuk biaya transportasi sebesar Rp. 428.064.000 dalam 1 tahun sedangkan untuk biaya pembelian bahan baku paling optimum untuk PLTBm selama 1 tahun sebesar Rp. 21.840.000.000. Total biaya yang dikeluarkan untuk pembelian pasokan bahan baku yang optimum sebesar Rp. 22.268.064.000 (Rp. 22,268 Milyar) dan untuk biaya JTM 20 kV sebesar Rp 636.762.253,-/km sehingga didapatkan total pengeluaran dalam 1 tahun sebesar Rp. 22.904.826.253 (Rp. 22,904 Milyar) dan hasil dari penjualan energi listrik yang dibangkitkan 5 MW perjam dalam 1 tahun sebesar Rp. 50.370.000.000 (Rp. 50,37 Milyar/thn). Sehingga didapatkan keuntungan dalam waktu 1 tahun sebesar Rp. 27.465.173.747,- /thn (Rp. 27,465 Milyar/thn).

Kata Kunci : Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm), Titik Optimum PLTBm, Limbah Kelapa sawit

## 1. PENDAHULUAN

Konsumsi listrik nasional terus menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya akses listrik atau elektrifikasi serta perubahan gaya hidup masyarakat. Berdasarkan data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), konsumsi listrik Indonesia tahun 2017 mencapai 1.012 kilowatt/hour (kwh)/kapita, meningkat 5,9% dari tahun sebelumnya (Kementerian ESDM, 2017).[1]

Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, Indonesia memiliki potensi limbah berupa biomassa sebesar 885,2 juta Gigajoule (GJ) per tahun. Produksi industri kelapa sawit di Kalimantan Barat sendiri dengan luas wilayah perkebunan sebesar 1.478.133 hektar mampu memproduksi CPO 1.835.920 ton dan palm kernel 270.949 ton (Tribun Pontianak, 2018). (diakses 12 September 2018).

Pada tahun 2017, Kabupaten Sambas mempunyai luas perkebunan sawit sebesar 87.214 Ha dengan jumlah petani 8.917 KK memproduksi kelapa sawit sebanyak 138.870 ton. Pada tahun yang sama Kabupaten Bengkayang mempunyai luas lahan perkebunan sawit sebesar 88.455 Ha dengan jumlah petani 5.010 KK menghasilkan kelapa sawit sebanyak 150.046 ton.

Perusahaan swasta di Kabupaten Sambas berjumlah 29 perusahaan sedangkan di Kabupaten Bengkayang berjumlah 21 perusahaan. Masing-masing, berturut-turut, mempunyai lahan seluas 62.950 Ha dan 70.210 Ha dengan produksi kelapa sawit sebanyak 100.312 dan 128.399 ton. (Dinas Perkebunan KalBar)

Produksi kelapa sawit yang besar di Kabupaten Sambas dan Kabupaten Bengkayang juga menghasilkan limbah yang besar pula. Namun hal itu tentu membuka

peluang bagi penggunaan biomassa yang berasal dari limbah kelapa sawit berupa cangkang dan serabut untuk digunakan sebagai bahan baku sumber energi pembangkit listrik tenaga biomassa.

## 2. LANDASAN TEORI

Limbah kelapa sawit adalah sisa hasil tanaman kelapa sawit yang tidak termasuk dalam produk utama atau merupakan hasil ikutan dari pengolahan kelapa sawit. Berdasarkan tempat pembentukan limbah kelapa sawit dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu limbah perkebunan kelapa sawit dan limbah industri kelapa sawit.

Limbah padat yang dihasilkan pada proses pengolahan kelapa sawit dari setiap ton tandan buah segar menghasilkan cangkang (*shell*) 6,5%, serabut (*fiber*) 14%, tandan kosong (TKS) 21,5% dan limbah cair 60%.

Cangkang (*Shell*) merupakan limbah dihasilkan dari proses pemrosesan kernel inti sawit dengan bentuk seperti tempurung kelapa namun berbentuk kecil. Setiap pengolahan 1 ton TBS menghasilkan 65 kg atau 6,5% dari hasil pengolahan per ton kelapa sawit.

Serabut (*fiber*) adalah limbah sawit yang dihasilkan dari hasil pengolahan pemerasan buah sawit pada saat proses kempa (*press*) yang berbentuk pendek seperti benang dan berwarna kuning kecoklatan. Setiap pengolahan 1 ton TBS menghasilkan 140 kg atau 14% dari hasil pengolahan per ton kelapa sawit. [2]

Limbah kelapa sawit memiliki nilai kalor yang cukup tinggi untuk dimanfaatkan menjadi pembangkit listrik. Nilai kalor yang dihasilkan dari limbah kelapa sawit tersebut dapat kita lihat pada tabel berikut:

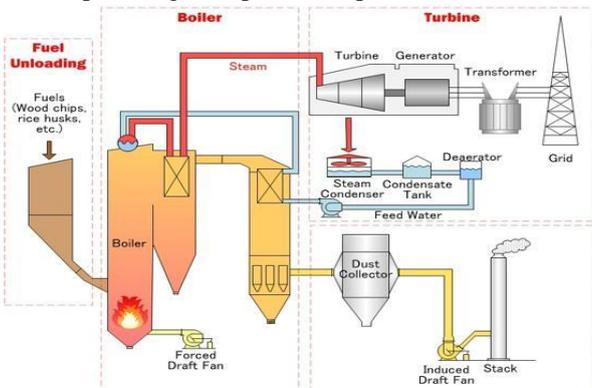
**Tabel 1** Kandungan Kalori Limbah Biomassa Kelapa Sawit

Produk Limbah Sawit	Rata-Rata Nilai Kalor (kJ/Kg)	Kisaran (kJ/Kg)
TKKS	18.795	18.000-19.920
Serat	19.055	18.800-19.580
Cangkang	20.093	19.500-20.750

Sumber: Ma et.al. (2004) in Goenadi et al., (2008)

**2.1. Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm).**

Pembangkit listrik tenaga biomassa limbah cangkang dan serabut kelapa sawit menerapkan prinsip-prinsip termodinamika dalam bentuk siklus pembangkit uap atau yang biasa disebut siklus pembangkit uap yaitu boiler, turbin-generator, condenser dan pompa. Sistem pembangkit dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Siklus Pembangkit PLTBm

Sumber : Harnowo (2016)

**1) Boiler**

Boiler merupakan peralatan utama sebagai pembangkit uap. Bahan bakar boiler menggunakan limbah biomassa yang tersedia dari sisa pengolahan kelapa sawit. Cangkang dan serabut kelapa sawit merupakan biomassa yang dapat digunakan sebagai bahan bakar pembangkit PLTBm.

$$E_{BB} = E_{Cangkang} + E_{Serabut} \dots \dots \dots (1)$$

**2) Turbine-Generator**

Turbin merupakan peralatan yang mengkonversi energi dari uap dari boiler menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran, yang kemudian digunakan untuk menggerakkan generator listrik. Dengan asumsi bahwa semua aliran masa dan energi yang *steady*, sehingga berlaku hukum konservasi energi, dengan mendasarkan pada hukum pertama Termodinamika :

$$W_r = Q n_s (h_1 - h_2s) \dots \dots \dots (2)$$

Daya turbin digunakan untuk menggerakkan generator dengan asumsi efisiensi generator dan gearbox sebesar 90%, maka potensi daya listrik terbangkit adalah :

$$P = W_r \times 90\% \dots \dots \dots (3)$$

**3) Condenser**

*Condenser* merupakan peralatan yang berfungsi untuk menurunkan suhu uap keluar turbin (*exhaust steam*) sehingga uap berubah fasa menjadi cair berbentuk kondensat pada tekanan vacum. Dengan proses tersebut, akan diperoleh selisih entalpi yang tinggi antara uap masuk turbin dan uap keluar turbin sehingga dapat menghasilkan daya yang lebih besar untuk menggerakkan generator.

**4) Pompa**

Dalam sistem siklus pembangkit uap Rankine, pompa memiliki peran melakukan sirkulasi air di dalam sirkus. Selain itu, pompa berfungsi meningkatkan tekanan air yan masuk ke dalam drum atas boiler.

$$Q_{pompa} = 1,5 \cdot Q_{uap} \dots \dots \dots (4)$$

**2.2. Menghitung Biaya Jaringan Tegangan Menengah 20 kV**

Biaya saluran terdiri dari dua komponen utama yaitu biaya investasi dan biaya operasional, termasuk dalam biaya operasional adalah biaya pemeliharaan dan rugi-rugi (susut) teknis. Biaya-biaya tersebut harus dinilai dengan memperhitungkan faktor diskon selama selang waktu umur ekonomisnya. Untuk itu perhitungan biasanya didasarkan pada harga sekarang atau harga rata-rata pertahun. Dalam penulisan ini digunakan biaya rata-rata pertahun.

Maka persamaan biaya saluran adalah sebagai berikut :

$$H = H_o + H_q + H_r \dots \dots \dots (5)$$

**2.2.1. Biaya Tetap (H<sub>o</sub>)**

Biaya tetap adalah Biaya investasi yang meliputi biaya yang harus dikeluarkan untuk pengadaan jaringan, yaitu biaya pembangunan yang terdiri dari:

- Biaya Kontruksi.
- Biaya Material
- Biaya Pemeliharaan.

$$H_o = H_a \times H_p \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + H_h \dots \dots \dots (6)$$

**2.2.2. Biaya Penampang Konduktor (H<sub>q</sub>)**

Biaya penampang konduktor dapat diformulasikan sebagai berikut :

$$H_q = K_q \times Q \dots \dots \dots (7)$$

**2.2.3. Biaya Rugi-rugi Listrik (H<sub>r</sub>)**

Biaya rugi (susut) listrik terdiri dari harga rugi-rugi listrik dan rugi-rugi energi listrik pada saluran, diformulasikan pada persamaan sebagai berikut :

$$H_r = K_r \times \frac{l^2}{q} \text{ dengan, } K_r = h_r \times p \times \rho \times Fr \times 8.76 \dots \dots (8)$$

Maka persamaan harga atau biaya saluran per satuan panjang sebagai fungsi dari ukuran luas

penampang konduktor (Q) dan arus beban puncak (I), adalah sebagai berikut:

$$H = H_0 + (k_q \times Q) + (K_r \times \frac{I^2}{Q}) \dots\dots\dots(9)$$

**2.3. Biaya Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa**

Biaya bahan baku untuk pembangkit listrik tenaga biomassa dihitung dari jumlah bahan baku yang dibutuhkan dalam proses pembangkitan energi listrik.

Biaya Bahan Baku =  
 Bahan baku (ton) x Harga bahan baku (/ton).....(10)

**2.4. Biaya Transportasi**

Biaya transportasi dihitung dari biaya penggunaan bahan bakar minyak mobil pengangkut bahan baku PLTBm berdasarkan dari jarak tempuh dan harga bahan bakar minyak sekarang. Sehingga didapatkan perumusan sebagai berikut:

$$BBM = \frac{Jarak Tempuh}{Konsumsi per 1 Liter} \times Rp 9.800 \dots\dots\dots(11)$$

**2.5. Biaya Total Selama 1 Tahun**

Biaya total selama 1 tahun dihitung dari pengeluaran biaya bahan baku PLTBm, biaya transportasi limbah kelapa sawit, dan biaya jaringan JTM 20 kV. Sehingga didapatkan hasil keuntungan selama PLTBm beroperasi selama 1 tahun.

**3. Metodologi Penelitian**

**3.1. Metode Penelitian**

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan pengumpulan data dari lapangan dan menganalisa data untuk mendapat kesimpulan. Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder dimana data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung melalui media perantara seperti dengan membaca referensi dari jurnal, buku yang berhubungan dengan objek yang akan diteliti dan beberapa data dikumpulkan dari sumber yang bersangkutan.

**3.2. Bahan dan Alat Penelitian**

**3.2.1. Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar**

Cangkang buah kelapa sawit merupakan turunan dari Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit yang kalau diolah dapat berfungsi sebagai bahan bakar untuk pengganti BBM. Biasanya cangkang ini digunakan untuk briket sejenis briket batubara. Cangkang sawit memiliki potensi yang cukup besar jika dimanfaatkan sebagai bahan bakar karena nilai kalor yang dimilikinya cukup tinggi, sekelas dengan batubara jenis lignit. (Effendi, 2008).



**Gambar 2.** Cangkang Kelapa Sawit(Agus Dwi,2018)

**3.2.2. Pemanfaatan Serabut Kelapa Sawit Sebagai Bahan Bakar**

Serabut kelapa sawit sangat efektif untuk bahan bakar alternatif pada PLTU karena dilihat dari biaya yang relatif murah, dampak lingkungan yang cukup kecil jika dibandingkan dengan batubara dan ketersediaannya yang sangat melimpah.



**Gambar 3.** Serabut (Fiber) Kelapa Sawit  
 Sumber : Agus Dwi Putra

**3.2.3. Alat Penelitian**

Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini antara lain :

- a. Komputer
- b. Flashdisk yang digunakan untuk menyimpan data.
- c. Kalkulator dan alat tulis.
- d. *Google maps* via handphone

**3.3. Menghitung Optimum Pembelian Pasokan Bahan Baku PLTBm Menggunakan Metode Linear Pada Microsoft Excel**

**1. Metode Linear**

Metode linear merupakan metode matematik dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimalkan keuntungan dan meminimumkan biaya. Program linear banyak diterapkan dalam masalah ekonomi, industri, militer, sosial dan lain-lain. Program linearr berkaitan dengan penjelasan suatu kasus dalam dunia nyata sebagai suatu model matematik yang terdiri dari sebuah fungsi tujuan linier dengan beberapa kendala linier.

**2. Model Program Linier**

Model Program Linear merupakan bentuk dan susunan dalam menyajikan masalah-masalah yang akan dipecahkan dengan teknik program linear. Dalam model ini dikenal tiga macam fungsi, yaitu fungsi tujuan (objective function), fungsi variable (variables function) dan fungsi batasan (constraint function). Berikut merupakan penjelasan dari ketiga fungsi tersebut adalah

- Fungsi Tujuan

Merupakan fungsi yang menggambarkan tujuan atau sasaran di dalam permasalahan program linear yang berkaitan dengan pengaturan secara optimal sumberdaya-sumber daya, untuk memperoleh keuntungan maksimal atau biaya minimal. Nilai yang akan dioptimalkan dinyatakan sebagai Z. Fungsi ini untuk merubah bentuk fungsi implisit menjadi persamaan bentuk eksplisit dengan menambahkan atau mengurangi slack variable, surplus variable, dan atau variabel buatan yang bernilai nol. Fungsi ini terdiri 2 macam yaitu memaksimalkan dan meminimumkan. Karena slack variable tidak mempunyai kontribusi apa-apa terhadap fungsi tujuan, maka konstanta untuk slack variable tersebut dituliskan nol.

$$Y = A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 + A_4X_4 \dots + A_nX_n$$

- Fungsi Batasan

Fungsi ini merupakan bentuk penyajian secara matematis batasan-batasan kapasitas yang tersedia yang akan dialokasikan secara optimal ke berbagai kegiatan. Masalah linear programming tersebut dapat dinyatakan ialah sebagai proses optimisasi suatu fungsi tujuan didalam bentuk memaksimalkan ataupun meminimumkan. Berikut merupakan bentuk formulasi untuk fungsi batasan:

$$\begin{aligned} A_{11}X_{11} + A_{12}X_{12} + \dots + A_{1n}X_n &\leq B_1 \\ A_{21}X_{21} + A_{22}X_{22} + \dots &\leq B_2 \\ A_{21}X_{21} + A_{22}X_{22} + \dots + A_{2n}X_n &\leq B_2 \\ \\ A_{m1}X_{m1} + A_{m2}X_{m2} + \dots + A_{mn}X_n &\leq B_m \end{aligned}$$

Bentuk fungsinya dibagi menjadi 3, yaitu “ $\leq$ ”, “ $\geq$ ”, dan “ $=$ ”. Konversi fungsi bertanda  $\leq$  menjadi bentuk standar dilakukan dengan menambahkan slack variable agar pada fungsi tersebut diperoleh solusi fisibel awal sama dengan titik origim atau titik asal.

- Fungsi Variable

Semua variable keputusan non-negative atau merupakan variable yang nilainya bukan nol pada sembarang iterasi.

#### 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Survey Lokasi Bahan Baku PLTBm

Survey lokasi bahan baku cangkang dan serabut kelapa sawit dilakukan untuk mendapatkan supplier dari PKS yang ada di wilayah Kabupaten Sambas dan Kabupaten Bengkayang.

**Tabel 2.** Hasil Survey PKS di Kabupaten Sambas

Nama PKS	Titik Koordinat Pabrik	Kapasitas Produksi Pabrik (ton/jam)	Estimasi Limbah Padat (ton/jam)	
			Cangkang (6,5%)	Serabut (14%)
PT. Argowirata / PT. SEC (A)	1°18'45.5 "LU 109°23'3 6.2"BT	45	2,925 ton/jam	6,3 ton/jam
PT. Mitra Abadi Sejahtera (B)	1°10'39.1 "LU 109°28'5 2.9"BT	45	2,925 ton/jam	6,3 ton/jam

PT Rana Wastu Kencana (C)	1°08'41.9 "LU 109°19'1 1.1"BT	30	1,95 ton/jam	4,2 ton/jam
PT. Fajar Saudara Kusuma (D)	1°16'01.7 "LU 109°13'2 8.5"BT	30	1,95 ton/jam	4,2 ton/jam
Jumlah (ton/jam)		150 ton/jam	9,75 ton/jam	21 ton/jam

**Tabel 3.** Hasil Survey PKS di Kabupaten Bengkayang

Nama Perusahaan Kelapak Sawit	Titik Koordinat Pabrik	Kapasitas Produksi Pabrik (ton/jam)	Estimasi Limbah Padat (ton/jam)	
			Cangkang (6,5%)	Serabut (14%)
PT. MIS P (E)	1°10'04.3" LU 109°35'09 .7"BT	60	3,9 ton/jam	8,4 ton/jam
PT. Sentosa Bumi Wijaya (F)	1°02'42.6" LU 109°34'45 .1"BT	30	1,95 ton/jam	4,2 ton/jam
PT. Patiware (G)	0°44'22.2" LU 108°56'35 .0"BT	45	2,925 ton/jam	6,3 ton/jam
Jumlah (ton/jam)		135 ton/jam	8,775 ton/jam	18,9 ton/jam

**Tabel 4.** Data Sumber Bahan Baku Cangkang dan Serabut Kelapa Sawit

No	PKS	Kapasitas produksi Pabrik (ton/jam)	Produksi Real PKS (ton/jam) 90%	Limbah Kepala Sawit (ton/jam)	
				Cangkang (6,5%)	Serabut (14%)
1	A	45	40,5	2,6325	5,67
2	B	45	40,5	2,6325	5,67
3	C	30	27	1,755	3,78
4	D	30	27	1,755	3,78
5	E	60	54	3,51	7,56
6	F	30	27	1,755	3,78
7	G	45	40,5	2,6325	5,67
Jumlah (ton/jam)					

##### 4.2. Survey Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm)

Survey yang dilakukan dalam menentukan lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) sesuai dengan aspek-aspek yang digunakan dalam metode penentuan lokasi PLTBm. Tujuan dari survey ini untuk mendapatkan hasil titik lokasi yang optimum yang ditinjau dari biaya transportasi dan kedekatan jaringan listrik. Hasil survey yang didapatkan dapat dilihat pada **Tabel 5., Tabel 6., dan Tabel 4.7.**

**Tabel 5.** Hasil Survey PKS Menuju Lokasi Ke-1 PLTBm

NO	Nama Perusahaan Kelapak Sawit	Titik Koordinat PLTBm	Jarak Pabrik Menuju PLTBm (km)
1	PT. Argrowirata / PT. SEC (A)	1°20'34.0"LU 109°16'29.1"BT	21
2	PT. Mitra Abadi Sejahtera (B)		50
3	PT. Rana Wastu Kencana (C)		48
4	PT. Fajar Saudara Kusuma (D)		14
5	PT. MIS P (E)		62
6	PT. Sentosa Bumi Wijaya (F)		66
7	PT. Patiware (G)		112

**Tabel 6.** Hasil Survey PKS Menuju Lokasi Ke-2 PLTBm

NO	Nama Perusahaan Kelapak Sawit	Titik Koordinat PLTBm	Jarak Pabrik Menuju PLTBm (km)
1	PT. Argrowirata / PT. SEC (A)	1°23'38.2"LU 109°16'02.1"BT	20,5
2	PT. Mitra Abadi Sejahtera (B)		50
3	PT. Rana Wastu Kencana (C)		48
4	PT. Fajar Saudara Kusuma (D)		23
5	PT. MIS P (E)		56
6	PT. Sentosa Bumi Wijaya (F)		66
7	PT. Patiware (G)		120

**Tabel 7.** Hasil Survey PKS Menuju Lokasi Ke-3 PLTBm

NO	Nama Perusahaan Kelapak Sawit	Titik Koordinat PLTBm	Jarak Pabrik Menuju PLTBm (km)
1	PT. Argrowirata / PT. SEC (A)	0°49'50.6"LU 108°51'48.8"BT	108
2	PT. Mitra Abadi Sejahtera (B)		137
3	PT. Rana Wastu Kencana (C)		135

No	Nama Perusahaan	Titik Koordinat	Jarak Pabrik Menuju PLTBm (km)
4	PT. Fajar Saudara Kusuma (D)	0°49'50.6"LU 108°51'48.8"BT	81
5	PT. MIS P (E)		146
6	PT. Sentosa Bumi Wijaya (F)		132
7	PT. Patiware (G)		22

#### 4.3. Menghitung Biaya Bahan Bakar Minyak (BBM) Transportasi

Transportasi yang digunakan adalah truk Mitsubshi PS125 yang bisa bermuatan maksimal 7,5 ton tetapi dalam penelitian ini daya angkut yang digunakan untuk PS 125 hanya 7 ton saja.

Dalam perhitungan ini juga dilakukan untuk setiap pengantaran cangkang dan serabut dari PKS menuju pada setiap lokasi PLTBm ke-1, lokasi PLTBm ke-2, dan lokasi PLTBm ke-3.

**Tabel 8.** Biaya Bahan Bakar Truk Mitsubshi PS100 Dalam 1 Trip Untuk Lokasi ke-1

No	PKS	Jarak (km)	BBM Truk Mitsubshi PS125 (1 L = 5 km)	Total Biaya BBM 1 Trip /PKS (Pulang – Pergi)	
				Cangkang (Rp)	Serabut (Rp)
1	A	21	4,2	82.320	82.320
2	B	50	10	196.000	196.000
3	C	48	9,6	188.160	188.160
4	D	14	2,8	54.880	54.880
5	E	62	12,4	243.040	243.040
6	F	66	13,2	258.720	258.720
7	G	112	22,4	439.040	439.040
			Jumlah	1.462.160	1.462.160

**Tabel 9.** Biaya Bahan Bakar Truk Mitsubshi PS100 Dalam 1 Trip Untuk Lokasi ke-2

No	PKS	Jarak (km)	BBM Truk Mitsubshi PS125 (1 L = 5 km)	Total Biaya BBM 1 Trip /PKS (Pulang – Pergi)	
				Cangkang (Rp)	Serabut (Rp)
1	A	20,5	4,1	80.360	80.360
2	B	50	10	196.000	196.000
3	C	48	9,6	188.160	188.160
4	D	23	4,6	90.160	90.160
5	E	56	11,2	219.520	219.520
6	F	66	13,2	258.720	258.720
7	G	120	24	470.400	470.400
			Jumlah	1.503.320	1.503.320

**Tabel 10.** Biaya Bahan Bakar Truk Mitsubshi PS100 Dalam 1 Trip Untuk Lokasi ke-3

No	PKS	Jarak (km)	BBM Truk Mitsubshi PS125 (1 L = 5 km)	Harga BBM Solar 1 L = Rp. 9.800	
				Cangkang (Rp)	Serabut (Rp)
1	A	108	21,6	211.680	211.680
2	B	137	27,4	268.520	268.520
3	C	135	27	264.600	264.600
4	D	81	16,2	158.760	158.760
5	E	146	29,2	286.160	286.160
6	F	132	26,4	258.720	258.720
7	G	22	4,4	43.120	43.120

#### 4.4. Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm)

##### 1) Boiler

EBB = ECangkang + ESerabut

EBB = (2.500 kg/jam x 20.093 kJ/kg) + (2.500 kg/jam x 19.055 kJ/kg)

EBB = 50.232.500 kJ/jam + 47.637.500 kJ/jam

EBB = 97.870.000 kJ/jam

Enthalpy uap diambil dari data tabel uap (*steam table*) untuk uap *superheated* 400°C, 32 barg, didapat  $h_1$  sebesar 3226,3 kJ/kg. Enthalpy air masuk dihitung pada kondisi cair, temperatur 105°C, 32 bar, didapat  $h_0$  sebesar 442,28 kJ/kg. Dengan mengambil asumsi efisiensi boiler biomassa sebesar 75%, maka kapasitas uap boiler yang dapat dibangkitkan dari bahan bakar tersedia adalah sebagai berikut:

$$0,75 = \frac{Q (3.226,3 - 442,28)}{114.006.7445,05}$$

$$Q = \frac{97.870.000}{2.784,02}$$

$$Q = 35.154,2015 \frac{\text{kg uap}}{\text{jam}}$$

Potensi uap yang dapat dibangkitkan dari bahan bakar tersedia adalah 35.154 kg uap/jam.

##### 2) Turbine-Generator

Kapasitas uap didapat dari kapasitas uap terbangkit, yaitu 35.000 kg/jam. Enthalpy uap masuk adalah enthalpy uap yang dihasilkan boiler pada tekanan 32 barg, temperatur 400°C, yaitu sebesar 3226,3 kJ/kg. Enthalpi isentropik adalah enthalpy pada saat uap keluar turbin dengan kondisi isentropik pada tekanan vacuum 0,5 barg, yaitu sebesar 2395,1 kJ/kg. Dengan asumsi efisiensi isentropik sebesar 70%, maka daya dapat dihitung sebagai berikut:

$$W_T = Q n_s (h_1 - h_{2s})$$

$$W_T = 35.000 \times 0,7 (3.226,3 - 2.395,1)$$

$$W_T = 20.364.400 \text{ kJ/jam}$$

$$W_T = 2.0036,44 \times 10^7 \text{ J/jam}$$

$$\text{Dimana } 1 \text{ J} = 2,778 \times 10^{-7} \text{ kwh}$$

$$W_T = 2.0036,44 \times 10^7 \times 2,778 \times 10^{-7} \text{ (kWh/jam)}$$

$$W_T = 5.657,23032 \text{ kW} = 5,6 \text{ MW}$$

Daya turbin digunakan untuk menggerakkan generator dengan asumsi efisiensi generator dan gearbox sebesar 90%, maka potensi daya listrik terbangkit adalah :

$$P = W_T \times 90\%$$

$$P = 5,6 \text{ MW} \times 0,9$$

$$P = 5,04 \text{ MW}$$

##### 3) Condenser

*Condenser* merupakan peralatan yang berfungsi untuk menurunkan suhu uap keluar turbin (*exhaust steam*) sehingga uap berubah fasa menjadi cair berbentuk kondensat pada tekanan vacuum. Dengan proses tersebut, akan diperoleh selisih entalpi yang tinggi antara uap masuk turbin dan uap keluar turbin sehingga dapat menghasilkan daya yang lebih besar untuk menggerakkan generator.

##### 4) Pompa

Kapasitas pompa terpasang dihitung 1,5 kali dari kapasitas uap dibangkitkan, yaitu:

$$Q_{\text{pompa}} = 1,5 \cdot Q_{\text{uap}}$$

$$Q_{\text{pompa}} = 1,5 \times 35.000$$

$$Q_{\text{pompa}} = 52,5 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dengan dibutuhkannya bahan baku PLTBm untuk menghasilkan 5 megawatt (MW) sebanyak, Cangkang 2,5 ton/jam (dalam 24 jam sebanyak 60 ton/hari) dan Serabut 2,5 ton/jam (dalam 24 jam sebanyak 60 ton/hari) sehingga diperlukan kesiapan dalam hal persediaan bahan baku PLTBm dengan cara melakukan perhitungan pembelian bahan baku PLTBm dari PKS yang sudah disurvei.

#### 4.5. Pasokan Optimum Bahan Baku Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm)

Optimum pasokan bahan baku PLTBm harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang optimum pada setiap lokasi PLTBm sesuai dengan judul penelitian ini yang ditinjau dari biaya transportasi. Dengan ini variabel yang diambil yaitu jarak PKS yang terdekat dengan setiap lokasi PLTBm dan untuk PKS dengan jarak paling jauh dari setiap lokasi PLTBm maka PKS itu dianggap tidak bisa memberikan pasokan bahan baku di setiap PLTBm. Opsi pertama untuk mendapatkan pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS terdekat pertama dan kedua sesuai dengan kebutuhan bahan baku PLTBm selama 1 minggu berupa cangkang sebanyak 420 ton/minggu dan serabut 420 ton/minggu dan kendala yang dihadapi apabila PKS terdekat pertama dan kedua tidak bisa memberikan pasokan bahan baku PLTBm maka akan diambil opsi kedua. Opsi kedua untuk mendapatkan pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS yang terdekat ketiga dan keempat dan kendala yang dihadapi apabila PKS terdekat ketiga dan keempat tidak bisa memberikan pasokan bahan baku PLTBm maka akan diambil opsi ketiga. Opsi ketiga untuk mendapatkan pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS yang terdekat kelima dan keenam. Dari opsi ini semua akan didapatkan hasil biaya transportasi bahan baku PLTBm yang paling optimum disetiap lokasi PLTBm.

Bahan baku untuk PLTBm 5 Mw membutuhkan bahan baku berupa cangkang sebanyak 420 ton/minggu dan serabut sebanyak 420 ton/minggu sedangkan truk pengangkut yang digunakan berkapsitas 7 ton/truk sehingga harus melakukan pembelian sebanyak 60 kali untuk pembelian cangkang dan 60 kali untuk pembelian serabut. Dengan jumlah pembelian ini dibagi rata untuk setiap PKS yang termasuk dalam opsi pembelian sehingga didapat total pembelian untuk cangkang sebanyak 30 kali dan total pembelian untuk serabut sebanyak 30 kali.

Untuk perhitungan optimum pembelian pasokan bahan baku PLTBm lokasi ke-1 dapat dilihat pada **Tabel 4.7** untuk jarak PKS yang terdekat dan untuk besaran biaya yang dikeluarkan setiap 1 kali pembelian cangkang dan serabut. Sehingga didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

Untuk opsi pertama pada lokasi PLTBm ke-1 jarak terdekat untuk pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS D dan PKS A dengan biaya pembelian sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Cangkang PKS D} &= 30 \times \text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 54.880 \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.554.880 = \text{Rp. } 106.646.400 \\ \text{Cangkang PKS A} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 82.320) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.582.320 = \text{Rp. } 107.469.600 \\ \text{Serabut PKS D} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 54.880) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.554.880 = \text{Rp. } 106.646.400 \\ \text{Serabut PKS A} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 82.320) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.582.320 = \text{Rp. } 107.469.600 \end{aligned}$$

Total seluruh biaya pembelian bahan baku PLTBm yang dikeluarkan sebesar Rp. 428.232.000 untuk jangka waktu kebutuhan PLTBm selama 1 minggu. Jika kebutuhan PLTBm dalam waktu 1 tahun total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 22.268.064.000 (Rp. 22,268 Milyar). Apabila opsi pertama terjadi kendala tidak bisa mendapatkan pasokan 100% untuk PLTBm maka di ambil opsi kedua.

Untuk opsi kedua pada lokasi PLTBm ke-1 jarak terdekat untuk pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS C dan PKS B dengan biaya pembelian sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Cangkang PKS C} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 188.160) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.688.160 = \text{Rp. } 110.644.800 \\ \text{Cangkang PKS B} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 196.000) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.696.000 = \text{Rp. } 110.880.000 \\ \text{Serabut PKS C} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 188.160) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.688.160 = \text{Rp. } 110.644.800 \\ \text{Serabut PKS B} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 196.000) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.696.000 = \text{Rp. } 110.880.000 \end{aligned}$$

Total seluruh biaya pembelian bahan baku PLTBm yang dikeluarkan sebesar Rp. 443.049.600 untuk jangka waktu kebutuhan PLTBm selama 1 minggu. Jika kebutuhan PLTBm dalam waktu 1 tahun total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 23.038.579.200 (Rp. 23,038 Milyar). Apabila opsi kedua terjadi kendala tidak bisa mendapatkan pasokan 100% untuk PLTBm maka di ambil opsi ketiga.

Untuk opsi ketiga pada lokasi PLTBm ke-1 jarak terdekat untuk pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS E dan PKS F dengan biaya pembelian sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Cangkang PKS E} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 243.040) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.743.040 = \text{Rp. } 112.291.200 \\ \text{Cangkang PKS F} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 258.720) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.758.720 = \text{Rp. } 112.761.600 \\ \text{Serabut PKS E} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 243.040) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.743.040 = \text{Rp. } 112.291.200 \\ \text{Serabut PKS F} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 258.720) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.758.720 = \text{Rp. } 112.761.600 \end{aligned}$$

Total seluruh biaya pembelian bahan baku PLTBm yang dikeluarkan sebesar Rp. 450.105.600 untuk jangka waktu kebutuhan PLTBm selama 1 minggu. Jika kebutuhan PLTBm dalam waktu 1 tahun total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 23.405.491.200 (Rp. 23,405 Milyar).

Untuk perhitungan optimum pasokan bahan baku PLTBm lokasi ke-2 dapat dilihat pada **Tabel 4.8** untuk jarak PKS yang terdekat dan untuk besaran biaya yang dikeluarkan setiap 1 kali pembelian cangkang dan serabut. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

Untuk opsi pertama pada lokasi PLTBm ke-2 jarak terdekat untuk pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS A dan PKS D dengan biaya pembelian sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Cangkang PKS A} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 80.360) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.580.360 = \text{Rp. } 107.410.800 \\ \text{Cangkang PKS D} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 90.160) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.590.160 = \text{Rp. } 107.704.800 \\ \text{Serabut PKS A} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 80.360) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.580.360 = \text{Rp. } 107.410.800 \\ \text{Serabut PKS D} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 90.160) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.590.160 = \text{Rp. } 107.704.800 \end{aligned}$$

Total seluruh biaya pembelian bahan baku PLTBm yang dikeluarkan sebesar Rp. 430.231.200 untuk jangka waktu kebutuhan PLTBm selama 1 minggu. Jika kebutuhan PLTBm dalam waktu 1 tahun total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 22.372.022.400 (Rp. 22,372 Milyar). Apabila opsi pertama terjadi kendala tidak bisa mendapatkan pasokan 100% untuk PLTBm maka di ambil opsi kedua.

Untuk opsi kedua pada lokasi PLTBm ke-2 jarak terdekat untuk pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS C dan PKS B dengan biaya pembelian sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Cangkang PKS C} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 188.160) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.688.160 = \text{Rp. } 110.644.800 \\ \text{Cangkang PKS B} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 196.000) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.696.000 = \text{Rp. } 110.880.000 \\ \text{Serabut PKS C} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 188.160) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.688.160 = \text{Rp. } 110.644.800 \\ \text{Serabut PKS B} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 196.000) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.696.000 = \text{Rp. } 110.880.000 \end{aligned}$$

Total seluruh biaya pembelian bahan baku PLTBm yang dikeluarkan sebesar Rp. 443.049.600 untuk jangka waktu kebutuhan PLTBm selama 1 minggu. Jika kebutuhan PLTBm dalam waktu 1 tahun total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp.

23.038.579.200 (Rp. 23,038 Milyar). Apabila opsi kedua terjadi kendala tidak bisa mendapatkan pasokan 100% untuk PLTBm maka di ambil opsi ketiga.

Untuk opsi ketiga pada lokasi PLTBm ke-2 jarak terdekat untuk pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS E dan PKS F dengan biaya pembelian sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Cangkang PKS E} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 219.520) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.719.520 = \text{Rp. } 111.585.600 \\ \text{Cangkang PKS F} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 258.720) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.758.720 = \text{Rp. } 112.761.600 \\ \text{Serabut PKS E} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 219.520) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.719.520 = \text{Rp. } 111.585.600 \\ \text{Serabut PKS F} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 258.720) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.758.720 = \text{Rp. } 112.761.600 \end{aligned}$$

Total seluruh biaya pembelian bahan baku PLTBm yang dikeluarkan sebesar Rp. 448.694.400 untuk jangka waktu kebutuhan PLTBm selama 1 minggu. Jika kebutuhan PLTBm dalam waktu 1 tahun total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 23.332.108.800 (Rp. 23,332 Milyar).

Untuk perhitungan optimum pasokan bahan baku PLTBm lokasi ke-3 dapat dilihat pada **Tabel 4.9** untuk jarak PKS yang terdekat dan untuk besaran biaya yang dikeluarkan setiap 1 kali pembelian cangkang dan serabut. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut.

Untuk opsi pertama pada lokasi PLTBm ke-3 jarak terdekat untuk pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS G dan PKS D dengan biaya pembelian sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Cangkang PKS G} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 86.240) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.586.240 = \text{Rp. } 107.587.200 \\ \text{Cangkang PKS D} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 317.520) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.817.520 = \text{Rp. } 114.525.600 \\ \text{Serabut PKS G} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 86.240) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.586.240 = \text{Rp. } 107.587.200 \\ \text{Serabut PKS D} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 317.520) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.817.520 = \text{Rp. } 114.525.600 \end{aligned}$$

Total seluruh biaya pembelian bahan baku PLTBm yang dikeluarkan sebesar Rp. 444.225.600 untuk jangka waktu kebutuhan PLTBm selama 1 minggu. Jika kebutuhan PLTBm dalam waktu 1 tahun total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 23.099.731.200 (Rp. 23,099 Milyar). Apabila opsi pertama terjadi kendala tidak bisa mendapatkan pasokan 100% untuk PLTBm maka di ambil opsi kedua.

Untuk opsi kedua pada lokasi PLTBm ke-3 jarak terdekat untuk pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS A dan PKS F dengan biaya pembelian sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Cangkang PKS A} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 423.360) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.923.360 = \text{Rp. } 117.700.800 \\ \text{Cangkang PKS F} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 517.440) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 4.017.440 = \text{Rp. } 120.523.200 \\ \text{Serabut PKS A} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 423.360) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 3.923.360 = \text{Rp. } 117.700.800 \\ \text{Serabut PKS F} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 517.440) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 4.017.440 = \text{Rp. } 120.523.200 \end{aligned}$$

Total seluruh biaya pembelian bahan baku PLTBm yang dikeluarkan sebesar Rp. 476.448.000 untuk jangka waktu kebutuhan PLTBm selama 1 minggu. Jika kebutuhan PLTBm dalam waktu 1 tahun total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 24.775.296 (Rp. 24,775 Milyar). Apabila opsi kedua terjadi kendala tidak bisa mendapatkan pasokan 100% untuk PLTBm maka di ambil opsi ketiga.

Untuk opsi ketiga pada lokasi PLTBm ke-3 jarak terdekat untuk pasokan bahan baku PLTBm berasal dari PKS C dan PKS B dengan biaya pembelian sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Cangkang PKS C} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 529.200) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 4.029.200 = \text{Rp. } 120.876.000 \\ \text{Cangkang PKS B} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 537.040) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 4.037.040 = \text{Rp. } 121.111.200 \\ \text{Serabut PKS C} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 529.200) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 4.029.200 = \text{Rp. } 120.876.000 \\ \text{Serabut PKS B} &= 30 \times (\text{Rp. } 3.500.000 + \text{Rp. } 537.040) \\ &= 30 \times \text{Rp. } 4.037.040 = \text{Rp. } 121.111.200 \end{aligned}$$

Total seluruh biaya pembelian bahan baku PLTBm yang dikeluarkan sebesar Rp. 483.974.400 untuk jangka waktu kebutuhan PLTBm selama 1 minggu. Jika kebutuhan PLTBm dalam waktu 1 tahun total biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 25.166.668.800 (Rp. 25,166 Milyar).

**Tabel 11. Total Biaya Bahan Baku PLTBm**

PLTBm	Total Biaya Bahan Baku PLTBm (Milyar /tahun)		
	Opsi ke-1	Opsi ke-2	Opsi ke-3
Lokasi ke-1	22,268	23,038	23,405
Lokasi ke-2	22,372	23,038	23,332
Lokasi ke-3	23,099	24,775	25,166

#### 4.6. Menghitung Biaya Jaringan Tegangan Menengah 20 kV

##### 1. Biaya Tetap (Ho)

Biaya tetap merupakan biaya investasi jaringan distribusi saluran udara untuk pelanggan tegangan menengah 20 kV, dengan jarak 1 km dan jarak tiap tiang 50 m, sebanyak 20 tiang, harga keseluruhan biaya investasi awal (Ha) = Rp. 279.750.226,-

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pemasangan (Hp)} &= 20\% \times \text{Biaya Investasi} \\ &= 20\% \times \text{Rp. } 279.750.226,- \\ &= \text{Rp. } 55.950.045,- \end{aligned}$$

Maka biaya tetap (Ho)/tahun dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (3.14) untuk faktor diskon (i) = 15%/tahun, masa ekonomis (n) = 5 tahun, biaya investasi (Ha) = Rp. 279.750.226/km, biaya pemasangan (Hp) = Rp. 55.950.045/km, dan biaya pemeliharaan (Hh)/km = Rp. 3.000.000. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut ;

$$Ho = Ha + Hp \times \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} + Hh$$

$$Ho = 279.750.226 + (55.950.045) \times \frac{0,15(1+0,15)^5}{(1+0,15)^5 - 1} + 3.000.000$$

$$Ho = \text{Rp } 103.144.611,-/\text{km}/\text{thn}$$

## 2. Biaya Penghantar Kabel

Berdasarkan penampang kabel (Q) yang digunakan AAAC 70 mm<sup>2</sup>, faktor diskon penampang (Kq) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3.16) untuk N = 3 dikarenakan 3 fasa, Biaya konduktor (hq)/km = Rp. 14.450.000 + PPN 10% dari biaya konduktor sebesar Rp. 1.455.000, total (hq) = Rp. 15.895.000 masa ekonomis (n) = 5 tahun dan faktor cicilan (Fc) = 15%/tahun, maka faktor diskon penampang (Kq) sebagai berikut ;

$$Kq = N \times hq \times Fc$$

$$Kq = 3 \times 15.895.000 \times 0.15$$

$$Kq = \text{Rp. } 7.152.750,-/\text{km}/\text{mm}^2/\text{thn}$$

Maka biaya konduktor (Hq) dapat dihitung menggunakan persamaan (3.15) untuk Kq = Rp. 7.152.750,-/km/mm<sup>2</sup> dan penampang konduktor (Q) 70 mm<sup>2</sup> sebagai berikut ;

$$Hq = Kq \times Q$$

$$Hq = \text{Rp. } 7.152.750 \times 70$$

$$Hq = \text{Rp. } 500.692.500,- /\text{km}$$

## 3. Total Biaya Penyaluran Pada Jaringan Tegangan Menengah 20 kV

Total biaya penyaluran untuk periode satu tahun diperoleh dengan menggunakan persamaan (3.10) sebagai berikut ;

$$H = H_o + H_q + H_r$$

$$H = \text{Rp } 103.144.611 + \text{Rp } 500.692.500 + \text{Rp } 32.925.142$$

$$H = \text{Rp. } 636.762.253,-/\text{km}$$

Dari perhitungan diatas, biaya penyaluran JTM 20 kV per tahun untuk Q = 70 mm<sup>2</sup> adalah Rp. 636.762.253,-/km/thn.

### 4.6 Seluruh Biaya Total Selama 1 Tahun

Dengan langkah-langkah perhitungan yang sudah dilakukan maka akan mendapatkan hasil keuntungan untuk setiap lokasi PLTBm yang dilakukan dalam perhitungan dibawah ini. Dengan surat keputusan Menteri ESDM tahun 2017 besaran Biaya Pokok Penyediaan (BPP) Pembangkit PT. PLN (Persero) untuk wilayah Kalimantan Barat sebesar Rp. 1.150/kWh. Harga ini yang akan di jual pada konsumen PT. PLN (Persero) wilayah Kalimantan Barat.

Untuk lokasi PLTBm ke-1 sesuai dengan optimum pembelian bahan baku sebesar ; Biaya bahan baku untuk pembangkitan 5 MW selama 1 tahun sebesar Rp. 22.268.064.000 (Rp. 22,268 Milyar). Biaya untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV sebesar Rp 636.762.253,-/km dengan perencanaan PLTBm beroperasi selama 365 hari.

$$\text{Total biaya keseluruhan} = \text{Biaya bahan baku PLTBm}$$

$$+ \text{Biaya JTM } 20 \text{ kV}$$

$$= \text{Rp. } 22.268.064.000 + \text{Rp. } 636.762.253$$

$$= \text{Rp. } 22.904.826.253 \text{ (Rp. } 22,904 \text{ Milyar).}$$

Harga jual listrik ke konsumen PLN sebesar = Energi dibangkitkan x Harga Jual Energi

$$= 5.000 \text{ kW} \times \text{Rp. } 1.150/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp. } 5.750.000 \times 24 \times 365$$

$$= \text{Rp. } 50.370.000.000 \text{ (Rp. } 50,37 \text{ Milyar/thn).}$$

Keuntungan (Laba)/tahun (tahun pertama) sebesar ;

Laba = Harga jual listrik ke konsumen PLN - Total biaya keseluruhan

$$\text{Laba} = \text{Rp. } 50.370.000.000 - \text{Rp. } 22.904.826.253$$

$$\text{Laba} = \text{Rp. } 27.465.173.74/\text{thn} \text{ (Rp. } 27,465 \text{ Milyar/thn).}$$

Untuk lokasi PLTBm ke-2 sesuai dengan optimum pembelian bahan baku sebesar ; Biaya bahan baku untuk pembangkitan 5 MW selama 1 tahun sebesar Rp. 22.372.022.400 (Rp. 22,372 Milyar). Biaya untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV sebesar Rp 636.762.253,-/km dengan perencanaan PLTBm beroperasi selama 365 hari.

$$\text{Total biaya keseluruhan} = \text{Biaya bahan baku PLTBm} + \text{Biaya JTM } 20 \text{ kV}$$

$$= \text{Rp. } 22.372.022.400 + \text{Rp. } 636.762.253,-/\text{km}$$

$$= \text{Rp. } 23.008.784.653 \text{ (Rp. } 23,008 \text{ Milyar).}$$

Harga jual listrik ke konsumen PLN sebesar = Energi dibangkitkan x Harga Jual Energi

$$= 5.000 \text{ kW} \times \text{Rp. } 1.150/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp. } 5.750.000 \times 24 \times 365$$

$$= \text{Rp. } 50.370.000.000 \text{ (Rp. } 50,37 \text{ Milyar/thn).}$$

Keuntungan (Laba)/tahun (tahun pertama) sebesar ;

Laba = Harga jual listrik ke konsumen PLN - Total biaya keseluruhan

$$\text{Laba} = \text{Rp. } 50.370.000.000 - \text{Rp. } 23.008.784.653$$

$$\text{Laba} = \text{Rp. } 27.361.215.347/\text{thn} \text{ (Rp. } 27,361 \text{ Milyar/thn).}$$

Untuk lokasi PLTBm ke-3 sesuai dengan optimum pembelian bahan baku sebesar ; Biaya bahan baku untuk pembangkitan 5 MW selama 1 tahun sebesar Rp. 23.099.731.200 (Rp. 23,099 Milyar). Biaya untuk Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 kV sebesar Rp 636.762.253,-/km dengan perencanaan PLTBm beroperasi selama 365 hari.

$$\text{Total biaya keseluruhan} = \text{Biaya bahan baku PLTBm} + \text{Biaya JTM } 20 \text{ kV}$$

$$= \text{Rp. } 23.099.731.200 + \text{Rp. } 636.762.253,-/\text{km}/\text{thn.}$$

$$= \text{Rp. } 23.736.493.453 \text{ (Rp. } 23,736 \text{ Milyar).}$$

Harga jual listrik ke konsumen PLN sebesar = Energi dibangkitkan x Harga Jual Energi

$$= 5.000 \text{ kW} \times \text{Rp. } 1.150/\text{kWh}$$

$$= \text{Rp. } 5.750.000 \times 24 \times 365$$

$$= \text{Rp. } 50.370.000.000 \text{ (Rp. } 50,37 \text{ Milyar/thn).}$$

Keuntungan (Laba)/tahun (tahun pertama) sebesar ;

Laba = Harga jual listrik ke konsumen PLN - Total biaya keseluruhan

$$\text{Laba} = \text{Rp. } 50.370.000.000 - \text{Rp. } 23.736.493.453$$

$$\text{Laba} = \text{Rp. } 26.633.506.547/\text{thn} \text{ (Rp. } 26,633 \text{ Milyar/thn).}$$

**Tabel 12.** Hasil keuntungan Setiap Lokasi PLTBm

PLTBm	Total Keuntungan (/thn)
Lokasi ke-1	Rp. 27,465 Milyar
Lokasi ke-2	Rp. 27,361 Milyar
Lokasi ke-3	Rp. 26,633 Milyar

#### 4.7. Menghitung Optimum Pembelian Pasokan Bahan Baku PLTBm Menggunakan Metode Linear Pada Microsoft Excel

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan Microsoft excel didapatkan pembelian pasokan bahan baku PLTBm dengan hasil biaya pembelian bahan baku yang paling optimum. Hasil ini menunjukkan untuk ada atau tidaknya kegiatan pembelian bahan baku PLTBm dari setiap PKS yang ada.

**Tabel 13.** Data Pembelian Pasokan Bahan Baku PLTBm Menggunakan Excel

PKS	Biaya Pembelian 7 ton Cangkang (Rp)	Total Biaya BBM 1 kali Trip /PKS Cangkang (Rp)	Jumlah Pembelian Cangkang
A	3.500.000	82.320	30
B	3.500.000	196.000	0
C	3.500.000	188.160	0
D	3.500.000	54.880	30
E	3.500.000	243.040	0
F	3.500.000	258.720	0
G	3.500.000	439.040	0
Total			60

Total Biaya Pembelian Cangkang (Rp)	% Total Biaya Pembelian	Total Biaya BBM (Rp)	Total Biaya (Rp)
105.000.000	50,0000%	2.469.600	107.469.600
-	0,0000%	-	-
-	0,0000%	-	-
105.000.000	50,0000%	1.646.400	106.646.400
-	0,0000%	-	-
-	0,0000%	-	-
-	0,0000%	-	-
210.000.000		4.116.000	214.116.000

**Tabel 14.** Data Pembelian Pasokan Bahan Baku PLTBm Menggunakan Excel

PKS	Biaya Pembelian 7 ton Serabut (Rp)	Total Biaya BBM 1 kali Trip /PKS Serabut (Rp)	Jumlah Pembelian Serabut
A	3.500.000	82.320	30
B	3.500.000	196.000	0
C	3.500.000	188.160	0
D	3.500.000	54.880	30
E	3.500.000	243.040	0
F	3.500.000	258.720	0
G	3.500.000	439.040	0
Total			60

Total Biaya Pembelian Serabut (Rp)	% Total Biaya Pembelian	Total Biaya BBM (Rp)	Total Biaya (Rp)
105.000.000	50,0000%	2.469.600	107.469.600
-	0,0000%	-	-
-	0,0000%	-	-
105.000.000	50,0000%	1.646.400	106.646.400
-	0,0000%	-	-
-	0,0000%	-	-
-	0,0000%	-	-
210.000.000		4.116.000	214.116.000

#### 4.8. Pembahasan Titik Optimum Lokasi PLTBm

Hasil yang didapatkan untuk lokasi PLTBm ke-1 dengan titik koordinat 1°20'34.0"LU 109°16'29.1"BT terletak di Saing Rambli, Kecamatan Sambas ditinjau dengan biaya transportasi dan kedekatan jaringan sehingga didapatkan pengeluaran optimum untuk biaya transportasi sebesar Rp. 428.064.000 dalam 1 tahun sedangkan untuk biaya pembelian bahan baku paling optimum selama 1 tahun sebesar Rp. 21.840.000.000. Total biaya yang dikeluarkan untuk pembelian pasokan bahan baku yang optimum selama 1 tahun sebesar Rp. 22.268.064.000 (Rp. 22,268 Milyar) dan untuk biaya JTM 20 kV sebesar Rp 636.762.253,-/km sehingga didapatkan total pengeluaran dalam 1 tahun sebesar Rp. 22.904.826.253 (Rp. 22,904 Milyar) dan hasil dari penjualan energi listrik yang dibangkitkan 5 MW perjam dalam 1 tahun sebesar Rp. 50.370.000.000 (Rp. 50,37 Milyar/thn). Sehingga didapatkan keuntungan dalam waktu 1 tahun sebesar Rp. 27.465.173.747 ,- /thn (Rp. 27,465 Milyar/thn).

Lokasi PLTBm dengan titik koordinat 1°20'34.0"LU 109°16'29.1"BT terletak di Saing Rambli, Kecamatan Sambas merupakan lokasi yang optimum dengan biaya transportasi yang paling murah dan total biaya pembelian pasokan bahan baku PLTBm selama 1 tahun yang paling murah.

## 5. KESIMPULAN

Setelah melakukan studi literatur dan observasi lapangan serta melakukan perhitungan maka dalam penelitian ini dapat ditarik kesimpulan:

1. Pengolahan kelapa sawit di PKS yang berada di Kabupaten Sambas dan Kabupaten Bengkayang dengan kapasitas produksi yang berbeda-beda tetapi menghasilkan limbah cangkang dan serabut kelapa sawit sebesar 16,6725 ton/jam untuk cangkang sedangkan untuk serabut sebesar 35,91 ton/jam.
2. Dengan memanfaatkan limbah cangkang dan serabut kelapa sawit untuk bahan baku Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa (PLTBm) dapat membangkitkan listrik sebesar 5 MW (MegaWatt) dengan total bahan baku cangkang sebesar 2,5 ton/jam dan serabut sebesar 2,5 ton/jam.
3. Pada lokasi yang optimum berada pada lokasi PLTBm ke-1 dengan titik koordinat

1°20'34.0"LU 109°16'29.1"BT terletak di Saing Rambi, Kecamatan Sambas untuk pengeluaran biaya bahan baku paling murah untuk PLTBm selama 1 tahun sebesar sebesar Rp. 22.268.064.000 (Rp. 22,268 Milyar)

4. Biaya yang harus dikeluarkan untuk Jaringan Tegangan Menengah 20 kV/km/tahun sebesar Rp. 636.762.253,-/km/tahun dengan menggunakan kabel AAAC 70 mm<sup>2</sup>.
5. Dengan PLTBm yang mampu membangkitkan tenaga listrik sebesar 5 MW/jam dengan harga jual kepada PT. PLN (Persero) Rp 1.150/kWh dapat menghasilkan dana sebesar Rp. 64.972.800.000/tahun.
6. Pada lokasi yang optimum berada pada lokasi PLTBm ke-1 dengan laba yang didapat dari hasil penjualan listrik kepada pihak PT. PLN (Persero) sebesar Rp. 50.370.000.000 (Rp. 50,37 Milyar/thn). Sehingga didapatkan keuntungan dalam waktu 1 tahun sebesar Rp. 27.465.173.747,- /thn (Rp. 27,465 Milyar/thn).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Erhaneli, & Syawal, E. A. (2017). Pemanfaatan Cangkang dan Serabut Sawit sebagai Bahan Bakar pada PLTU untuk Memenuhi Kebutuhan Listrik Masyarakat Kabupaten Bungo. Padang: Institut Pertanian Padang.
- [2]. Haryanti, A., & Dkk. (2015). Studi Pemanfaatan Limbah Padat Kelapa Sawit. Samarinda: Teknik Kimia Universitas Mulawarman.
- [3]. Wibowo, A. (2016). Perancangan Sistem Pembangkit Listrik Biomassa Sawit (PLTBS) Kapasitas 5 MW. Yogyakarta: Politeknik LPP Yogyakarta.
- [4]. Badaruddin, & Kiswanto, H. (2015). Studi Analisa Perencanaan Instalasi Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) 20 KV. Jakarta: Fakultas Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
- [5]. Kadariah. (2001). Evaluasi Proyek: Analisis Ekonomis. Jakarta: Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia.
- [6]. Kurdani. (2009). Analisa Perencanaan Instalasi Distribusi Saluran Udara Tegangan Menengah 20 KV. Jakarta: Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana.
- [7]. Pricilia, S. A. (2014). Analisa Ekonomi Pemanfaatan Fiber dan Cangkang Kelapa Sawit Menjadi Energi Listrik. Bogor: Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor.
- [8]. Putra, A. D. (2017). Studi Potensi Limbah Biomassa Kelapa Sawit Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di PT. Perkebunan Nusantara XIII PKS Parindu. Skripsi. Pontianak: Universitas Tanjungpura.
- [9]. Suharnoto, Y. (2017). Studi Pemanfaatan Limbah Sawit sebagai Bahan Bakar PLTU Biomassa di Kabupaten Landak. Skripsi. Pontianak: Universitas Tanjungpura.

#### BIOGRAFI:



Muhammad Ridho Rezeki, Lahir di Singkawang Kalimantan Barat, Indonesia, pada tanggal 15 November 1995. Menempuh Pendidikan Strata I (S1) Di Fakultas Teknik pada Universitas Tanjungpura sejak tahun 2013.

Penelitian ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro Konsentrasi Teknik Konversi Energi Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS TANJUNGPURA  
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Prof. Dr. H. Hadari Namawi Pontianak 78124  
Telepon. (0561) 740186 Faximile. (0561) 740186  
Email [ft@untan.ac.id](mailto:ft@untan.ac.id) Website : [teknik.untan.ac.id](http://teknik.untan.ac.id)

---

**LEMBAR PENGESAHAN JURNAL PRODI TEKNIK ELEKTRO**

Nama : Muhammad Ridho Rezeki  
NIM : D1021131004  
Tanggal Ujian Skripsi : 23 Desember 2019  
Judul :

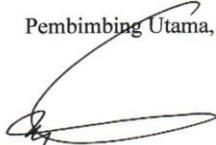
**STUDI PENENTUAN TITIK OPTIMUM LOKASI PEMBANGKIT LISTRIK  
TENAGA BIOMASSA KELAPA SAWIT DITINJAU DARI BIAYA  
TRANSPORTASI DAN KEDEKATAN JARINGAN**

Jurnal tersebut telah melalui proses bimbingan dan telah mendapatkan persetujuan untuk dipublikasikan.

Telah Menyetujui,

Pontianak 9 Januari 2020

Pembimbing Utama,

  
Ir. Danial, M.T.  
NIP. 196202121992031002

Pembimbing Pendamping,

  
Dr. Dedy Suryadi, S.T., M.T.  
NIP. 196812031995121001