

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Informasi Umum

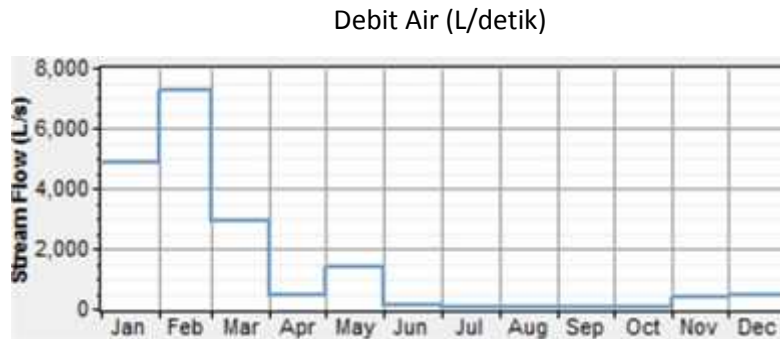
Desa Gondowangi merupakan salah satu desa yang terletak di kecamatan Sawangan. Desa Gondowangi terdiri dari 14 dusun salah satunya yaitu dusun Pasekan. Dusun ini mempunyai saluran irigasi yang disebut Di Pasekan. Di Pasekan ini merupakan daerah aliran sungai Pabelan.

Tabel 4.1 Informasi Umum Desa Gondowangi

Informasi	Keterangan
Luas Wilayah	214 KM2
Jumlah penduduk	± 8400 jiwa
Jumlah Kantor Desa	1 Buah
Puskesmas	0 buah
SD	2buah
TK	1buah

Batas wilayah desa:

- Sebelah Utara : Desa Mangunsari
- Sebelah Timur : Desa Sawangan
- Sebelah Barat : Desa Bojong dan Desa Pagersari kecamatan Mungkid
- Sebelah Selatan : Sungai Pabelan



Gambar 4.1 Grafik Debit air Daerah Irigasi Pasekan

Grafik diatas menunjukkan debit air yang mengalir di daerah irigasi pasekan tahun 2009. Data rata-rata debit bulana tertinggi terjadi pada bulan february yaitu mencapai 7249,3 L/Detik, sedangkan data rata-rata debit bulanan terendah terjadi pada bulan agustus sampai oktober yaitu sebesar 89 L/Detik. Jumlah rata-rata debit yang dihasilkan dalam setahun yaitu sebesar 1510,9 L/Detik.

4.2.2 Tinggi Terjun (head)

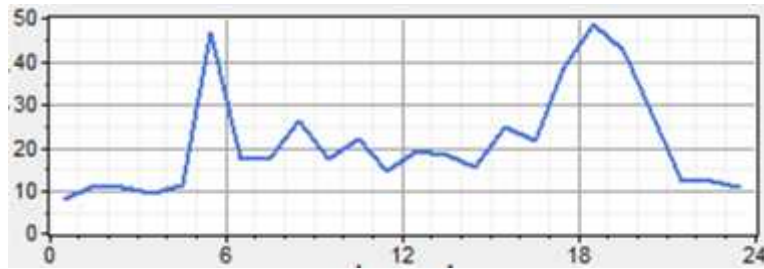
Untuk membangun sebuah PLTMH selain data debit air, syarat yang penting lainnya yaitu tinggi terjun (head). Tinggi terjun merupakan tempat yang dilalui jatuhnya air yang mengalir. Perbedaan ketinggian yang dimiliki antara aliran air dengan instalasi sehingga dapat menimbulkan tenaga air yang mampu menggerakkan turbin. Data yang tertera tinggi terjun di daerah irigasi pasekan sebesar 2m.

4.3 Beban listrik

Berdasarkan informasi yang didapat dari desa sawangan, jumlah seluruh rumah di dusun pasekan yaitu 100 rumah. Peneliti mengambil data rumah yang berdekatan dengan daerah irigasi Pasekan. Dari jumlah rumah tersebut, peneliti mengambil sampel rumah yang berdekatan dengan daerah irigasi Pasekan. Jadi tidak semua rumah di dusun pasekan yang akan mendapatkan pasokan energi listrik dari pembangunan PLTMH tersebut. Sebagai sampel, peneliti hanya mengumpulkan data penggunaan energi listrik yaitu 10 rumah.

Tabel 4.3 penggunaan energi listrik dusun pasekan tiap jam per hari

JAM PEMAKAIAN	Total daya jumlah 100 rumah
00.00-01.00	8.430
01.00-02.00	8.430
02.00-03.00	8.430
03.00-04.00	10.540
04.00-05.00	13.980
05.00-06.00	45.980
06.00-07.00	14.900
07.00-08.00	24.320
08.00-09.00	32.340
09.00-10.00	23.490
10.00-11.00	15.470
11.00-12.00	13.580
12.00-13.00	22.170
13.00-14.00	17.770
14.00-15.00	13.870
15.00-16.00	27.940
16.00-17.00	33.280
17.00-18.00	43.240
18.00-19.00	42.830
19.00-20.00	42.130
20.00-21.00	33.250
21.00-22.00	11.820
22.00-23.00	11.020
23.00-00.00	9.520



Gambar 4.2 Grafik konsumsi energi listrik tiap jam

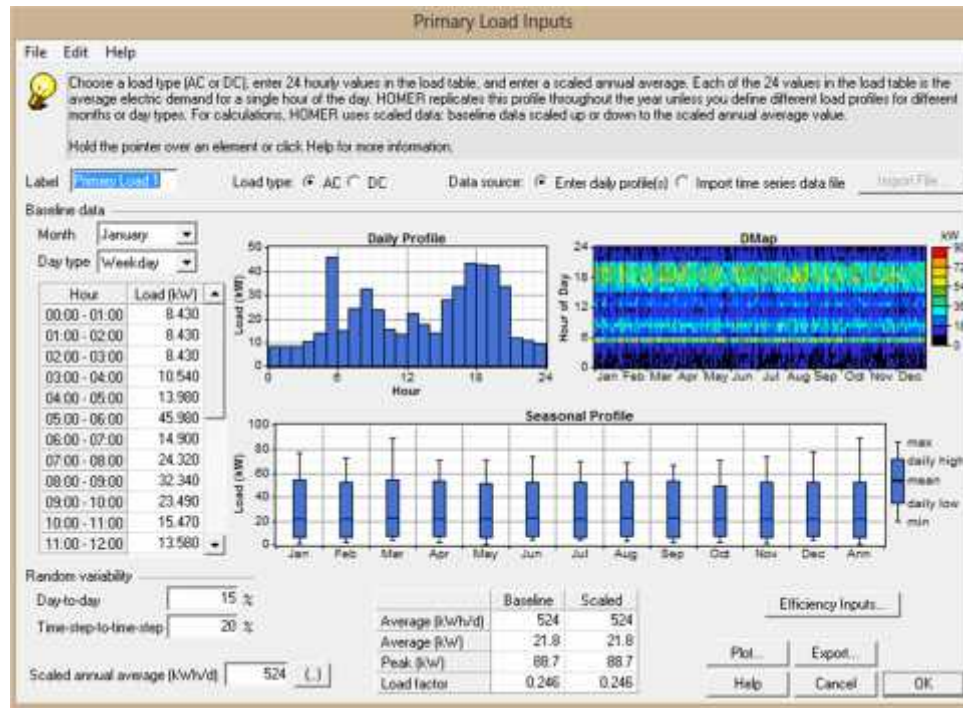
Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa beban puncak terjadi pada pukul 05.00-06.00, hal itu bisa terjadi dikarenakan warga dusun pasekan sebagian besar masih berada di rumah untuk beraktifitas dalam penggunaan energi listrik. Sedangkan penggunaan energi listrik terendah yaitu pada pukul 00.00-04.00. hal itu terjadi karena warga masih tertidur dan tidak banyak menggunakan energi listrik.

4.4 Perancangan HOMER

Sistem homer yang akan dirancang menganalisa mengenai beban yang sudah terpasang, daya yang dihasilkan memakai simulasi homer, dan biaya yang dikeluarkan dalam investasi pembangunan.

4.4.1 Simulasi Primary Load

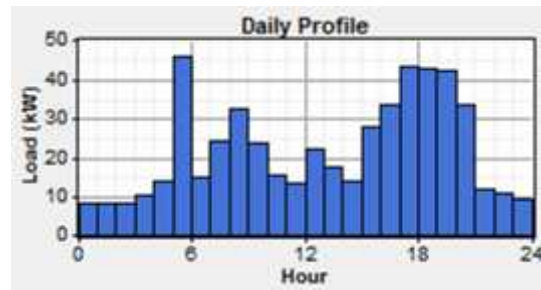
Simulasi prima load adalah simulasi tentang beban listrik yang terpakai, beban listrik yang terpakai pada penelitian ini adalah beban listrik masyarakat dusun pasekan.



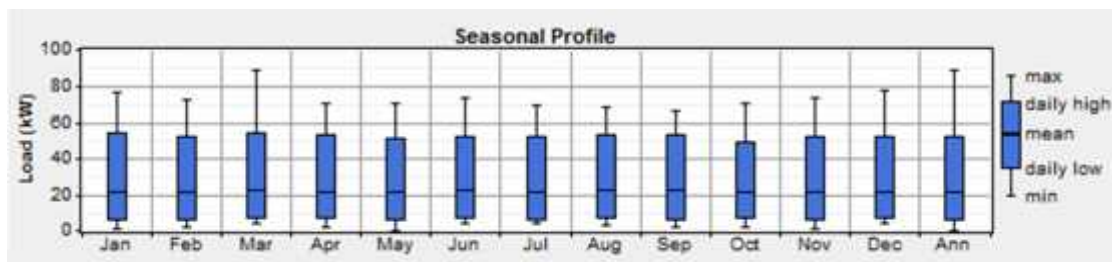
Gambar 4.3 Perancangan load inputs pada HOMER

Pada homer dapat mengakomodasi perubahan yang terjadi pada profil beban listrik untuk setiap bulanya. Namun tidak demikian pada beban listriknya. Beban listrik untuk daerah tropis dapat dianggap sama untuk setiap bulanya. Hal ini dikarenakan daerah tropis tidak ada perbedaan cuaca iklim yang mencolok dalam periode satu tahun. Dengan seperti itu, dapat diketahui bahwa beban listrik seperti gambar diatas digunakan untuk mensimulasikan beban listrik sepanjang tahun.

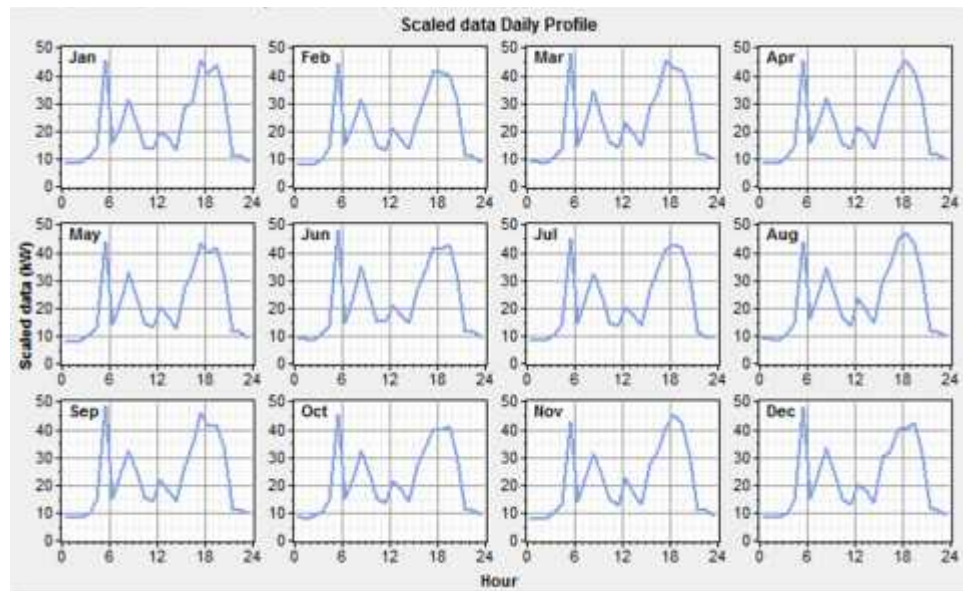
Di dalam simulasi daily profile, Software Homer Energy hanya membutuhkan data daya aktif. Beban listrik yang digunakan dalam sistem pembangkit ini dapat diasumsikan memiliki variabel random harian sebesar 15 %, kemudian pada time-step to time -step berada pada angka 20 % sesuai pada penggunaan Homer Energy.



Gambar 4.4 Penggunaan listrik tiap jam selama sehari



Gambar 4.5 Penggunaan daya listrik tiap bulan dalam satu tahun



Gambar 4.6 Profil beban listrik setiap bulan selama setahun

Profil beban listrik harian menurut *Homer Energy* di dusun pasekan secara keseluruhan hampir sama, tetapi masih ada yang berbeda. Juga dalam profil beban listrik setiap bulan selama setahun, Berbeda namun besarnya hampir sama.

4.4.2 Perancangan sistem Mikro Hidro

Penggunaan biaya yang dibutuhkan dalam HOMER pada instalasi listrik tenaga mikro hidro antara lain kertinggian (head), biaya replacemen cost, dan semua yang berhubungan dengan mikro hidro tersebut. Jadi dalam homer akan menghitung biaya keluaran mikro hidro untuk debit air, efisien turbin, dan head.

Hydro Inputs

File Edit Help

HOMER models run-of-river hydro installations. Enter the capital cost, available head, and turbine design flow rate. For Economics values, include the civil works and all costs associated with the hydro system. HOMER calculates the nominal power from the available head, design flow rate, and efficiency.

Hold the pointer over an element or click Help for more information.

Economics

Capital cost (\$)	503000	(...)
Replacement cost (\$)	352100	(...)
O&M cost (\$/yr)	20.12	(...)
Lifetime (years)	10	(...)

Turbine

Available head (m)	2	(...)	Nominal power: 23.5 kW
Design flow rate (L/s)	1500	(...)	
Minimum flow ratio (%)	50	(...)	Generator type <input checked="" type="radio"/> AC
Maximum flow ratio (%)	110	(...)	<input type="radio"/> DC
Efficiency (%)	80	(...)	

Intake pipe

Pipe head loss (%)	15	(...)	Pipe Head Loss Calculator...
--------------------	----	-------	------------------------------

Systems to consider

Simulate systems both with and without the hydro turbine

Include the hydro turbine in all simulated systems

Help Cancel OK

Gambar 4.7 perancangan pada sistem mikro hidro

Input untuk homer pada instalasi mikro hidro bisa dilihat pada gambar 4.7 diatas. Untuk biaya cos atau capital cos didapatkan hasil dari membangun sebuah mikro hidro 23.5 KW.

Tabel 4.4 skema biaya investasi PLTMH (Layman's guidebook 1997)

Plant capacity (kW)	cost (ECU)		
250 >P> 200	200 x 2250	+	balance x 2250 x 0.548165
500 >P> 250	250 x 2050	+	balance x 2050 x 0.824336
1000 >P> 500	500 x 1870	+	balance x 1870 x 0.817034
2000 >P> 1000	1000 x 1700	+	balance x 1700 x 0.765111
5000 >P> 2000	2000 x 1500	+	balance x 1500 x 0.777918

Berdasarkan tabel skema diatas, maka biaya investasi untuk pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan kapasitas 23.5 kw memerlukan biaya sebesar:

$$200 \times 2250 + 5 \times 2250 \times 0.548165 = 456166 \text{ ECU}$$

1 ECU = USS 1.1026 (konverter ECU) Jadi total keseluruhan biaya investasi sebesar USS 503,000. Dengan asumsi biaya replacement sebesar 70 % dari biaya investasi awal. Karena pada sistem mikro hidro perbaikannya tidak banyak dalam penggantian komponen. masih ada komponen yang kemungkinan bisa untuk digunakan kembali dalam sistem mikro hidro. Dan replacement cost dikenakan setelah projek berjalan selama 15 tahun.

Di dalam buku layman's guidebook hydropower, perhitungan biaya O&M akan dikenakan biaya sebesar 4% dari biaya investasi awal. Biaya tersebut digunakan untuk biaya pemeliharaan komponen mikro hidro dan lain-lain. Jadi biaya O&M sebesar $4\% \times 503,000 \text{ USS} = 20,12 \text{ USS}$ dengan estimasi project selama 10 tahun. Estimasi ini mengacu pada biaya untuk perbaikan peralatan dalam kurun waktu selama 10 tahun sekali. Yaitu harus di cek dan dilakukan penggantian turbin. Mengacu pada spesifikasi peralata itu sendiri.

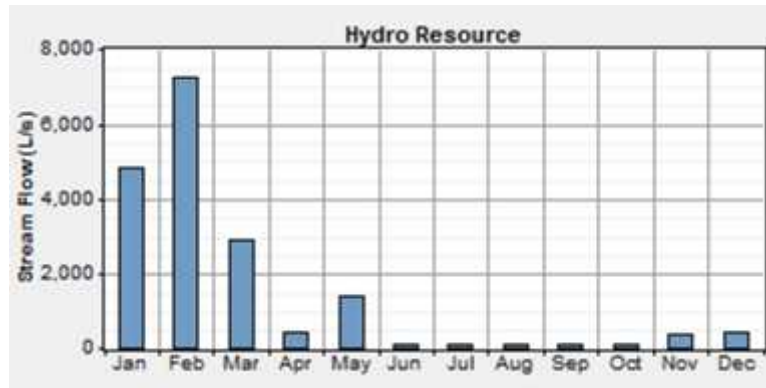
Untuk masukan turbin, di dapatkan dari data *available head* yang tersedia sekitar 2m. Untuk desain debit airnya merupakan rata-rata bulanan dari debit air yang mengalir tersebut. Dengan debit air minimum sebesar 50 % dan debit air maksimal yaitu sebesar 110 % dari aliran normal. Untuk efisiensi turbin tertera angka mencapai 80 %. Dari angka yang sudah dimasukkan diatas kapasitas keluaran yang diperoleh oleh turbin tersebut sebesar 23.5 KW.

4.4.3 Hydro resource inputs

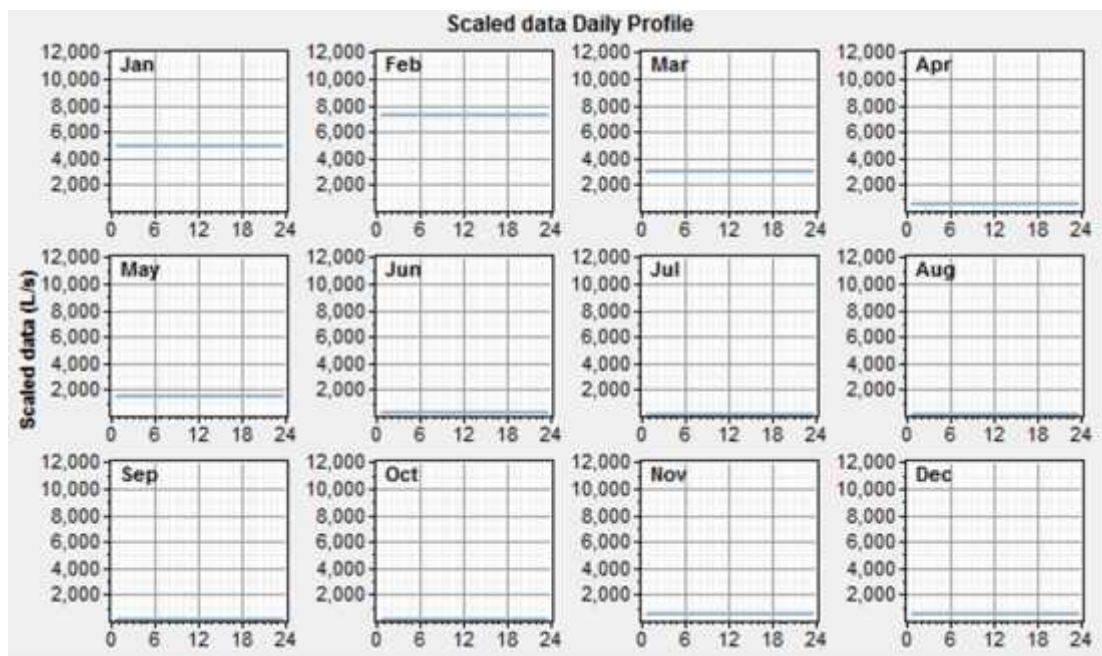
Tabel 4.5 input debit air pada HOMER

Month	Stream Flow
	(L/s)
January	4,851.0
February	7,249.0
March	2,901.0
April	441.7
May	1,371.7
June	123.0
July	89.0
August	89.0
September	89.0
October	89.0
November	391.4
December	445.0
Annual average: 1,477.4	

Dari data diatas, debit air yang paling tinggi terjadi pada bulan februari yaitu sebesar 7,249 L/s, dan debit air minimum terjadi pada bulan juli sampai oktober yaitu 89.0 L/s dikarenakan tidak beroperasi pada saat itu.



Gambar 4.8 grafik debit air tiap bulan selama satu tahun



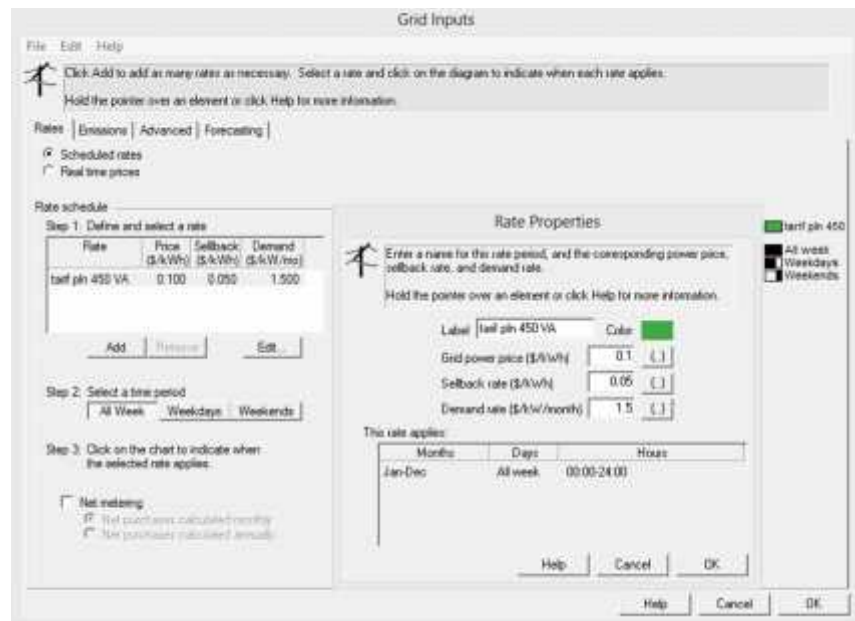
Gambar 4.9 profil debit air tiap bulan dalam satu tahun

4.4.4 Grid

Dalam rancangan simulasi ini, sistem akan terinterkoneksi dengan grid. Hal itu bisa terjadi karena, pada tujuan tugas akhir ini untuk menentukan komposisi yang

baik antara Hydro dan PLN itu sendiri. Sehingga apabila listrik yang dihasilkan mengalami kelebihan maka listrik itu bisa dijual ke PLN. Peraturan menteri ESDM No.19 Tahun 2015 itu diatur bahwa Badan Usaha Milik Negara (BUMN), Badan Usaha Milik Daerah (BUMD), dan badan usaha swasta yang berbadan hukum Indonesia, koperasi, atau swadaya masyarakat memiliki peluang yang sama untuk menjadi pengembang. Syaratnya, badan tersebut memang didirikan untuk berusaha di bidang penyediaan tenaga listrik yang memanfaatkan tenaga air untuk PLTA. Selain itu, kapasitas pembangkit listrik yang bisa dikembangkan pun terbatas hanya sampai 10 mega watt (MW) saja.

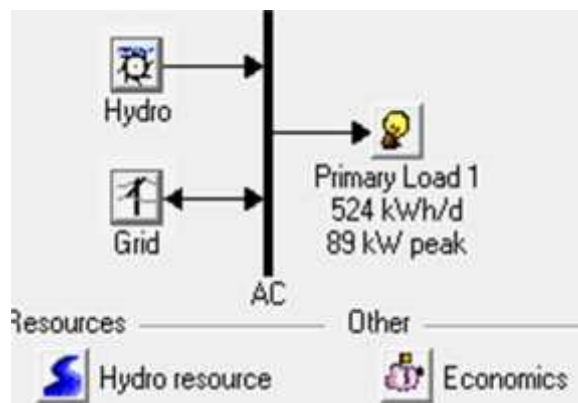
Menurut peraturan Menteri ESDM No 31 tahun 2014 tentang tarif tenaga listrik yang disediakan oleh perusahaan listrik negara, untuk batas daya s.d 450 VA dan tarif listrik untuk keperluan rumah tangga ditetapkan sebesar 415/kwh.



Gambar 4.10 Perancangan sistem grid

4.5 Hasil HOMER

4.5.1. Hasil konfigurasi HOMER



Gambar 4.11 perancangan konfigurasi Homer Energy

		Simulations: 0 of 2		Progress:		Status: Completed in 2 seconds.			
		Sensitivities: 1 of 1							
		Sensitivity Results		Optimization Results					
Double click on a system below for simulation results.									
		Hydro (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	
			90	\$ 0	20,446	\$ 261,364	0.107	0.00	
		23.5	90	\$ 503,000	35,758	\$ 960,110	0.393	0.30	

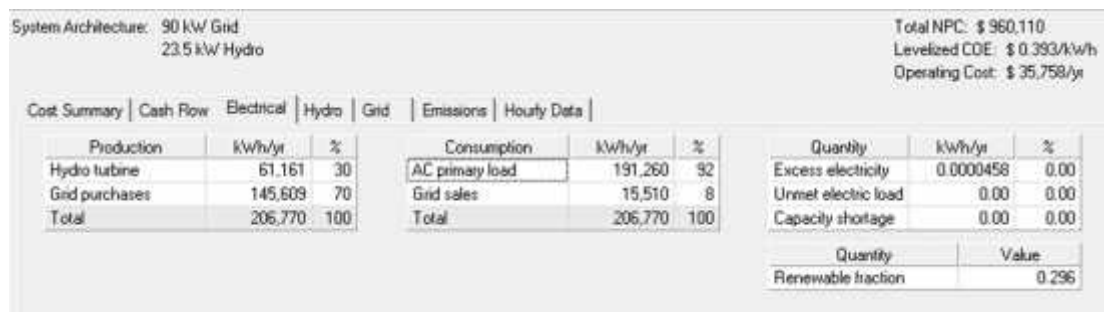
Gambar 4.12 hasil kalkulasi Homer Energy

HOMER telah melakukan simulasi pada 2 konfigurasi sistem. Konfigurasi yang terhitung pada Net Present Cost (NPC) adalah \$ 906,110. NPC merupakan nilai saat ini yang muncul dari semua biaya selama masa pemakaian dikurangi semua pendapatan yang diperoleh selama masa operasi tersebut. Sedangkan pada (COE) *Cost Of Energy* adalah rata-rata per kWh yang dihasilkan dari energi listrik.

4.5.2 Analisa Kofigurasi Teroptimal

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan kemudian memberikan input pada data komponen yang digunakan, maka akan dihasilkan satu konfigurasi yang teroptimal. Ini terjadi karena hanya menggunakan satu sumber energi. Jadi hasil yang didapatkan hanya satu konfigurasi.

4.5.3 Hasil sistem pembangkitan



Gambar 4.13 daya yang dibangkitkan konfigurasi teroptimal

Pada gambar diatas bahwa daya yang dihasilkan pembangkit sebesar 206,770 kWh/tahun, kemudian yang tersuplai dari Hydro Turbine menghasilkan listrik sebesar 61,161 kWh/tahun dan grid PLN sebesar 145,609 kWh/tahun (70%). Dengan konsumsi listrik sebesar 191,260 kWh/tahun. Dan sisanya dapat dijual kepada PLN Sebesar 15,510 kWh/tahun (8%).



Gambar 4.14 grafik produksi listrik tiap bulan

Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa produksi setiap bulanya berbeda-beda, hal itu dikarenakan dari jumlah debit airnya berbeda setiap tahun. Untuk bulan juni sampai bulan desember tidak beroperasi karena kondisi debit air kurang dari 50% jadi hasilnya tidak maksimal. Kondisi seperti itu dikarenakan terjadi pada musim kemarau. Agar bisa berproduksi setidaknya debit air harus melebihi 50% dari rata-rata keseluruhan dalam satu tahun. Jika produksinya kurang dari 50% maka hasilnya tidak memenuhi standar. Hal ini bisa mengakibatkan kerusakan pada komponen-komponen elektronik yang dipakai. Untuk suplay dari grid PLN yaitu berwarna biru tua.

Kemudian dari gambar diatas bisa disimpulkan bahwa pada musim hujan hasil dari produksi yang dibangkitkan akan lebih banyak dibandingkan pada musim kemarau. Hal ini bisa dilihat pada bulan januari-mei. Sedangkan suplay dari grid PLN dapat dilihat pada bulan juni-desember, itu diartikan pada musim kemarau akan berlangganan listrik PLN lebih besar dibandingkan pada musim hujan karena penggunaan energi lebih besar daripada produksi energi yang dibangkitkan dengan tujuan untuk meng-*cover* konsumsi listrik.

4.5.4 Analisa sistem optimal

Jumlah produksi energi listrik yang dihasilkan lebih dari penggunaan energi listrik masyarakat sekitar daerah irigasi pasekan menjadikan keuntungan untuk masyarakat tersebut. Dimana kelebihan bisa dijual ke PLN.

Maka dari itu masyarakat bisa menjual sebesar 15.510 kWh/tahun. Dan membeli listrik PLN sebesar 145.609 kWh/tahun. Dengan jual listrik PLN sebesar $US\$ 0.05/kWh$ dan harga belinya $US\$ 0.1/kWh$. Maka dari pembangkitan itu mendapatkan persamaan keuntungan sebagai berikut:

$$\text{Jual ke PLN} = \text{--- yang dibangkitkan} \times \text{harga jual/kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Jual ke PLN} &= 15.150 \frac{\text{kWh}}{\text{tahun}} \times \text{US\$ } 0.05/\text{kWh} \\ &= \text{US\$ } 0,7755/\text{tahun} \dots \dots \dots \text{ (Persamaan 1)} \end{aligned}$$

$$\text{Beli dari PLN} = \text{--- yang dibeli} \times \text{harga beli/kWh}$$

$$\begin{aligned} \text{Beli dari PLN} &= 145,609 \frac{\text{kWh}}{\text{tahun}} \times \text{US\$ } 0.1/\text{kWh} \\ &= \text{US\$ } 14,5609/\text{tahun} \dots \dots \dots \text{ (Persamaan 2)} \end{aligned}$$

$$\text{Surplus} = \text{Jual} - \text{Beli}$$

$$\begin{aligned} \text{Surplus} &= \text{US\$ } 0,7755 - \text{US\$ } 14,5609 \\ &= \text{US\$ } 13,7854/\text{tahun} \dots \dots \dots \text{ (Persamaan 3)} \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas maka energi dari aliran irigasi pasekan surplusnya sebesar US\$ 13,7854. Artinya surplus yaitu untung dikurangi biaya langganan dari PLN. Maka dari itu bisa dikatakan bahwa rincian keuangan pembelian dan penjualan setiap tahunnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.6 data penjualan dan pembelian listrik

Month	Energy	Energy	Net	Peak	Energy	Demand
	Purchased	Sold	Purchases	Demand	Charge	Charge
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kW)	(\$)	(\$)
Jan	4,120	4,399	-279	55	192	83
Feb	3,415	4,102	-686	50	136	76
Mar	4,478	4,091	387	67	243	100
Apr	15,788	0	15,788	70	1,579	106
May	5,100	2,918	2,182	52	364	79
Jun	15,907	0	15,907	74	1,591	111
Jul	16,119	0	16,119	70	1,612	105
Aug	17,040	0	17,040	68	1,704	102
Sep	16,007	0	16,007	67	1,601	100
Oct	16,031	0	16,031	71	1,603	106
Nov	15,377	0	15,377	73	1,538	110
Dec	16,227	0	16,227	78	1,623	117
Annual	145,609	15,510	130,098	78	13,785	1,193

Tabel 4.7 Nominal cash flow konfigurasi

Year	Current system	
	Annual(\$)	Cumulative (\$)
1	-503,000	-503,000
2	-14,999	-517,999
3	-14,999	-532,997
4	-14,999	-562,994
5	-14,999	-577,993
6	-14,999	-592,992
7	-14,999	-607,990
8	-14,999	-622,989
9	-14,999	-637,988
10	-367,099	-1,005,086
11	-14,999	-1,020,085
12	-14,999	-1,035,083
13	-14,999	-1,050,082
14	-14,999	-1,065,081
15	-14,999	-1,080,079
16	-14,999	-1,095,078
17	-14,999	-1,110,077
18	-14,999	-1,125,075
19	-14,999	-1,140,074

Lanjutan nominal cash flow konfigurasi

Year	Current system	
	Annual(\$)	Cumulative (\$)
20	-367,099	-1,507,172
21	-14,999	-1,522,168
22	-14,999	-1,537,170
23	-14,999	-1,552,168
24	-14,999	-1,1567,167
25	161,051	-1,406,116

Hasil dari tabel nominal cash flow konfigurasi tersebut menunjukkan bahwa untuk pembangkit selama 25 tahun dalam setiap 10 tahunnya itu ada biaya tambahan replacement. Biaya tersebut terjadi karena adanya pengantian alat yang sudah tidak dapat digunakan lagi.

4.5.5 Tabel nominal cash flows

Hasil pengolahan yang dilakukan oleh *software homer* yaitu mendapatkan tabel keseluruhan dari nominal cash flows. Ini hasil dari *software homer*.

Tabel 4.8 keseluruhan nominal cash flows

Year	Nominal Cash Flows					
	Current System		Base Case		Difference	
	Annual (\$)	Cumulative (\$)	Annual (\$)	Cumulative (\$)	Annual (\$)	Cumulative (\$)
0	-503,000	-503,000	0	0	-503,000	-503,000
1	-14,999	-517,999	-20,446	-20,446	5,447	-497,553
2	-14,999	-532,997	-20,446	-40,891	5,447	-492,106
3	-14,999	-547,996	-20,446	-61,337	5,447	-486,659
4	-14,999	-562,994	-20,446	-81,783	5,447	-481,212
5	-14,999	-577,993	-20,446	-102,228	5,447	-475,765
6	-14,999	-592,992	-20,446	-122,674	5,447	-470,318
7	-14,999	-607,990	-20,446	-143,120	5,447	-464,871
8	-14,999	-622,989	-20,446	-163,565	5,447	-459,424
9	-14,999	-637,988	-20,446	-184,011	5,447	-453,976
10	-367,099	-1,005,086	-20,446	-204,457	-346,653	-800,629
11	-14,999	-1,020,085	-20,446	-224,902	5,447	-795,182
12	-14,999	-1,035,083	-20,446	-245,348	5,447	-789,735
13	-14,999	-1,050,082	-20,446	-265,794	5,447	-784,288
14	-14,999	-1,065,081	-20,446	-286,239	5,447	-778,841
15	-14,999	-1,080,079	-20,446	-306,685	5,447	-773,394

Lanjutan keseluruhan nominal cash flows

16	-14,999	-1,095,078	-20,446	-327,131	5,447	-767,947
17	-14,999	-1,110,077	-20,446	-347,576	5,447	-762,500
18	-14,999	-1,125,075	-20,446	-368,022	5,447	-757,053
19	-14,999	-1,140,074	-20,446	-388,468	5,447	-751,606
20	-367,099	-1,507,172	-20,446	-408,913	-346,653	-1,098,259
21	-14,999	-1,522,171	-20,446	-429,359	5,447	-1,092,812
22	-14,999	-1,537,170	-20,446	-449,804	5,447	-1,087,365
23	-14,999	-1,552,168	-20,446	-470,250	5,447	-1,081,917
24	-14,999	-1,567,167	-20,446	-490,696	5,447	-1,076,470
25	161,051	-1,406,116	-20,446	-511,141	181,497	-894,973

Dari table diatas dapat diketahui bahwa system mikrohidro awalnya membutuhkan biaya investasi yang cukup besar, namun dengan keuntungan setiap tahunnya sebesar U\$\$ 14,999. Pada curren system keuntungan yang didapatkan sebesar U\$\$ 14,999 itu karena adanya pemakaian untuk 100 rumah. Pada base case adalah nilai yang harus dibayar untuk tiap tahunnya apabila berlangganan PLN saja yaitu sebesar U\$\$ 20,466.