

TUGAS AKHIR

ANALISA SISTEM PENJADWALAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HIBRIDA (DIESEL, FOTOVOLTAIK, DAN MIKROHIDRO) DI DUSUN BINTANG ASIH

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

JULI RIANDRA

1707220027



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2021**

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Juli Riandra

NPM : 1707220027

Program Studi : Teknik Elektro

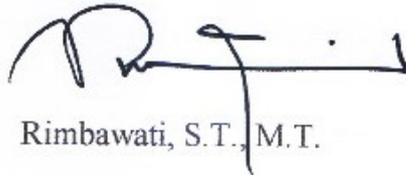
Judul Skripsi : Analisa Sistem Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida
(Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) Di Dusun Bintang Asih

Bidang Ilmu : Energi Baru Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

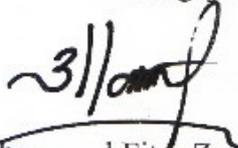
Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



Rimbawati, S.T., M.T.

Dosen Penguji I



Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc.

Dosen Penguji II



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.



SSURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Juli Riandra
Tempat/ Tanggal Lahir : Lubuk Pakam/ 25 Juli 1999
NPM : 1707220027
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir Saya yang berjudul:

“Analisa Sistem Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenga Hibrida (Diesel, Fotovoltaik dan Mikrohidro) di Dusun Bintang Asih.”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesajanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 September 2021

Saya yang menyatakan,



JULI RIANDRA

ABSTRAK

Peningkatan pemakaian energi dan masalah lingkungan saat ini akan mengharuskan adanya sistem energi baru dengan efisiensi yang lebih besar dan lebih bersahabat dengan lingkungan. Kombinasi dari sumber-sumber energi terbarukan yang ada di wilayah Dusun Bintang Asih Desa Rumah Sumbul Kecamatan Sinembah Tanjung Muda Hulu Kabupaten Deli Serdang diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisiensi yang optimal dalam penggunaan pembangkit listrik dari energi terbarukan. Seiring dengan kebutuhan masyarakat akan tenaga listrik yang cukup banyak dan masyarakat hanya menggunakan pembangkit listrik tenaga diesel maka tenaga hibrida fotovoltaik dan mikrohidro dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan listrik di masyarakat Dusun Bintang Asih menggunakan sistem penjadwalan pembangkit hibrida. Dari penjadwalan yang dilakukan pada pembangkit listrik tenaga hibrida (diesel, fotovoltaik, dan mikrohidro) menghasilkan target capaian produksi energi listrik sebesar 2 MW/tahun. Setelah melakukan penjadwalan pada pembangkit hibrida menggunakan metode simulasi aplikasi HOMER Versi 3.11 menghasilkan produksi energi listrik dari penjadwalan pembangkit hibrida fotovoltaik dengan diesel sebesar: 12,20 MW/tahun dan produksi energi listrik dari penjadwalan pembangkit hibrida mikrohidro dengan diesel sebesar: 35,57 MW/tahun serta hasil analisa ekonomi menggunakan algoritma genetik untuk kinerja pembangkit hibrida fotovoltaik dengan diesel sebesar Rp. 2.885.597.000,- dengan keuntungan sebesar Rp. 607.009.000,- dan kinerja pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dan diesel sebesar Rp. 467.545.800,- dengan keuntungan sebesar Rp. 601.150.000,- dan pengembalian modal dari kedua pembangkit pada tahun ke 13 selama 25 tahun proyek berlangsung.

Kata kunci: Sistem Penjadwalan, Hibrida, HOMER, Algoritma Genetika

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Sistem Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) di Dusun Bintang Asih” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Orang tua saya yang telah mendukung saya dalam keadaan apapun untuk menuliskan studi tugas akhir ini.
2. Ibunda Rimbawati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregarr, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M,T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik elektroan kepada penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Teman-teman seperjuangan Teknik Elektro Stambuk 2017
9. Teman-teman Asisten Laboratorium Fisika Dasar Periode 2018-2020
10. Teman-teman Asisten Laboratorium Elektronika Dasar Periode 2018-2020

Proposal Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Proposal Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-elektronika.

Medan, 15 September 2021

JULI RIANDRA

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Ruang Lingkup Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Metode Penelitian.....	3
1.7. Sistematis Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	6
2.2. Landasan Teori	8
2.2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)	8
2.2.2. Fotovoltaik	8
2.2.3. Panel Surya.....	14
2.2.4. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).....	10
2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH)	17
2.2.2 Operasi Sistem Tenaga Listrik	19
2.2.7. Aplikasi HOMER Pro	20
2.2.8. Algoritma Genetika	23
2.2.9. <i>Break Event Point</i>	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3. 1 Tempat dan Waktu.....	26
3.1.1 Tempat	26
3.1.2 Waktu.....	26
3. 2 Alat dan Bahan.....	26

3.3 Data Penelitian	26
3.3.1. Data Beban Listrik Harian.....	27
3.3.2 Data Cahaya Matahari Dan Debit Air Sungai Di Dusun Bintang Asih.....	27
3.3.3. Spesifikasi Pembangkit Tenaga Listrik Hibrida.....	27
3.3.4 Biaya Pembangunan Dan Operasional PLTH.....	29
3.3.5. Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida.....	29
3.3.6. Desain Sistematis Skema Rangkaian Hibrida Pada Aplikasi HOMER.....	31
3.4 Metode Penelitian	32
3.5. Prosedur Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Tingkat Penghematan Energi Listrik Dari Penjadwalan Pada PLTH.....	35
4.1.1. Hasil Penjadwalan Pada PLTH.....	35
4.1.2. Perbandingan Optimisasi ProdPLTH	36
4.2. Analisis Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida	38
4.2.1. Simulasi Ekonomi Pembangkit Tenaga Hibrida Dengan HOMER.....	38
4.2.2. Optimasi Ekonomis Pembangkit Tenaga Hibrida Dengan Algoritma Genetika	39
4.2.3. Perhitungan <i>Break Event Point</i> (BEP).....	47
BAB V PENUTUP.....	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bentuk PLTD	9
Gambar 2.2. Semikonduktor jenis P dan N sebelum disambung.....	11
Gambar 2.3 setelah dua jenis semikonduktor disambung.....	11
Gambar 2.4 Elektron dari semikonduktor N bersatu dengan hole pada semikonduktor P.....	11
Gambar 2.5 Adanya Perbedaan Muatan Positif Dan Negatif Di Daerah Deplesi.....	12
Gambar 2.6 Proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi	13
Gambar 2.7 Fotogenerasi <i>Electron Hole</i>	14
Gambar 2.8 Arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.	16
Gambar 2.9 Skema Generator PLTMH	18
Gambar 2.10 Contoh Skema Rangkaian Hibrida.....	21
Gambar 2.11 Tampilan Utama Aplikasi HOMER Pro	22
Gambar 2.12 Contoh Sistematis Rangkaian Hibrida Aplikas HOMER Pro	23
Gambar 3.1. Skema Rangkaian Hibrida Fotovoltaik Dengan Diesel.....	32
Gambar 3.2. Skema Rangkaian Hibrida Mikrohidro Dengan Diesel.....	33
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian	34
Gambar 4.1 Penjadwalan PLTH Fotovoltaik dan Diesel Melalui Aplikasi HOMER.	36
Gambar 4.2. Penjadwalan PLTH Mikrohidro dan Diesel Melalui Aplikasi HOMER	37
Gambar 4.3. Perbandingan Produksi Energi Listrik Antara Fotovoltaik Dan Diesel.....	35
Gambar 4.4. Perbandingan Produksi Energi Listrik Antara PLTMH Dan Diesel.....	36
Gambar 4.5 Biaya Proses Kinerja PLTH Fotovoltaik dengan Diesel.....	37
Gambar 4.6. Biaya Proses Kinerja PLTH Mikrohidro dengan Diesel.....	37
Gambar 4.7. Koding fungsi tujuan Algoritma Genetika PLTH Fotovoltaik dan Diesel.....	39
Gambar 4.8. Koding fungsi batasan Algoritma Genetika PLTH Fotovoltaik	

dan Diesel	40
Gambar 4.9. Fitur Optimization Tool Untuk Algoritma Genetika PLTH Fotovoltaik dan Diesel	40
Gambar 4.10 Kolom Informasi Pada Fitur Optimization Tool Aplikasi Matlab	41
Gambar 4.11. Koding fungsi tujuan Algoritma Genetika PLTH Fotovoltaik dan Diesel.....	42
Gambar 4.12. Koding fungsi batasan Algoritma Genetika PLTH Fotovoltaik dan Diesel	42
Gambar 4.13. Fitur Optimization Tool Untuk Algoritma Genetika PLTH Mikrohidro dan Diesel	43
Gambar 4.14 Kolom Informasi Pada Fitur Optimization Tool Aplikasi Matlab	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Penggunaan Beban Harian	27
Tabel 3.2 Data Rata-Rata Sinar Matahari Selama Setahun.....	27
Tabel 3.3 Data Rata-Rata Debit Air Sungai Selama Setahun	28
Tabel 3.4. Rincian Estimasi Biaya Pembangunan Dan Operasional Pembangkit Listrik Tenaga Diesel	29
Tabel 3.5. Rincian Estimasi Biaya Pembangunan Dan Operasional Photovoltaic.....	29
Tabel 3.6. Rincian Estimasi Biaya Pembangunan Dan Operasional PLTMH	29
Tabel 3.7. Jadwal Hibrida Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Dan Fotovoltaik	30
Tabel 3.8 Jadwal Hibrida Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Dan Mikrohidro	31

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan pemakaian energi dan masalah lingkungan saat ini akan mengharuskan adanya sistem energi baru dengan efisiensi yang lebih besar dan lebih bersahabat dengan lingkungan (Nuzuluddin et al., 2017). Sehingga perlu dilakukan usaha-usaha untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi minyak bumi melalui diverifikasi sumber energi termasuk pengembangan energi alternatif yang memenuhi persyaratan energi masa depan yang murah, tersedia dalam jumlah melimpah, fleksibel dan dalam penggunaan dan ramah terhadap lingkungan (Prasetya et al., 2021).

Dalam memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi listrik, tentu dalam pengoperasian sistem tenaga listrik akan ditemukan berbagai macam hambatan yang dapat menimbulkan penurunan kualitas serta kelangsungan penyaluran daya listrik ke pelanggan (Nurmela & Hiron, 2019). Pengoperasian pembangkit merupakan biaya terbesar dalam sistem tenaga listrik sehingga sangat diperlukan cara pengoperasian pembangkitan yang efisien (Kristanto et al., 2014). Solusi bagi produsen listrik terbarukan untuk menekan biaya operasi adalah dengan menentukan aliran daya yang optimal (optimal power flow) dari sumber energi terbarukan yang ada. (Aini, 2012)

Kombinasi dari sumber-sumber energi terbarukan yang ada di wilayah Rumah Sumbul Kecamatan Sinembah Tanjung Muda Hulu Kabupaten Deli Serdang diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinyu dengan efisiensi yang optimal (Djalal et al., 2017). Salah satu rencana operasi sistem tenaga listrik jangka pendek yaitu penjadwalan operasi unit pembangkit yang merupakan penentuan kombinasi unit-unit pembangkit (*Unit Commitment*) yang bekerja dan tidak perlu bekerja untuk memenuhi kebutuhan beban sistem pada suatu periode pengoptimalan pengoperasian sistem PLTH.

Penjadwalan operasi unit-unit pembangkit merupakan penentuan kombinasi yang dapat menyelesaikan permasalahan pengoptimalan yang melibatkan fungsi objektif dan konstrain berupa persamaan linear yang dapat

digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan operasi unit-unit pembangkit listrik. (Winasis & Rosyadi, 2015)

Mengingat pada Dusun Bintang Asih Desa Rumah Sumbul Kecamatan Sinembah Tanjung Muda Hulu merupakan desa yang hanya menggunakan aliran listrik konvensional dari genset pribadi dan memiliki sumber daya alam dan energi terbarukan yang cukup melimpah maka penulis ingin mengangkat judul “Analisa Sistem Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) di Dusun Bintang Asih” .

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas maka dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu:

1. Seberapa besar produksi energi listrik yang dihasilkan dari penjadwalan yang dilakukan pada penggunaan operasi sistem tenaga hibrida tersebut?
2. Pembangkit manakah yang sangat ekonomis dalam penggunaan operasi sistem tenaga hibrida tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari “Analisa Sistem Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) di Dusun Bintang Asih” yaitu:

1. Melakukan simulasi perhitungan produksi energi listrik yang dihasilkan dari penjadwalan yang dilakukan pada penggunaan operasi sistem tenaga hibrida tersebut dengan menggunakan aplikasi HOMER.
2. Melakukan simulasi analisa ekonomi terhadap sistem operasi pembangkit listrik tenaga listrik hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) di Dusun Bintang Asih Desa Rumah Sumbul Kecamatan STM Hulu menggunakan metode Algoritma Genetika.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Agar penelitian tugas akhir ini terarah tanpa mengurangi maksud dan tujuan, maka ditetapkan ruang lingkup dalam penelitian sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi banyak energi listrik yang dihasilkan oleh penjadwalan pembangkit hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) di Dusun Bintang Asih, Desa Rumah Sumbul, Kecamatan STM Hulu menggunakan aplikasi HOMER.
2. Melakukan analisis penghematan ekonomi pada operasi sistem pembangkit listrik tenaga hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) yang digunakan dengan beban yang terpasang menggunakan aplikasi HOMER dan Algoritma Genetika.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini meliputi beberapa aspek yaitu, aspek ekonomi, lingkungan dan pengetahuan. Aspek dari ekonomi yaitu memanfaatkan sumber daya alam yang sudah ada untuk dijadikan energi terbarukan dan sangat ekonomis. Kemudian dari segi lingkungan yakni menjadikan alam sebagai sumber energi yang dapat memberikan kehidupan, sedangkan untuk sisi pengetahuan yaitu memberikan informasi pada masyarakat desa akan betapa pentingnya energi baru terbarukan.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penulisan penelitian ini penulis melakukan penelitian terhadap sistem yang diterapkan. Adapun langkah-langkah penelitian adalah sebagai berikut :

1. Studi Literatur, yaitu metode yang digunakan dalam Analisa Sistem Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) di Desa Rumah Sumbul ini menggunakan kajian pustaka agar mendapat tingkat keakuratan data yang baik menjadi pertimbangan dalam diri penulis, diperlukan teori penunjang yang memadai, maupun teknik penulisan. Teori penunjang ini dapat diperoleh dari buku pengangan; jurnal ilmiah baik nasional maupun internasional, serta media online. Teori

ditekankan pada Analisa Sistem Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro), Operasi Sistem Tenaga, dan Energi Terbarukan.

2. Sistem Aplikasi perangkat lunak, Penulis akan melakukan simulasi menggunakan sistem aplikasi perangkat lunak dengan metode Algoritma Genetika.
3. Pengujian dan analisis, Pengujian merupakan metode untuk memperoleh data dari beberapa bagian aplikasi perangkat keras dan aplikasi perangkat lunak sehingga dapat diketahui apakah sudah dapat beroperasi sesuai dengan yang diinginkan, Selain itu pengujian juga digunakan untuk mendapatkan hasil dan mengetahui kemampuan kinerja dari sistem.
4. Hasil, yaitu hasil akhir penelitian.
5. Kesimpulan, yaitu kesimpulan dari seluruh proses percobaan.

1.7 Sistematis Penulisan

Adapun sistematis penulisan tugas akhir ini diuraikan secara singkat sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematis penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini. Ada juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari dasar teori dan penjelasan komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang letak lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalam penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran-saran positif untuk pengembangan penelitian ini.

BAB II

TINJUAN PUSTAKA

2. 1 Tinjauan Pustaka Relevan

Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari alam dan dapat diperbaharui seperti matahari, angin, air, biomassa, dan lain-lain. Teknologi kelistrikan untuk energi baru dan terbarukan yaitu dari sumber energi matahari dapat dipergunakan. Teknologi tergantung pada kelayakan ekonomi dan ukuran fotovoltaiik (FV) yang tepat dari komponen sehingga dapat mengatasi terjadinya pemadaman listrik.(Hidayanti & Dewangga, 2020) Lanjut dengan Pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah pembangkit yang membutuhkan energi kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. Biaya listrik tenaga air sendiri cukup rendah, yang menjadikannya kompetitif untuk sebuah energi terbarukan.(Saputra et al., 2017)

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah teknologi pembangkit yang paling umum digunakan untuk sistem tenaga listrik di daerah berbentuk pulau-pulau. Genset diesel beroperasi paling efisien pada beban tertentu, umumnya 65-80% dari kapasitas maksimum. Pembangkit listrik pulau umumnya dirancang untuk memenuhi berbagai permintaan sekaligus menjaga generator sedekat mungkin dengan beban.(Djalal et al., 2017)

Sistem Hibrida adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber yang berbeda. Tujuan utama dari sistem Hibrida pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai penyuplaian energi listrik secara optimal dan lebih ekonomis dalam penggunaan pada beban tertentu.(Dedisukma et al., 2015)

PLTH adalah singkatan dari Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida, yang memadukan dua atau lebih sistem pembangkit dan menggunakan unit kontrol untuk mengatur sistem operasi. Tujuan pengembangan teknologi hibrida ini diantaranya untuk mendapatkan daya guna optimal dengan memadukan kelebihan-kelebihan dari dua atau lebih jenis sistem pembangkit tenaga yang bekerja secara terpadu sebagai suatu sistem yang kompak.(Tharo & Andriana,

2019). Dalam sistem tenaga setiap pembangkit mempunyai biaya bahan bakar masing-masing dan berada pada jarak beban yang tidak sama dari pusat. Kapasitas seluruh pembangkit harus lebih dari kebutuhan beban dan rugi-rugi. Dalam sistem tenaga terinterkoneksi perlu dilakukan penjadwalan penyaluran daya aktif dan reaktif masing-masing pembangkit untuk meminimumkan biaya operasi. (Jhony & Dkk, 2012)

Penjadwalan operasi unit-unit pembangkit merupakan penentuan kombinasi unit-unit pembangkit yang hidup dan mati untuk memenuhi kebutuhan beban sistem pada suatu periode tertentu untuk menyelesaikan masalah penjadwalan operasi unit-unit pembangkit listrik, dimana pada kondisi awal semua pembangkit dianggap beroperasi pada tiap jamnya sehingga sistem memiliki *supply* yang berlebih akibatnya hasil operasi sistem tidak ekonomis oleh sebab itu beberapa unit harus dipertimbangkan untuk dimatikan pada periode tertentu. (Nurmela & Hiron, 2019)

Operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik merupakan aspek penting dalam manajemen sistem tenaga listrik. Tentang operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik dengan menerapkan metode iterasi lambda menggunakan komputasi paralel bertujuan untuk menentukan penjadwalan pada masing – masing unit pembangkit tenaga listrik sehingga didapatkan daya keluaran yang optimal dengan biaya total bahan bakar yang minimum dan membandingkan waktu perhitungan iterasi lambda pada operasi ekonomis pembangkit tenaga listrik dengan menggunakan komputasi paralel dan serial. (Kristanto et al., 2014)

Operasi sistem tenaga listrik harus dikelola secara efisien, efektif, dan aman. Pembangkitan dan penyaluran energi harus dilakukan seekonomis mungkin dengan tetap mempertahankan keamanan. Untuk mencapai tujuan tersebut terdapat kendala yang harus dihadapi yaitu kapabilitas kemampuan operasi generator dan kestabilan steady state sistem secara keseluruhan. Kendala ini disebabkan dalam sistem kelistrikan akan selalu terjadi perubahan daya pada beban yang mengakibatkan terjadi perubahan daya pada generator dan pembangkit disekitarnya. (Subiyanto, 2010)

Metode kecerdasan buatan merupakan salah satu teknik optimasi yang dapat menyelesaikan masalah optimasi yang kompleks. Penggunaan metode

cerdas dalam sistem tenaga listrik sudah semakin banyak, dan menunjukkan hasil yang memuaskan. (Winasis & Rosyadi, 2015). Metode simulasi yang digunakan untuk penelitian pada pembangkit tenaga hibrida yakni menggunakan aplikasi HOMER yang digabungkan dengan metode analisa genetika dari matlab untuk menghitung keluaran masuk dan keuntungan secara ekonomis dari pembangkit hibrida tersebut.

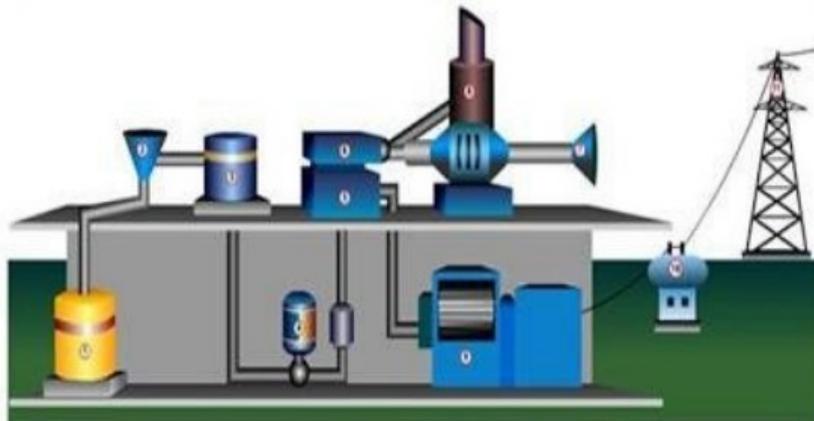
2. 2 Landasan Teori

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) adalah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai *prime mover*. *Prime mover* merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. PLTD merupakan suatu instalasi pembangkit listrik yang terdiri dari suatu unit pembangkit dan sarana pembangkitan. (Herlina, 2009)

Pada mesin Diesel Energi Bahan bakar diubah menjadi energi mekanik dengan proses pembakaran di dalam mesin itu sendiri. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel biasanya digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam jumlah beban kecil, terutama untuk daerah terpencil atau untuk listrik pedesaan dan untuk memasok kebutuhan listrik suatu pabrik.

PLTD adalah suatu stasiun pembangkit tenaga, sedangkan penggerak mulanya adalah sebuah mesin diesel yang mendapat energi dari bahan bakar cair yang dikenal sebagai minyak solar, dan merubah energi tersebut menjadi energi mekanik dan dikopel dengan sebuah generator untuk mengubah energi mekanik dari mesin diesel menjadi energi listrik. Konversi energi elektromagnetik yaitu merubah energi dari bentuk mekanik ke bentuk listrik dan bentuk listrik ke bentuk mekanik. Generator sinkron (altenator) merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik.(Jhony & Dkk, 2012)



Gambar 2.1 Bentuk PLTD

(Sumber: Herlina, 2009)

Pembebanan generator yang digunakan sebagai dasar perhitungan karena merupakan titik *service rate engine*.

Efisiensi generator yang digunakan berada di nilai 94% - 90%. Setelah itu mencari nilai daya mekanis dari turbin. Nilai efisiensi turbin tersebut didapat dari ratio antara tekanan sebelum dan sesudah turbin, yang dimana nilai efisiensi itu juga mempengaruhi nilai daya teoritis mekanis.

2.2.2 Fotovoltaik

Fotovoltaic adalah sebuah sumber energi yang elegan. Cahaya menyinari sebuah kristal dan menghasilkan listrik. Sesederhana itu. Tidak ada bagian yang bergerak. Sumber energi yang digunakan (cahaya matahari) gratis, berlimpah, terdistribusi dengan luas, dan tersedia untuk semua negara dan semua orang di dunia. Berbagai macam kelebihan dari fotovoltaik membuatnya menjadi sumber energi terbaik. Namun, dibutuhkan adanya revolusi semikonduktor dan kemajuan dalam manufaktur sebelum seluruh potensi fotovoltaik bisa didapatkan. Dalam dua dekade terakhir, industri fotovoltaik adalah industri yang paling cepat berkembang untuk ukurannya. (Christiana & Stuart Bowden Honsberg, 2016)

Ada beberapa karakteristik penting pada energi matahari yang merupakan kunci untuk menentukan bagaimana cahaya tersebut berinteraksi dengan sebuah konverter fotovoltaik atau benda lainnya. Karakteristik penting dari energi matahari adalah:

- a. Konten spektral dari cahaya;
- b. Rapat daya pancaran matahari;

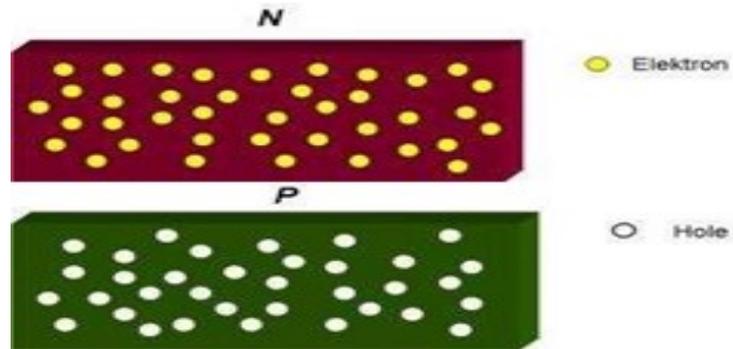
- c. Sudut datang saat radiasi matahari mengenai modul fotovoltaik; dan
- d. Energi radiasi dari matahari sepanjang tahun atau sepanjang hari untuk sebuah permukaan tertentu.

2.2.3 Panel Surya (*Solar Cell*)

Solar Cell biasa disebut dengan panel surya adalah alat yang terdiri dari sel surya yang mengubah cahaya menjadi listrik. Mereka disebut surya atau matahari atau “sol” karena matahari merupakan sumber cahaya yang dapat dimanfaatkan. Panel surya sering kali disebut sel Fotovoltaik, Fotovoltaik dapat diartikan sebagai “cahaya listrik”. Sel surya bergantung pada efek Fotovoltaik untuk menyerap energi. Proses perubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa semikonduktor. (Tharo & Andriana, 2019) Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor; yakni jenis n dan jenis p . Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, ($n =$ negatif). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ($p =$ positif) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar di bawah ini. (Christiana and Stuart Bowden Honsberg, 2016)

Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. (Effendi & Yuana, 2016) Di dalam semikonduktor alami ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor. Dua jenis semikonduktor n dan p ini jika disatukan akan membentuk sambungan p - n atau dioda p - n . Istilah lain menyebutnya dengan sambungan metalurgi (metallurgical junction) yang dapat digambarkan sebagai berikut. (Hidayanti & Dewangga, 2020)

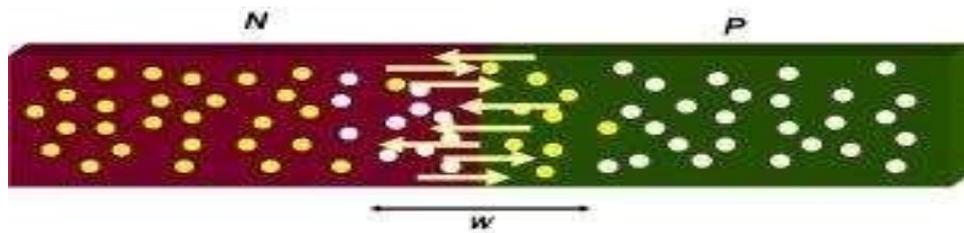
- a. Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.



Gambar 2.2 Semikonduktor jenis p dan n sebelum disambung.

(Sumber: Hidayanti & Dewangga, 2020)

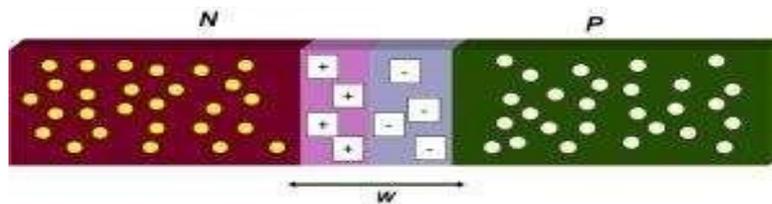
- b. Sesaat setelah dua jenis semikonduktor ini disambung, terjadi perpindahan elektron-elektron dari semikonduktor n menuju semikonduktor p, dan perpindahan *hole* dari semikonduktor p menuju semikonduktor n.



Gambar 2.3 Setelah dua jenis semikonduktor ini disambung

(Sumber: Hidayanti & Dewangga, 2020)

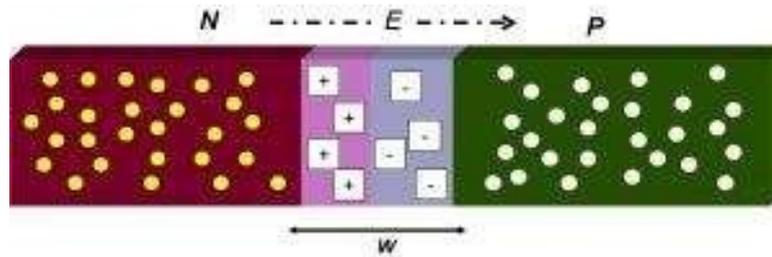
- c. Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p yang mengakibatkan jumlah *hole* pada semikonduktor p akan berkurang. Daerah ini akhirnya berubah menjadi lebih bermuatan negatif. Pada saat yang sama, hole dari semikonduktor p bersatu dengan elektron yang ada pada semikonduktor n yang mengakibatkan jumlah elektron di daerah ini berkurang. Daerah ini akhirnya lebih bermuatan positif.



Gambar 2.4 Elektron dari semikonduktor n bersatu dengan hole pada semikonduktor p

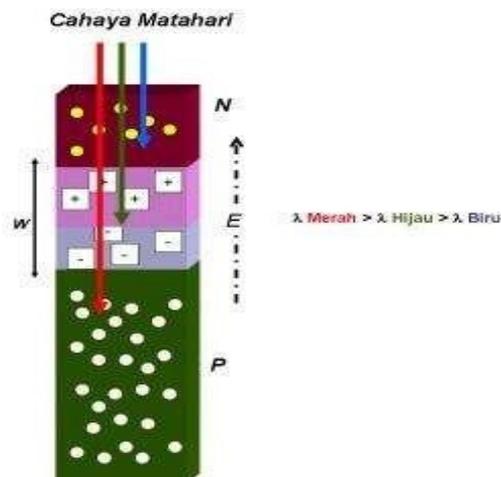
(Sumber: Hidayanti & Dewangga, 2020)

- d. Dikarenakan adanya perbedaan muatan positif dan negatif di daerah deplesi, maka timbul dengan sendirinya medan listrik internal E dari sisi positif ke sisi negatif, yang mencoba menarik kembali *hole* ke semikonduktor p dan elektron ke semikonduktor n. Medan listrik ini cenderung berlawanan dengan perpindahan *hole* maupun elektron pada awal terjadinya daerah deplesi.



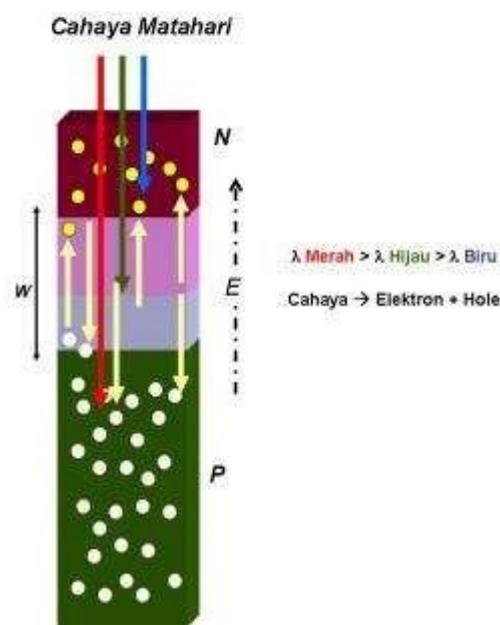
Gambar 2.5 Adanya Perbedaan Muatan Positif Dan Negatif Di Daerah Deplesi
(Sumber: Hidayanti & Dewangga, 2020)

Pada sambungan p-n inilah proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi. (Zakri et al., 2014) Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.



Gambar 2.6 Proses konversi cahaya matahari menjadi listrik terjadi
(Sumber: Hidayanti & Dewangga, 2020)

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan *hole* pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi electron hole yakni, terbentuknya pasangan elektron dan *hole* akibat cahaya matahari.(Zakri et al., 2014)

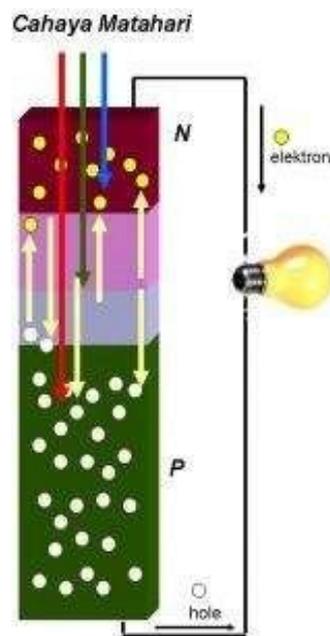


Gambar 2.7 Fotogenerasi *Electron Hole*

(Sumber: Hidayanti & Dewangga, 2020)

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lamda” sebagian di gambar atas) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula. Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n.

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E , elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n , begitu pula dengan *hole* yang tertarik ke arah semikonduktor p . Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambar 2.8 1 Arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.

(Sumber: Hidayanti & Dewangga, 2020)

Pada alat ini *solar cell* digunakan sebagai sumber energi pengganti listrik untuk mengisi ulang baterai sekunder (*charger*) yang digunakan untuk memenuhi beban yang diperlukan.

2.2.4 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

Defenisi yang paling umum dalam menjelelaskan pemanfaatan tenaga air secara kecil adalah penggunaan aliran air sungai untuk menghasilkan energi listrik. Pengertian skala kecil untuk microhidro yaitu sekitar dibawah 500kW. Pembangkit listrik tenaga mikohidro/PLTMH ialah suatu bentuk dari perubahan tenaga air dari ketinggian atau debit tertentu untuk dimanfaatkan sebagai tenaga listrik, dengan cara memanfaatkan turbin air sebagai penggerak untuk

memutar generator.

Daya keluaran dari generator biasa dihasilkan perkalian dari efisiensi turbin dan generator dari rumus diatas. Daya yang dapat dihasilkan ialah hasil kali dari tinggi jatuhnya air dan debit air, oleh karena itu keberhasilan pembangkit listrik tenaga air bergantung pada upaya untuk bisa mendapatkan tinggi jatuh air dan debit yang besar secara efektif.(Sukamta & Kusmantoro, 2013)

Bentuk dari pembangkit listrik tenaga air adalah generator yang dihubungkan pada turbin dan digerakan oleh energi kinetik berupa air. Tetapi secara menyeluruh, pembangkit listrik tenaga air tidak terbatas dari waduk maupun air terjun, melainkan juga meliputi energi dalam bentuk gelombang air laut yang juga dapat di manfaatkan sebagai energi pembangkit listrik tenaga gelombang laut. (Adikurniawan, Dkk. 2017).

1. Komponen Pembangkit Listrik Tenaga mikohidro/PLTMH Ada beberapa komponen yang digunakan dalam sistem pembangkit listrik tenaga mikohidro baik dari bagian komponen utama atau bagian penunjang diantaranya sebagai berikut :
 - a. Dam
Dam atau biasa di sebut bendungan (*intake*). Dam berfungsi sebagai mengarahkan air melalui sebuah celah pada bagian sisi sungai untuk selanjutnya ditampung dalam bak pengendap.
 - b. Bak pengendap (*setting basin*).
Bak pengendap di gunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir yang terbawa oleh air.
 - c. Bak penenang (*forebay*).
Bak penenang berfungsi sebagai pencegah turbulensi air sebelum dikeluarkan melewati pipa pesat.
 - d. Pipa pesat (*Penstock*).
Pipa pesat disambungkan kedalam sebuah elevasi yang lebih rendah ke dalam roda air yang biasa disebut dengan turbin. Turbin digunakan untuk mengkonfersi energi kinetik berupa air dan selanjutnya di konversikan ke energi putaran mekanis.

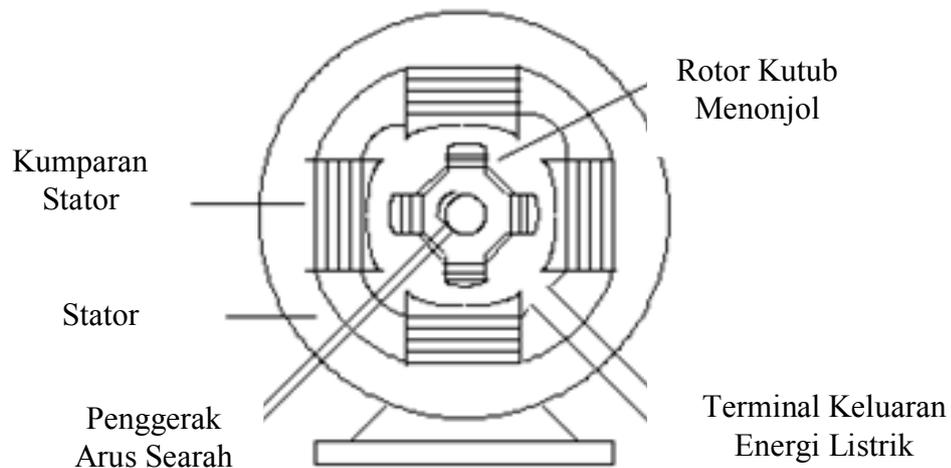
e. Generator.

Generator berguna sebagai penghasil energi listrik dari putaran energi mekanis.

f. Panel control.

Panel control berfungsi sebagai penstabil tegangan

Dalam pembangkit listrik tenaga mikro hidro peran Generator yakni suatu alat yang mampu mengubah energi mekanis untuk dirubah menjadi energi Listrik. Energi mekanis bisa didapatkan dari panas, air, uap, batubara, dan lain-lain. Energi listrik yang bisa dihasilkan dari keluaran generator bisa berupa Listrik AC (bolak-balik) ataupun Listrik DC (searah).



Gambar 2.9 Skema Generator PLTMH

(Sumber: Adikurniawan, Dkk. 2017).

Umumnya gaya gerak listrik didapat dari memanfaatkan dari perubahan magnet. Sumber untuk bisa mendapatkan energi mekanik dapat diperoleh dari turbin/kincir air yang memanfaatkan dari aliran air sungai atau bendungan (Dam). Generator arus searah/sinkron dapat menghasilkan arus DC dikarenakan konstruksi dari generator sinkron dilengkapi dengan komutator dan sedangkan pada generator Arus bolak-balik dapat menghasilkan arus listrik AC dikarenakan konstruksi generator yang menyebabkan arah arus berbalik pada setiap setengah putarannya. (Poea et al., 2013)

Untuk menggerakkan turbin dibutuhkan Debit penggunaan yang tingkat kepenggunaan tertentu direncanakan sebagai sumber air untuk operasional

PLTMH. Untuk menentukan besarnya debit penggunaan dibutuhkan seri data debit yang panjang yang dimiliki oleh setiap stasiun pengamatan debit. Metode yang sering dipakai untuk analisis debit penggunaan adalah metode statistik (rangking). Penetapan rangking dilakukan menggunakan analisis probabilitas dengan rumus Weibul. Debit penggunaan 80% berarti bahwa probabilitas debit tersebut untuk disamai atau dilampaui sebesar 80% yang berarti juga bahwa kegagalan kemungkinan terjadi dengan probabilitas sebesar 100% dikurangi 80% atau boleh dikatakan sebesar 20%. Setelah diperoleh debit penggunaan, maka selanjutnya debit penggunaan tersebut digunakan untuk perhitungan kapasitas tenaga air. (Saputra et al., 2017)

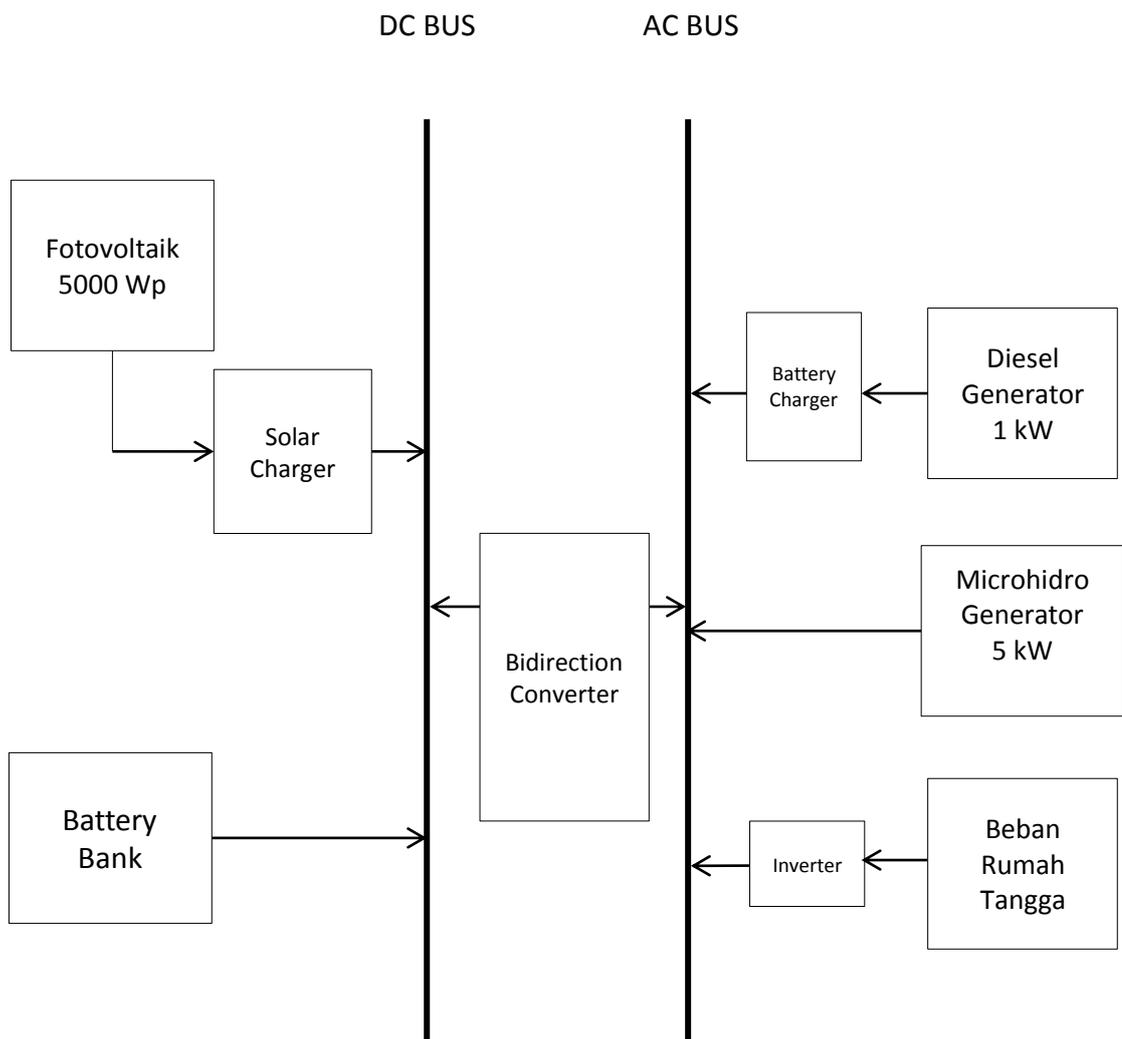
Pada debit penggunaan diperlukan Perencanaan Kapasitas Tenaga Air untuk merencanakan kemampuan tenaga air memproduksi daya listrik. Kapasitas pembangkit listrik tenaga mikrohidro ditentukan dari debit yang dialirkan ke pembangkit dan tinggi jatuh efektif yang ada. Debit yang diambil adalah debit penggunaan dan tinggi jatuhnya diusahakan semaksimal mungkin berdasarkan kondisi topografi. Berikut adalah cara perhitungan tinggi jatuh efektif dan daya yang dihasilkan: (Dedisukma et al., 2015)

2.2.5 Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (PLTH)

Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid (PLTH) didefinisikan sebagai suatu sistem pembangkit tenaga listrik yang menggabungkan dua atau lebih pembangkit dengan sumber energi yang berbeda, umumnya digunakan untuk isolated grid, sehingga diperoleh sinersgi yang memberikan keuntungan ekonomis maupun teknis. Pembangkit listrik tenaga hibrida (PLTH) adalah gabungan atau integrasi antara beberapa jenis pembangkit listrik berbasis BBM dengan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan umumnya sistem pembangkit yang banyak digunakan untuk PLTH adalah generator diesel, pembangkit listrik tenaga surya (PLTS), mikrohidro, pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB). Dalam studi ini, PLTH terdiri dari PLTD, PLTMH dan Fotovoltaik. Ketiga jenis pembangkit ini dioperasikan bersamaan dan dihubungkan pada satu rel (busbar) untuk memikul beban. Kontribusi daya masing-masing jenis pembangkit setiap saat tidak tetap, mengingat PLTMH dan Fotovoltaik sangat

tergantung dari kondisi alam.

Pada sistem ini, generator dan inverter harus didesain agar dapat melayani beban puncak. Pada sistem ini sejumlah besar energi yang dibangkitkan dilewatkan melalui baterai, siklus baterai bank menjadi naik dan mengurangi efisiensi sistem, daya listrik dari genset di searahkan dan diubah kembali menjadi AC sebelum disuplai ke beban sehingga tidak terjadi rugi – rugi yang signifikan.



Gambar 2.10 Contoh Skema Rangkaian Hibrida

Pada Fotovoltaik dan PLTD yang menggunakan sistem paralel, beban disuplai baik dari generator diesel maupun inverter secara paralel. Bi-directional converter digunakan untuk menjembatani antara baterai dan sumber AC.

2.2.6 Operasi Sistem Tenaga Listrik

Pembagian beban pembangkit dalam suatu operasi sistem tenaga listrik merupakan hal yang penting untuk mencapai suatu operasi yang optimal. Diperlukan koordinasi yang tepat dalam melakukan penjadwalan pembebanan besarnya daya listrik yang dibangkitkan oleh masing-masing pembangkit listrik, sehingga diperoleh biaya pembangkit yang minimum. Dalam pengoperasian pembangkit, diperlukan suatu metoda untuk menekan biaya operasi dari suatu pembangkit. Pengoperasian unit-unit pembangkit pada permintaan daya tertentu dalam suatu stasiun dilakukan dengan mendistribusikan beban di antara unit-unit pembangkit dalam stasiun tersebut. Pada beban dasar misalnya, untuk mengoptimalkan operasi pembangkit, sistem hanya dicatu dengan pembangkit yang paling berdayaguna pada beban-beban yang ringan. Jika terjadi peningkatan beban maka daya akan dicatu oleh stasiun yang paling berdayaguna hingga titik daya guna maksimum stasiun tersebut tercapai. Langkah awal untuk mengetahui pengoptimalan dari pengoperasian pembangkit adalah dengan mengetahui distribusi yang paling ekonomis dari keluaran suatu stasiun di antara generator-generator, atau antara unit-unit pembangkit dalam stasiun tersebut. Pada umumnya, perluasan pembangkitan sistem akibat penambahan permintaan daya pada beban dilakukan dengan menambah unit-unit pembangkit pada stasiun yang telah ada. Biasanya setiap unit pembangkit dalam suatu stasiun mempunyai karakteristik yang berbeda-beda sehingga diperlukan suatu penjadwalan pengoperasian setiap unit pembangkit untuk suatu pembebanan tertentu pada sistem tanpa mempertimbangkan kehilangan daya pada saluran transmisi. diperoleh suatu pengoperasian pembangkit yang optimal untuk menekan biaya operasi. (Ilmi et al., 2015)

Operasi sistem tenaga listrik berhubungan dengan biaya operasi yang besar dan kualitas yang diberikan oleh produsen kepada konsumen. Pengoperasian pembangkit merupakan biaya terbesar dalam sistem tenaga listrik sehingga sangat diperlukan cara pengoperasian pembangkitan yang efisien. Salah satu solusi bagi produsen listrik untuk menekan biaya operasi adalah dengan menentukan aliran daya yang optimal (*optimal power flow*). (Jhony & Dkk, 2012) Operasi sistem tenaga listrik pada frekuensi tetap dikatakan berada pada kondisi “daya seimbang”

jika total daya nyata yang dibangkitkan sama dengan total beban sistem. Pengoperasian pembangkit listrik tenaga termal secara ekonomis dipengaruhi oleh karakteristik pembangkit, batas – batas daya keluaran pembangkit, dan biaya bahan bakar untuk mengoperasikan pembangkit.

Biaya tambahan untuk bahan bakar suatu unit untuk setiap keluaran daya yang ditetapkan adalah limit perbandingan kenaikan biaya masukan bahan bakar dalam dolar per jam terhadap kenaikan keluaran daya yang bersesuaian dalam satuan megawatt pada saat kenaikan keluaran daya mendekati nol. Biaya bahan bakar tambahan untuk masing-masing unit dalam suatu pembangkit hampir linear secara kasat mata jika ditinjau. Persamaan-persamaan yang menyatakan biaya bahan bakar tambahan sebagai linear terhadap sistem operasi penjadwalan tersebut.(Willian D. Stevenson. JR, 1983)

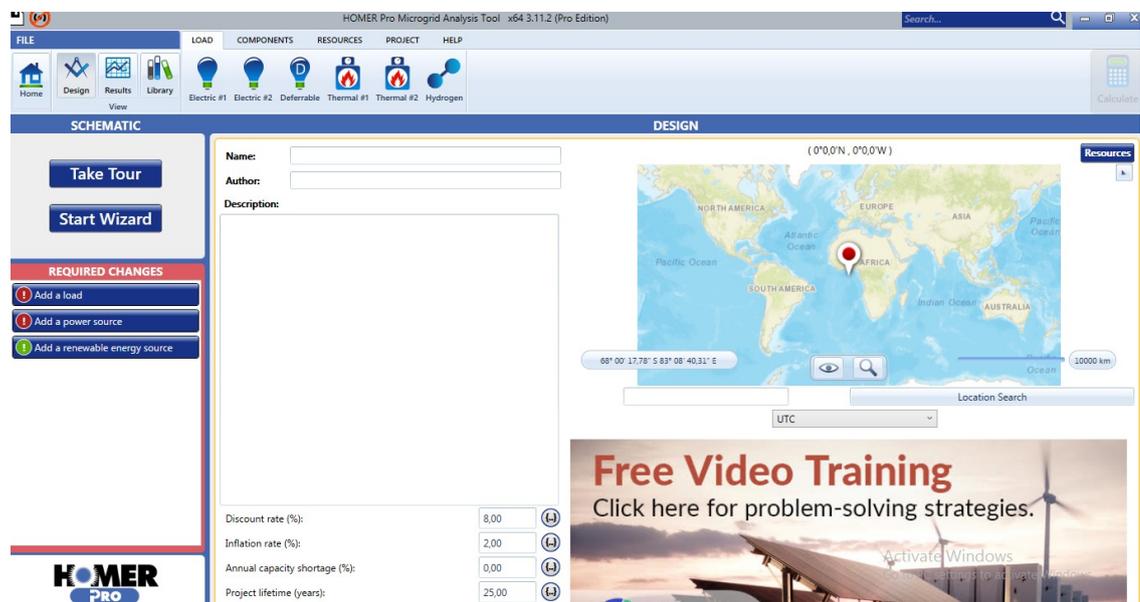
Secara keseluruhan dalam pengoperasian Optimisasi aliran daya merupakan salah satu masalah dalam analisa sistem tenaga yang berperan penting dalam analisa perencanaan sistem tenaga baik dalam pengadaan sistem yang baru maupun pengembangan sistem yang telah ada. Optimisasi aliran daya sebagai suatu studi sistem tenaga yang memberikan banyak informasi yang antara lain berupa sudut fasa tegangan tiap bus dalam sistem, besar daya pembangkitan dan beban aktif maupun reaktif pada tiap bus dan informasi lain. Aliran daya dapat juga dipakai untuk memperoleh kondisi awal pada analisa kestabilan. Dua langkah utama perhitungan optimisasi aliran daya sistem tenaga listrik adalah perhitungan aliran daya dan optimisasi biaya operasi pembangkit sebagai pemberi daya. Biaya bahan bakar adalah faktor utama dalam stasiun pembangkit yang menggunakan bahan bakar fosil perlu diminimisasi melalui pembebanan ekonomis. Total tingkat biaya dari sistem tersebut adalah jumlah dari biaya bahan bakar masing-masing unit pembangkit.(Subiyanto, 2005).

2.2.7. Aplikasi HOMER Pro

HOMER Pro merupakan model pengoptimalan daya mikro, menyederhanakan tugas mengevaluasi desain sistem daya off-grid dan yang terhubung ke jaringan untuk berbagai aplikasi. Optimalisasi HOMER dan algoritme analisis sensitivitas memudahkan untuk mengevaluasi banyak

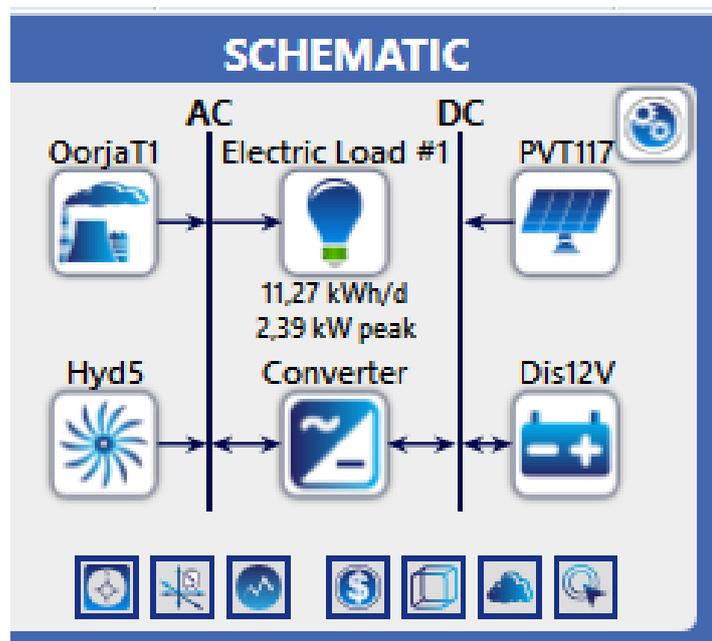
kemungkinan konfigurasi sistem energi listrik. Untuk menggunakan HOMER, pengguna menyediakan model dengan input, yang menjelaskan pilihan teknologi, biaya komponen, dan ketersediaan sumber daya. (Wijaya et al., 2014) HOMER menggunakan input ini untuk mensimulasikan konfigurasi sistem yang berbeda, atau kombinasi komponen, dan menghasilkan hasil yang dapat dilihat sebagai daftar konfigurasi yang layak diurutkan berdasarkan biaya sekarang bersih. HOMER juga menampilkan hasil simulasi dalam berbagai tabel dan grafik yang membantu pengguna membandingkan konfigurasi dan mengevaluasinya di manfaat ekonomi dan teknis. Pengguna dapat mengekspor tabel dan grafik untuk digunakan dalam laporan dan presentasi. (Kurniasih & Nazir, 2015)

Ketika Pengguna ingin mengeksplorasi efek perubahan pada faktor-faktor seperti ketersediaan sumber daya dan kondisi ekonomi mungkin berpengaruh pada efektivitas biaya konfigurasi sistem yang berbeda, Pengguna dapat menggunakan model untuk melakukan analisis sensitivitas. Untuk melakukan analisis sensitivitas, Pengguna berikan HOMER dengan nilai sensitivitas yang menggambarkan berbagai sumber daya ketersediaan dan biaya komponen.



Gambar 2.11 Tampilan Utama Aplikasi HOMER Pro

HOMER mensimulasikan setiap sistem konfigurasi pada rentang nilai. Pengguna dapat menggunakan hasil analisis sensitivitas untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memiliki dampak terbesar pada desain dan operasi sistem tenaga. (Efisiensi et al., 2020) Pengguna juga bisa menggunakan Hasil analisis sensitivitas HOMER untuk menjawab pertanyaan umum tentang pilihan teknologi untuk menginformasikan perencanaan dan keputusan kebijakan. HOMER mensimulasikan operasi sistem dengan membuat keseimbangan energi perhitungan di setiap langkah waktu dalam setahun. Untuk setiap langkah waktu, HOMER membandingkan permintaan listrik dan termal dalam langkah waktu itu dengan energi yang dapat disuplai sistem dalam langkah waktu itu, dan menghitung aliran energi ke dan dari setiap komponen sistem. Untuk sistem yang mencakup baterai atau generator bertenaga bahan bakar, HOMER juga memutuskan di setiap langkah waktu bagaimana mengoperasikan generator dan apakah akan mengisi daya atau mengosongkan baterai. HOMER melakukan perhitungan keseimbangan energi ini untuk setiap sistem konfigurasi yang ingin dipertimbangkan.



Gambar 2.12 Contoh Sistematis Rangkaian Hibrida Aplikasi HOMER Pro

Kemudian menentukan apakah konfigurasi layak, (yaitu apakah dapat memenuhi permintaan listrik di bawah kondisi yang ditentukan), dan memperkirakan biaya menginstal dan mengoperasikan sistem selama masa proyek. Itu perhitungan biaya sistem memperhitungkan biaya seperti modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar, dan bunga. HOMER Pro memiliki dua algoritma optimasi. Pencarian grid asli algoritma mensimulasikan semua konfigurasi sistem yang layak didefinisikan oleh Ruang Pencarian. HOMER kemudian menampilkan daftar konfigurasi, diurutkan berdasarkan biaya sekarang bersih (terkadang disebut biaya siklus hidup), yang dapat digunakan untuk membandingkan sistem pilihan desain. Saat Pengguna mendefinisikan variabel sensitivitas sebagai input, HOMER mengulangi proses optimasi untuk setiap variabel sensitivitas yang ditentukan. (HOMER, 2016)

2.2.8. Algoritma Genetika

Konsep dasar algoritma genetika adalah mengelola suatu populasi individu yang merepresentasikan kandidat solusi sebuah penjadwalan (Arifudin, 2011). Solusi-solusi tersebut dievaluasi menggunakan fungsi fitness, dan seterusnya dilakukan seleksi, pindah silang (crossover), dan mutasi. Pada penelitian ini metode seleksi yang digunakan yaitu seleksi roda roulette (Roulette-wheel Selection) dan pindah silang dilakukan dengan penyilangan satu titik (One-point Crossover). Algoritma genetika ini diusulkan dengan salah satu tujuan untuk mempermudah proses pengalokasian waktu untuk setiap kegiatan dalam sebuah proyek sesuai aturan atau keadaan tertentu, karena setiap masalah yang berbentuk adaptasi dapat diformulasikan dalam terminologi genetis dan bagi proyek dengan kombinasi permasalahan yang cukup kompleks, konsep matematis murni tidak mampu lagi mengakomodasi pencarian solusi permasalahan, sehingga harus menggunakan metode yang cocok untuk mendapatkan solusi penjadwalan yang optimal. (Sugeha et al., 2019)

Algoritma genetika masuk dalam kelompok *evolutionary Algorithm* yang didasari prinsip-prinsip genetika atau seleksi alam. Elemen-elemen dasar dari genetika alam adalah reproduksi, crossover, dan mutasi. Elemen-elemen ini yang digunakan lama prosedur Algoritma Genetika. Algoritma Genetika ini banyak

dipakai dalam penyelesaian masalah kombinasi seperti TSP, VRP, penjadwalan, perhitungan ekonomi hingga permasalahan kontrol sistem. Algoritma Genetika termasuk pelopor dalam pendekatan metaheuristik. Genetika Algoritma termasuk temuan penting dalam bidang optimisasi. Dalam Genetika Algoritma prosedur pencarian hanya didasarkan pada nilai fungsi tujuan, tidak ada gradient atau teknik kalkulus. (Santosa. B. Ai Jin. T, 2017)

2.2.9. Break Event Point

Break Event Point merupakan keadaan dimana nilai investasi dan pendapatan berada di titik 0 (nol) atau dapat dikatakan berada pada kondisi tidak mengalami kerugian dan tidak mengalami keuntungan. (Niu et al., 2016) Nilai *Break Event Point* diperlukan investor atau penanam modal dalam sebuah proyek untuk menghitung tahun ke berapa modal kembali dan mengalami keuntungan. Secara matematis Nilai *Break Event Point* dapat ditemukan dengan persamaan berikut:

$$BEP = \frac{Fixed\ Cost}{COE-Variable\ Cost} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana:

- BEP = Nilai Titik Balik Modal
- Fixed Cost = Biaya Tetap
- Harga Jual = Biaya jual ke konsumen
- Variable Cost = Biaya Perusahaan

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui untuk mendapatkan titik pengembalian modal atau *Break Event Point*. Untuk mengetahui pendapatan yang harus diterima agar terjadi *Break Event Point* digunakan persamaan sebagai berikut.

$$Pendapatan\ BEP = Nilai\ BEP \times Harga\ Jual \dots\dots\dots(2)$$

Dan untuk target balik modal nilai BEP dapat digunakan persamaan berikut:

$$Target\ Balik\ Modal = \frac{Biaya\ Operasional}{Pendapatan\ per\ Tahun} \dots\dots\dots(3)$$

Dari persamaan diatas maka target balik modal tercapai di tahun ke n untuk investasi atau proyek yang sedang dimulai atau berjalan. (Bagaskoro. et al, 2019)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat

Dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dilakukan dengan pengambilan data langsung pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, Pembangkit Listrik Tenaga Surya, dan Generator Diesel yang ada di Dusun Kuta Bintang Asih, Desa Rumah Sumbul, Kecamatan Sinembah Tanjung Muda Hulu, Kabupaten Deli Serdang, Provinsi Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian tugas akhir ini berlangsung dimulai dari bulan 15 Februari 2021 sampai 30 Juni 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini alat dan bahan yang digunakan untuk melakukan analisa dan pengolahan data adalah sebagai berikut:

1. Generator Diesel 1 kW
2. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro 5 kW
3. Panel Surya 5000 Wp
4. Laptop ASUS A45V dengan prosesor Core i3 generasi 2
5. Aplikasi HOMER Pro.
6. Aplikasi Matlab
7. Penyimpanan Data praktis
8. Peralatan Reperasi Elektronik
9. Alat ukur kelistrikan
10. Kendaraan Bermotor

3.3 Data Penelitian

Berikut data-data yang digunakan pada penelitian Analisa Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) di Dusun Bintang Asih Desa Rumah Sumbul.

3.3.1. Data Beban Listrik Harian

Berikut data beban listrik harian yang terdapat di Dusun Bintang Asih Desa Rumah Sumbul.

Tabel 3.1. Penggunaan Beban Harian

Pukul (WIB)	Beban Harian (kW)
00.00	0,050
01.00	0,052
02.00	0,052
03.00	0,055
04.00	0,067
05.00	0,082
06.00	0,102
07.00	0,115
08.00	0,130
09.00	0,211
10.00	0,230
11.00	0,257
12.00	0,282
13.00	0,300
14.00	0,329
15.00	0,317
16.00	0,349
17.00	0,368
18.00	0,410
19.00	0,432
20.00	0,458
21.00	0,215
22.00	0,101
23.00	0,062

3.3.2 Data Cahaya Matahari Dan Debit Air Sungai Di Dusun Bintang Asih

Berikut data rata-rata sinar matahari selama yang berada di wilayah Dusun Bintang Asih Desa Rumah Sumbul Kecamatan Tiga Juhar selama setahun.

Tabel 3.2 Data Rata-Rata Sinar Matahari Selama Setahun

Bulan	Indeks Kecerahan	Radiasi Harian (kWh/m ² /hari)
Januari	0,463	4,490
Februari	0,492	4,990
Maret	0,480	5,020
April	0,471	4,870

Mei	0,480	4,770
Juni	0,488	4,710
Juli	0,468	4,560
Agustus	0,447	4,520
September	0,413	4,270
Oktober	0,420	4,280
November	0,418	4,080
Desember	0,434	4,130

(Sumber: Rimbawati et al., 2018)

Adapun data rata-rata debit air sungai yang berada di wilayah Dusun Bintang Asih Desa Rumah Sumbul Kecamatan Sinembah Tanjung Muda Hulu selama setahun.

Tabel 3.3 Data Rata-Rata Debit Air Sungai Selama Setahun

Bulan	Debit Air Sungai (m ³ /s)
Januari	152
Februari	48
Maret	48
April	62
Mei	149
Juni	114
Juli	153
Agustus	196
September	438
Oktober	322
November	173
Desember	198

(Sumber: Rimbawati et al., 2018)

3.3.3. Spesifikasi Pembangkit Tenaga Listrik Hibrida

Pembangkit listrik tenaga hibrida yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, Pembangkit Listrik Tenaga Diesel dengan kapasitas daya sebesar 1,5 kW dengan penggunaan bahan bakar jenis Bensin oktan 90, kemudian Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan Kapasitas daya Generator sebesar 10 kW dan daya yang dihasilkan hanya 5 kW dan juga terdapat pembangkit listrik fotovoltaik dengan kapasitas daya 5 kWp dengan Inverter 5 kW yang kemudian disimpan menggunakan Baterai Jenis Lead Acid ukuran 24 V 40 Ah.

3.3.4 Biaya Pembangunan Dan Operasional PLTH

Rincian biaya yang digunakan untuk pembangunan dan operasional pada pembangkit listrik tenaga hibrida (Diesel, Photovoltaic, dan Mikrohidro) diuraikan sebagai berikut.

Tabel 3.4. Rincian Estimasi Biaya Pembangunan Dan Operasional Pembangkit Listrik Tenaga Diesel

Kegiatan	Estimasi Biaya	Penggunaan Biaya
Pembelian Pembangkit Listrik Tenaga Diesel	Rp.2.300.000,-/Buah	Sekali
Bahan Bakar	Rp. 7.800,-/Liter	Setiap 2 Jam
Pelumas Mesin Diesel	Rp. 50.000,-/Botol	Setiap 1 Bulan
Lain-Lain	Rp. 100.000,-	Setiap 1 Bulan

Tabel 3.5. Rincian Estimasi Biaya Pembangunan Dan Operasional Photovoltaic

Kegiatan	Estimasi Biaya	Penggunaan Biaya
Perakitan Photovoltaic	Rp. 5.000.000,-	Sekali
Konverter	Rp. 1.600.000,-	Sekali
MPPT	Rp. 1.800.000,-	Sekali
Baterai	Rp. 2.100.000,-	Sekali
Lain-lain	Rp. 500.000,-	Setiap tahun

Tabel 3.6. Rincian Estimasi Biaya Pembangunan Dan Operasional PLTMH

Kegiatan	Estimasi Biaya	Penggunaan Biaya
Pembangunan PLTMH	Rp. 150.000.000,-	Sekali
Operasional dan Perbaikan	Rp. 6.000.000,-/tahun	Setiap tahun
Lain-Lain	Rp. 500.000,-/tahun	Setiap tahun

3.3.5. Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Pada Penelitian ini penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida dilakukan dengan melakukan penjadwalan pada Pembangkit Fotovoltaik dengan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel yang tugasnya menggantikan Pembangkit Fotovoltaik ketika pembangkit tersebut tidak mampu melayani saat beban puncak sedang berlangsung. Berikut data penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Diesel dengan Fotovoltaik.

Tabel 3.7. Jadwal Hibrida Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Dan Fotovoltaik

Jam (Wib)	Hari											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	okt	Nov	Des
00.00	Red											
01.00	Red											
02.00	Red											
03.00	Red											
04.00	Red											
05.00	Red											
06.00	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Red	Red	Green
07.00	Green											
08.00	Green											
09.00	Green											
10.00	Green											
11.00	Green											
12.00	Green											
13.00	Green											
14.00	Green											
15.00	Green											
16.00	Green											
17.00	Green											
18.00	Green											
19.00	Green											
20.00	Green											
21.00	Green	Red	Green	Green								
22.00	Red	Green	Red	Red	Green	Green	Green	Red	Red	Red	Green	Red
23.00	Red											

Keterangan:

-  Pembangkit Fotovoltaik Sedang Menyala
-  Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Sedang Menyala

Sama halnya dengan Pembangkit Fotovoltaik, penjadwalan pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan Pembangkit Listrik Tenaga Diesel yaitu menggantikan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro ketika pembangkit tersebut tidak mampu melayani saat beban puncak sedang berlangsung. Berikut data penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Diesel dengan Mikrohidro.

Tabel 3.8 Jadwal Hibrida Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Dan Mikrohidro

Jam (Wib)	Hari											
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agst	Sep	okt	Nov	Des
00.00												
01.00												
02.00												
03.00												
04.00												
05.00												
06.00												
07.00												
08.00												
09.00												
10.00												
11.00												
12.00												
13.00												
14.00												
15.00												
16.00												
17.00												
18.00												
19.00												
20.00												
21.00												
22.00												
23.00												

Keterangan:

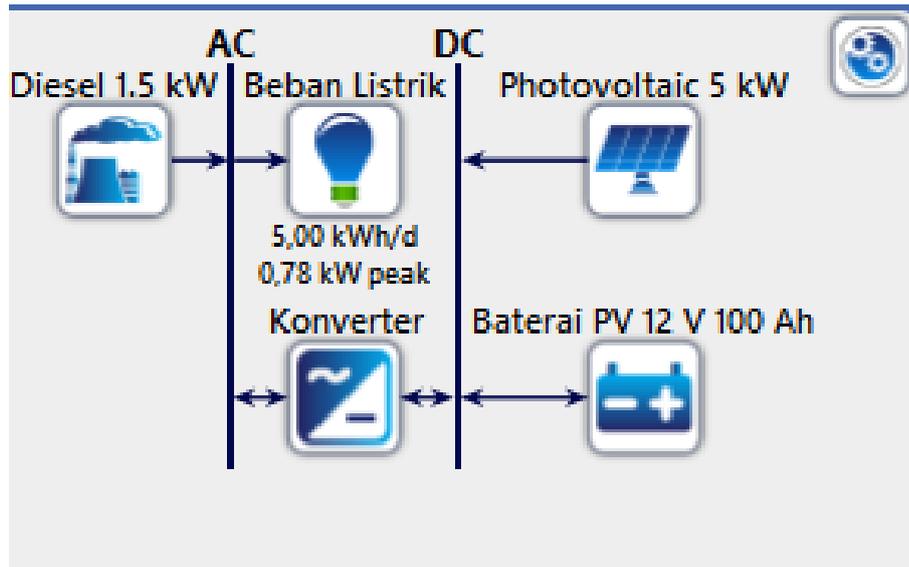


Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Sedang Menyala

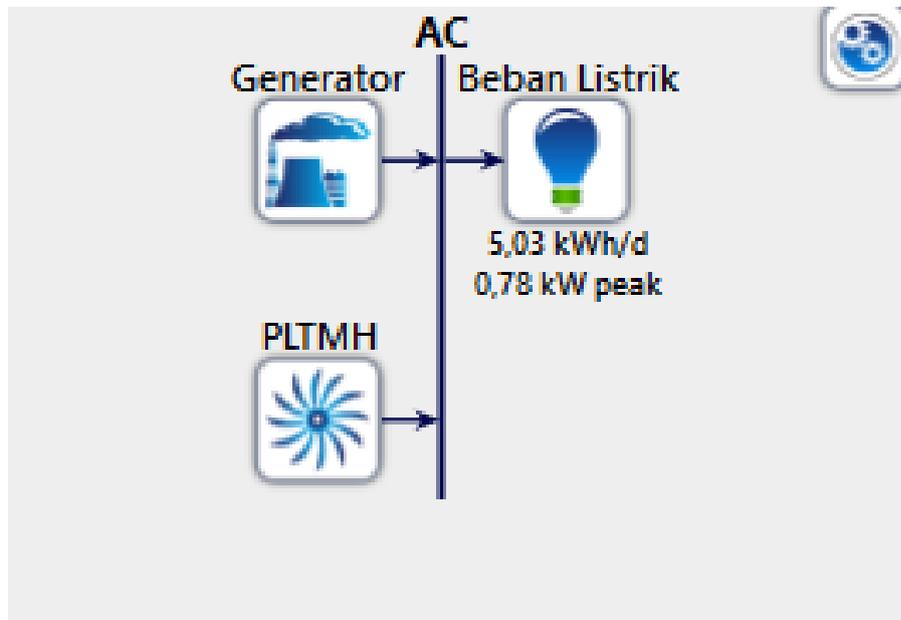
Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Sedang Menyala

3.3.6. Desain Sistematis Skema Rangkaian Hibrida Pada Aplikasi HOMER

Berikut gambar desain sistematis skema rangkaian hibrida untuk pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel dan pembangkit listrik tenaga hibrida mikrodro dengan diesel yang akan dibahas pada penelitian ini.



Gambar 3.1. Skema Rangkaian Hibrida Fotovoltaik Dengan Diesel



Gambar 3.2. Skema Rangkaian Hibrida Mikrohidro Dengan Diesel

3.4 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu dengan cara pengumpulan data dari lapangan untuk selanjutnya dilakukan simulasi menggunakan aplikasi perangkat lunak. Dalam penelitian ini, pengumpulan data yang ada digunakan untuk simulasi pengendalian sistem pembangkit dalam penggunaan beban. Pada metode simulasi ini, data yang sudah dikumpulkan selanjutnya diolah menggunakan aplikasi HOMER Pro untuk mengetahui hasil

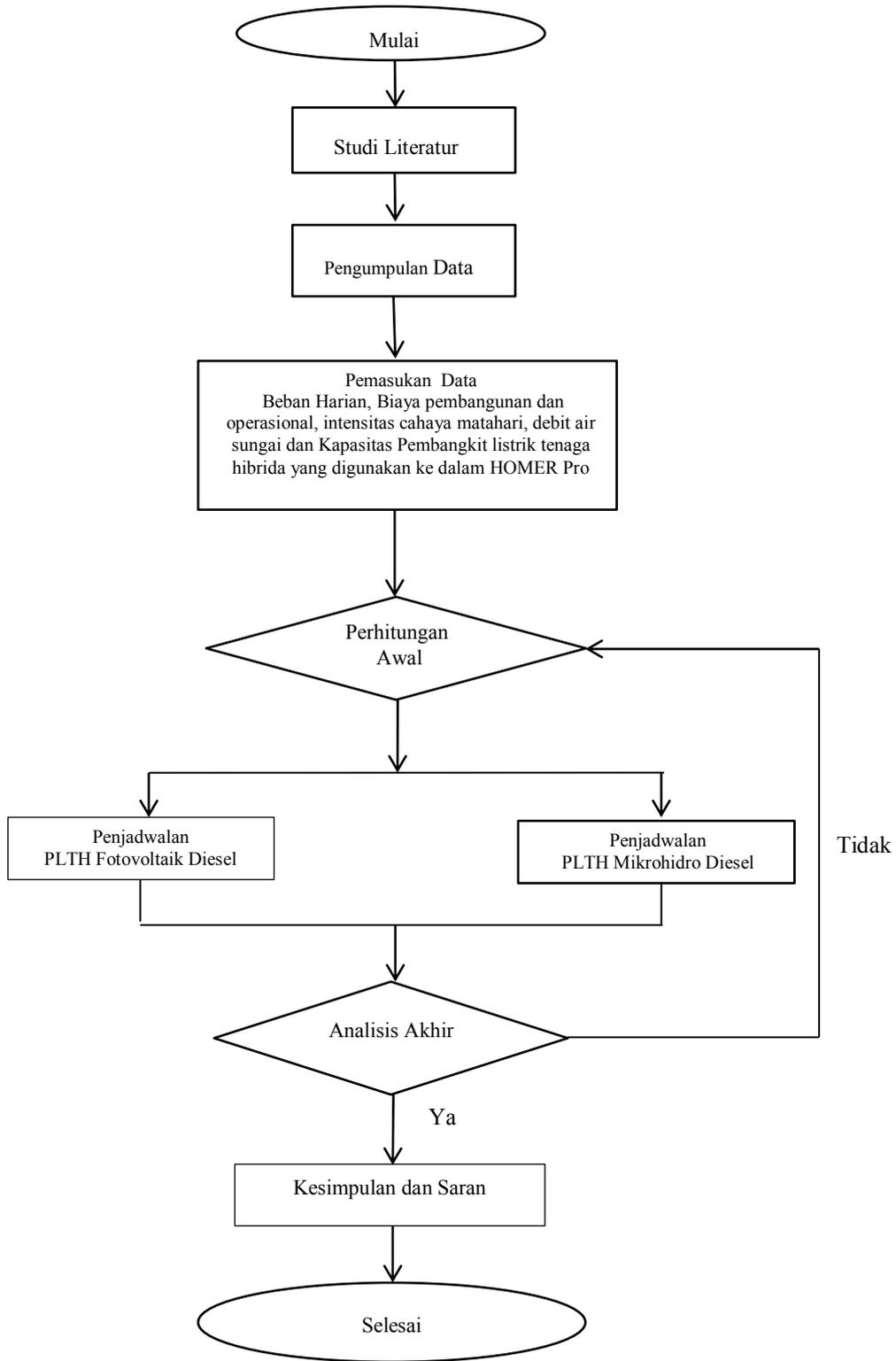
yang diperoleh dari data lapangan, sehingga dapat diterapkan hasil dari penelitian ini pada keadaan yang sebenarnya. Dari simulasi ini diharapkan akan diperoleh konfigurasi penjadwalan yang paling ekonomis sehingga dapat mengurangi biaya operasional pembangkit listrik tenaga hibrida untuk suplai energi listrik di desa Rumah Sumbul ini.

3.5. Prosedur Penelitian

Penelitian dan pengambilan data direncanakan akan dilakukan pada bulan April sampai Juli 2021 bertempat di Dusun Bintang Asih, Desa Rumah Sumbul, Kec. Sinembah Tanjung Muda Hulu, Kab. Deli Serdang. Adapun langkah-langkah yang harus dilakukan dan diketahui dalam pelaksanaan tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Menentukan tema dengan cara melakukan studi literatur untuk memperoleh berbagai sumber teori dan konsep untuk mendukung penelitian yang akan dilaksanakan
2. Menyiapkan alat dan bahan penelitian
3. Melakukan pengumpulan data penelitian
4. Membuat perhitungan persamaan karakteristik pembangkit
5. Melakukan Penjadwalan pada setiap pembangkit
6. Melakukan pengumpulan hasil data penjadwalan
7. Melakukan analisis data pada data hasil percobaan penjadwalan
8. Melakukan simulasi pada hasil percobaan menggunakan HOMER Pro
9. Melakukan analisis ekonomis menggunakan metode algoritma genetika
10. Menarik kesimpulan dari hasil penelitian dan analisa yang telah dilaksanakan.
11. Selesai

Untuk selanjutnya proses jalannya penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir pada gambar 3.1 berikut ini.



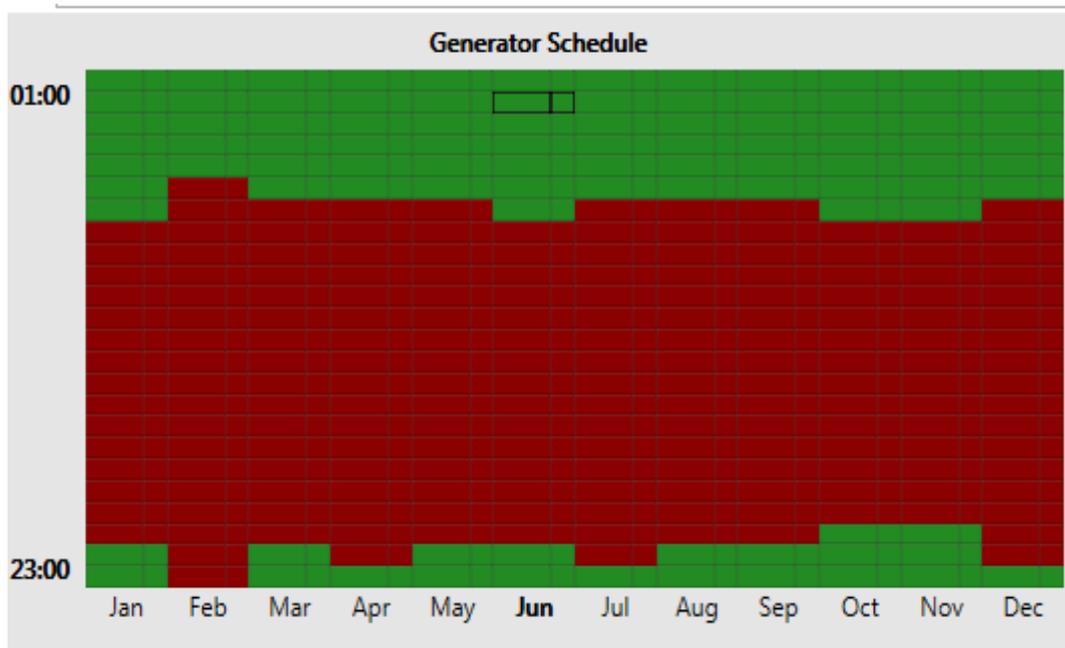
Gambar 3.3 Bagan Alir Penelitian

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tingkat Penghematan Energi Listrik Dari Penjadwalan Pada PLTH

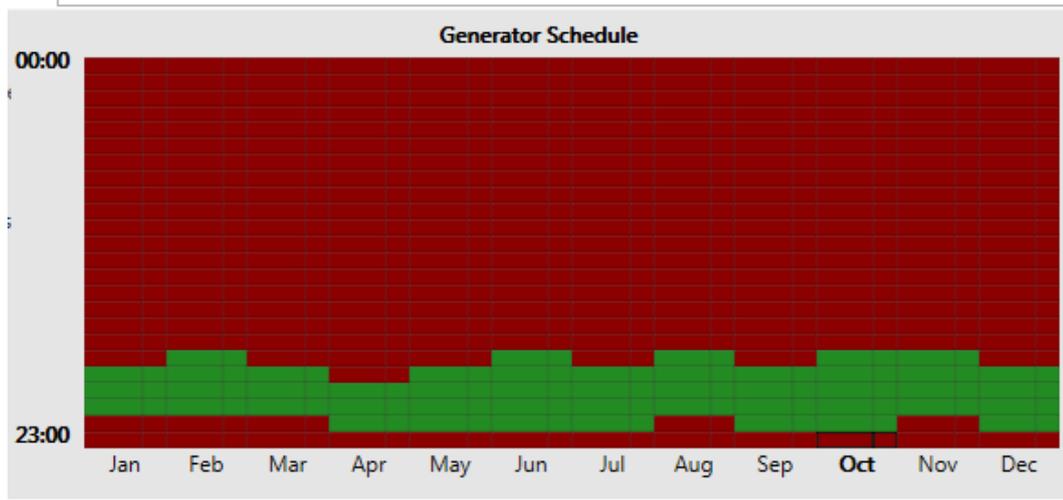
4.1.1. Hasil Penjadwalan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

Berdasarkan penjadwalan pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro diesel yang dilakukan di lapangan menghasilkan beberapa perbandingan pada setiap pembangkit listrik yang digunakan. Berikut sistem penjadwalan yang dilakukan untuk pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel sebagai berikut.



Gambar 4.1. Penjadwalan PLTH Fotovoltaik dan Diesel Melalui Aplikasi HOMER

Pada gambar 4.1. menunjukkan bahwa pembangkit listrik tenaga diesel yang lebih aktif untuk menyuplai energi listrik pada saat baterai pembangkit fotovoltaik sedang mengalami kehabisan energi. Untuk pembangkit listrik tenaga diesel ditunjukkan dengan warna hijau dan rata-rata operasi selama 8 jam/hari. Untuk sistem penjadwalan pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dengan diesel yang dilakukan dapat dilihat sebagai berikut.

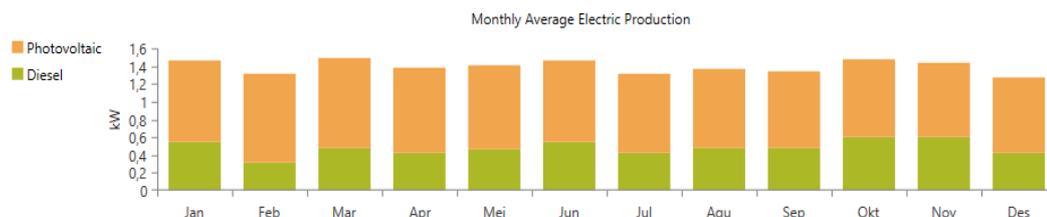


Gambar 4.2. Penjadwalan PLTH Mikrohidro dan Diesel Melalui Aplikasi HOMER

Pada gambar 4.2. menunjukkan bahwa pembangkit listrik tenaga diesel yang tidak terlalu aktif untuk menyuplai energi listrik. Pembangkit listrik tenaga diesel menyala pada saat pembangkit listrik tenaga mikrohidro tidak dapat melayani saat beban puncak berlangsung. Untuk pembangkit listrik tenaga diesel ditunjukkan dengan warna hijau dan rata-rata operasi selama 4 jam/hari.

4.1.2. Perbandingan Optimisasi Produksi Listrik PLTH

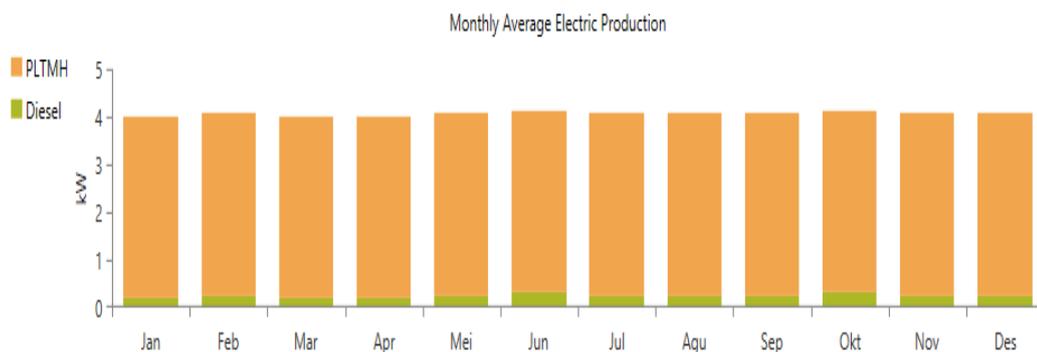
Simulasi dan optimisasi dengan menggunakan HOMER menghasilkan beberapa konfigurasi yang berbeda sesuai dengan batasan minimum kontribusi energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga hibrida. Hasil produksi energi listrik pada penjadwalan dari pembangkit listrik tenaga hibrida antara Fotovoltaik dengan Diesel dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan Diesel dapat dilihat pada histogram berikut ini.



Gambar 4.3. Perbandingan Produksi Energi Listrik Antara Fotovoltaik Dan Diesel

Dari gambar histogram diatas menunjukkan peran pembangkit listrik tenaga diesel lebih dominan memproduksi energi listrik ketika penjadwalan pembangkit listrik tenaga hibrida antara fotovoltaik yang ditunjukkan pada histogram berwarna jingga dengan diesel yang ditunjukkan pada histogram berwarna hijau sedang berlangsung untuk menutupi ketidakmampuan pembangkit fotovoltaik melayani saat beban puncak sedang berlangsung. Total rata-rata dari optimisasi pembangkit listrik tenaga hibrida yaitu pada pembangkit listrik tenaga diesel sebesar 34,8% dengan total produksi 4,24 MW/tahun dan pembangkit fotovoltaik sebesar 65,2% dengan total produksi 7,94 MW/tahun. Pada pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik diesel menghasilkan produksi energi listrik sebesar 12,20 MW/tahun.

Untuk hasil simulasi produksi energi listrik dari penjadwalan yang dilakukan pada pembangkit listrik tenaga hibrida antara pembangkit listrik tenaga mikrohidro dengan diesel dapat dilihat pada gambar histogram dibawah ini.



Gambar 4.2. Perbandingan Produksi Energi Listrik Antara PLTMH Dan Diesel

Dari gambar histogram diatas menunjukkan peran pembangkit listrik tenaga mikrohidro lebih dominan memproduksi energi listrik ketika penjadwalan pembangkit listrik tenaga hibrida antara pembangkit listrik tenaga mikrohidro yang ditunjukkan pada histogram berwarna jingga dengan diesel yang ditunjukkan pada histogram berwarna hijau sedang berlangsung untuk menutupi ketidakmampuan pembangkit listrik tenaga mikrohidro melayani saat beban puncak sedang berlangsung. Total rata-rata dari optimisasi pembangkit listrik tenaga hibrida yaitu pada pembangkit listrik tenaga diesel sebesar 5,8% dengan

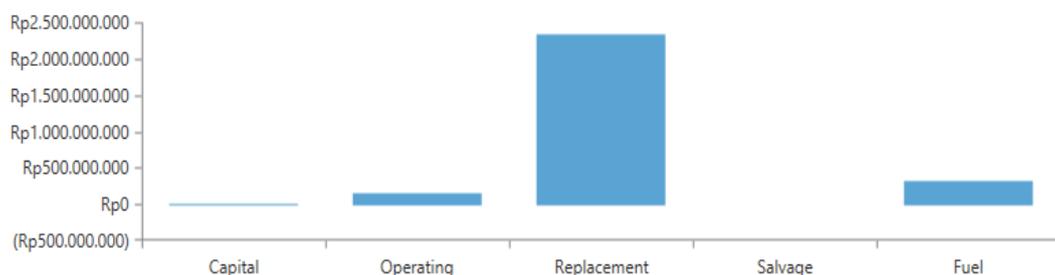
total produksi 2,07 MW/tahun dan pembangkit listrik tenaga mikrohidro sebesar 94,2% dengan total produksi 33,5 MW/tahun. Pada pembangkit listrik tenaga hibrida PLTMH diesel menghasilkan produksi energi listrik sebesar 35,6 MW/tahun.

Berdasarkan hasil simulasi penjadwalan yang telah dilakukan terhadap pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel dan PLTMH dengan diesel menggunakan aplikasi HOMER, maka pembangkit listrik tenaga hibrida PLTMH diesel lebih besar dengan memproduksi energi listrik sebesar 35,6 MW/tahun dibandingkan dengan pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik diesel yang hanya memproduksi energi listrik sebesar 12,20 MW/tahun. Dari kedua pembangkit listrik tenaga hibrida, produksi energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel dan mikrohidro dengan diesel telah mencapai target yang diharapkan yakni sebesar 2 MW/tahun.

4.2. Analisis Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida

4.2.1. Simulasi Ekonomi Pembangkit Tenaga Hibrida Dengan HOMER

Simulasi ekonomi pembangkit listrik tenaga hibrida dengan HOMER menghasilkan perbandingan ekonomi antara Pembangkit Fotovoltaik dengan Diesel dan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dengan Diesel dari penjadwalan yang telah dilakukan dan disajikan pada grafik histogram sebagai berikut.

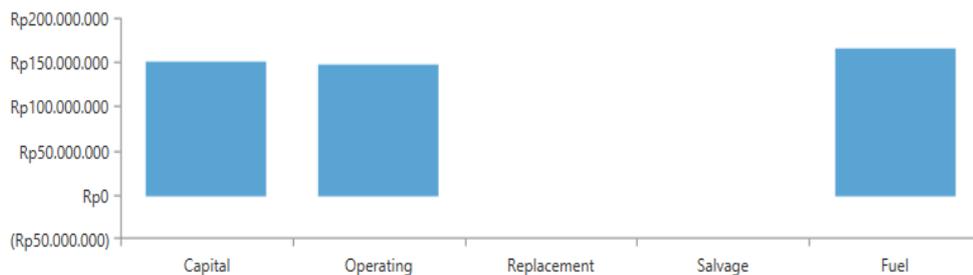


Gambar 4.5 Biaya Proses Kinerja PLTH Fotovoltaik dengan Diesel

Pada grafik histogram di atas menunjukkan bahwa pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel mengeluarkan biaya sebesar Rp. 2.885.597.000,- dengan rincian biaya pembangunan kedua pembangkit sebesar

Rp. 15.572.884,-, biaya operasi kedua pembangkit sebesar Rp. 171.550.213,- , biaya pergantian komponen dari kedua pembangkit sebesar Rp. 2.355.740.516,- dan biaya bahan bakar untuk pembangkit listrik tenaga diesel sebesar Rp. 342.192.397,-. Selama 25 tahun.

Untuk hasil simulasi biaya dari pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dengan diesel dapat dilihat dari grafik histogram dibawah ini.



Gambar 4.6. Biaya Proses Kinerja PLTH Mikrohidro dengan Diesel

Berdasarkan grafik histogram yang berada diatas pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dengan diesel mengeluarkan biaya sebesar Rp. 467.545.800,- dengan rincian biaya pembangunan sebesar Rp. 152.300.000,- biaya operasional sebesar Rp. 147.904.027,- dan biaya bahan bakar untuk pembangkit listrik tenaga diesel sebesar Rp. 167.224.149,- selama 25 tahun.

4.2.2. Optimasi Ekonomis Pembangkit Tenaga Hibrida Dengan Algoritma Genetika

Optimasi ekonomis pembangkit listrik tenaga hibrida dengan algoritma genetika digunakan untuk membuktikan pembangkit yang paling layak digunakan dilapangan diantara kedua pembangkit hibrida yang disimulasikan dengan penjadwalan pada aplikasi HOMER melalui bantuan aplikasi Matlab. Berikut bahasa pemogramman untuk fungsi tujuan algoritma genetika pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel.

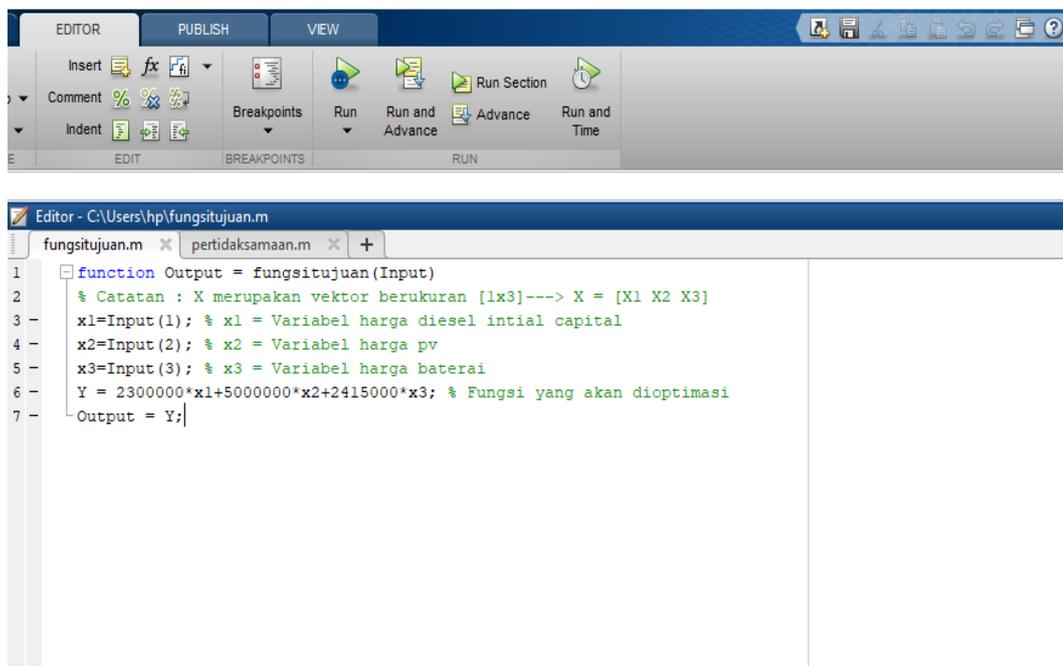
```
function Output = fungsitujuan(Input)
% Catatan : X merupakan vektor berukuran [1x3]---> X = [X1 X2
X3]
x1=Input(1); % x1 = Variabel harga diesel intial capital
```

```

x2=Input(2); % x2 = Variabel harga pv
x3=Input(3); % x3 = Variabel harga baterai
Y = 2300000*x1+5000000*x2+2415000*x3; % Fungsi yang akan
dioptimasi
Output = Y;

```

Selanjutnya bahasa pemrograman fungsi dan tujuan untuk algoritma genetika pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel tersebut dituliskan didalam lembar editor pada aplikasi matlab untuk melakukan pemasukan data fungsi tujuan untuk proses analisa algoritma genetika.



4.7. Koding fungsi tujuan Algoritma Genetika PLTH Fotovoltaik dan Diesel

Selanjutnya menuliskan bahasa pemrograman untuk fungsi batasan algoritma genetika pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel dibawah ini.

```

function [C Ceq] = pertidaksamaan(Input)
x1=Input(1); % x1 = Variabel harga diesel intial capital
x2=Input(2); % x2 = Variabel harga pv
x3=Input(3); % x3 = Variabel harga baterai

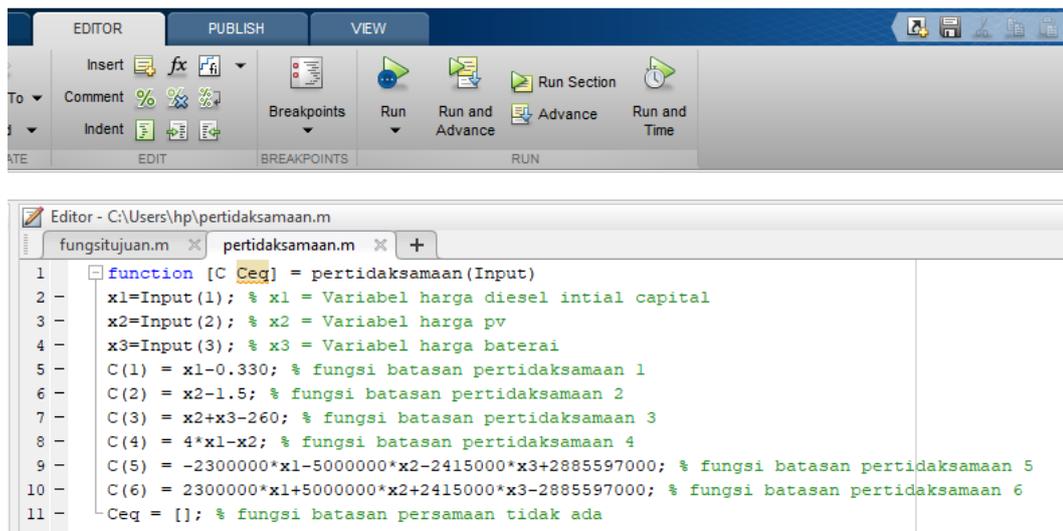
```

```

C(1) = x1-0.330; % fungsi batasan pertidaksamaan 1
C(2) = x2-1.5; % fungsi batasan pertidaksamaan 2
C(3) = x2+x3-260; % fungsi batasan pertidaksamaan 3
C(4) = 4*x1-x2; % fungsi batasan pertidaksamaan 4
C(5) = -2300000*x1-5000000*x2-2415000*x3+2885597000; % fungsi
batasan pertidaksamaan 5
C(6) = 2300000*x1+5000000*x2+2415000*x3-2885597000; % fungsi
batasan pertidaksamaan 6
Ceq = []; % fungsi batasan persamaan tidak ada

```

Kemudian bahasa pemrograman fungsi batasan untuk algoritma genetika pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel tersebut dituliskan didalam lembar editor pada aplikasi matlab untuk melakukan pemasukan data fungsi batasan untuk proses analisa algoritma genetika.



The screenshot shows the MATLAB Editor interface with the 'pertidaksamaan.m' file open. The code defines a function that takes an input vector and returns a column vector of constraint values. The constraints are defined as follows:

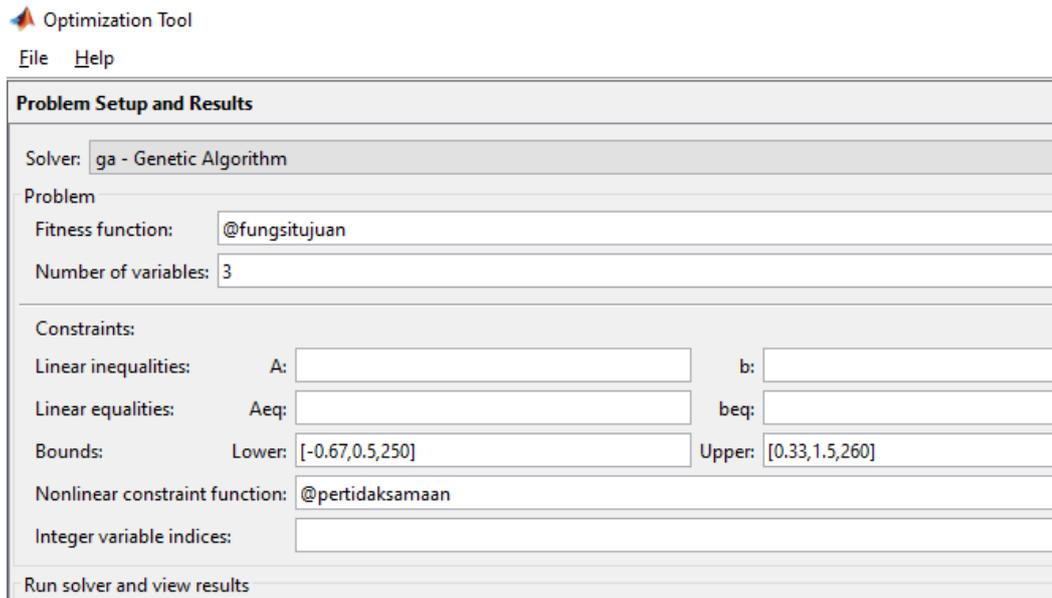
```

function [C Ceq] = pertidaksamaan(Input)
x1=Input(1); % x1 = Variabel harga diesel intial capital
x2=Input(2); % x2 = Variabel harga pv
x3=Input(3); % x3 = Variabel harga baterai
C(1) = x1-0.330; % fungsi batasan pertidaksamaan 1
C(2) = x2-1.5; % fungsi batasan pertidaksamaan 2
C(3) = x2+x3-260; % fungsi batasan pertidaksamaan 3
C(4) = 4*x1-x2; % fungsi batasan pertidaksamaan 4
C(5) = -2300000*x1-5000000*x2-2415000*x3+2885597000; % fungsi batasan pertidaksamaan 5
C(6) = 2300000*x1+5000000*x2+2415000*x3-2885597000; % fungsi batasan pertidaksamaan 6
Ceq = []; % fungsi batasan persamaan tidak ada

```

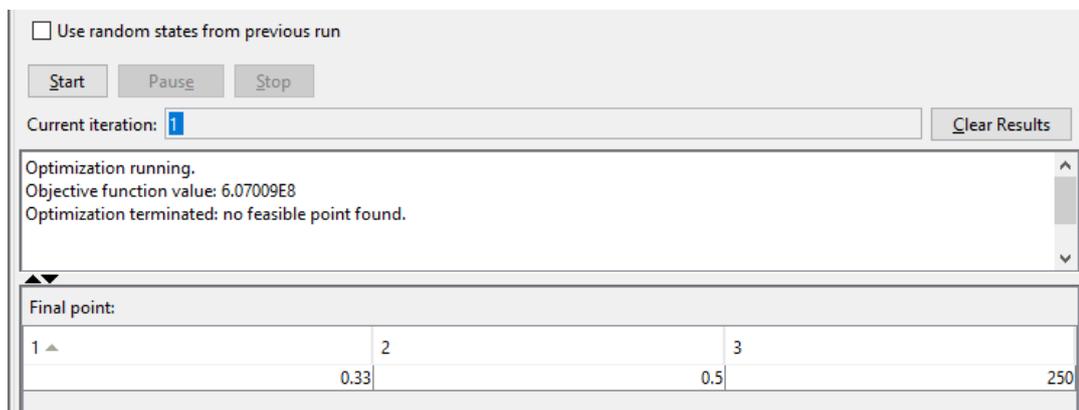
Gambar 4.8. Koding fungsi batasan Algoritma Genetika PLTH Fotovoltaik dan Diesel

Setelah melakukan penulisan bahasa pemrograman untuk fungsi tujuan dan fungsi batasan selanjutnya melakukan analisis hasil dari program yang telah dibuat dengan menggunakan fitur *optimization tool* pada aplikasi matlab.



Gambar 4.9. Fitur Optimization Tool Untuk Algoritma Genetika

Selanjutnya file editor untuk fungsi tujuan dan fungsi batasan dimasukkan kedalam kolom *fitness function* dan kolom *non linear constraint function* pada *optimization tool* tersebut. Kemudian hasil analisis algoritma genetika akan muncul dikolom informasi.



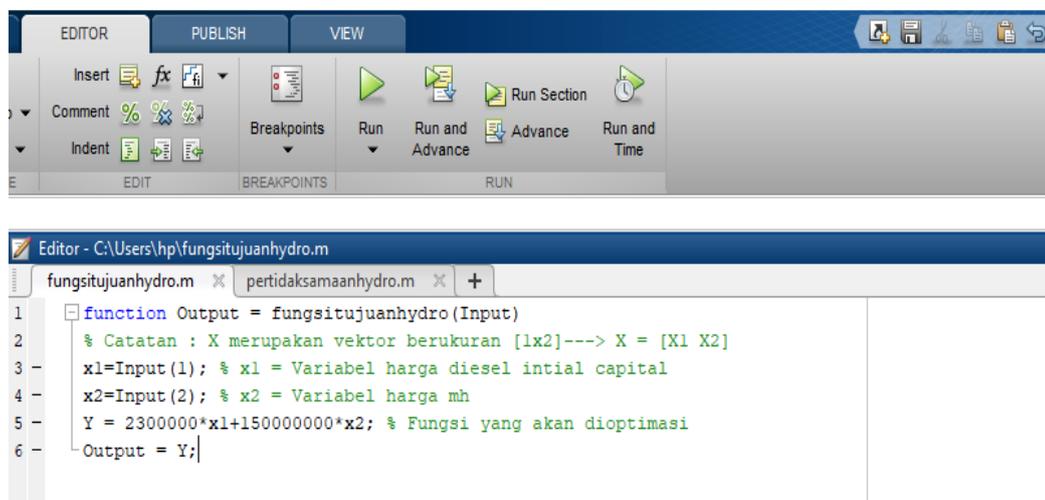
Gambar 4.10 Kolom Informasi Pada Fitur Optimization Tool Aplikasi Matlab

Pada gambar 4.8 dapat dilihat hasil dari analisis algoritma genetika pada pembangkit hibrida fotovoltaik dengan diesel memiliki keuntungan sebesar Rp. 607.009.000,- dari total biaya keseluruhan sebesar Rp. 2.885.597.000,-

Sama halnya dengan pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel analisis algoritma genetika berlaku juga pada pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dengan diesel. Berikut bahasa pemrograman untuk fungsi tujuan algoritma genetika pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dengan diesel.

```
function Output = fungsitujuanhydro(Input)
% Catatan : X merupakan vektor berukuran [1x2]---> X=[X1 X2]
x1=Input(1); % x1 = Variabel harga diesel intial capital
x2=Input(2); % x2 = Variabel harga mh
Y = 2300000*x1+150000000*x2; % Fungsi yang akan dioptimasi
Output = Y;
```

Selanjutnya bahasa pemrograman fungsi dan tujuan untuk algoritma genetika pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel tersebut dituliskan didalam lembar editor pada aplikasi matlab untuk melakukan pemasukan data fungsi tujuan untuk proses analisa algoritma genetika.



4.11. Koding fungsi tujuan Algoritma Genetika PLTH Fotovoltaik dan Diesel

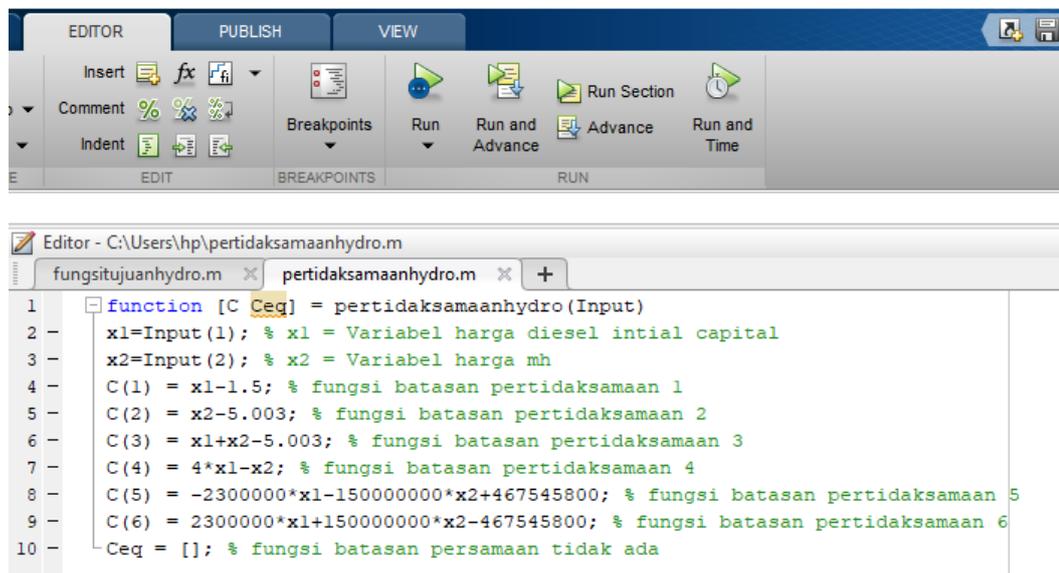
Selanjutnya menuliskan bahasa pemrograman untuk fungsi batasan algoritma genetika pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel dibawah ini.

```

function [C Ceq] = pertidaksamaanhydro(Input)
x1=Input(1); % x1 = Variabel harga diesel intial capital
x2=Input(2); % x2 = Variabel harga mh
C(1) = x1-1.5; % fungsi batasan pertidaksamaan 1
C(2) = x2-5.003; % fungsi batasan pertidaksamaan 2
C(3) = x1+x2-5.003; % fungsi batasan pertidaksamaan 3
C(4) = 4*x1-x2; % fungsi batasan pertidaksamaan 4
C(5) = -2300000*x1-150000000*x2+467545800; % fungsi batasan
pertidaksamaan 5
C(6) = 2300000*x1+150000000*x2-467545800; % fungsi batasan
pertidaksamaan 6
Ceq = []; % fungsi batasan persamaan tidak ada

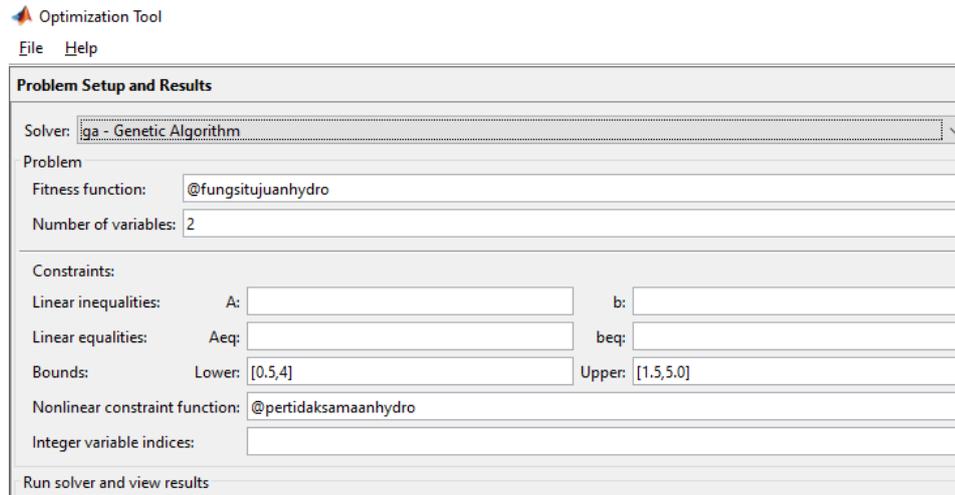
```

Kemudian bahasa pemrograman fungsi batasan untuk algoritma genetika pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel tersebut dituliskan didalam lembar editor pada aplikasi matlab untuk melakukan pemasukan data fungsi batasan untuk proses analisa algoritma genetika.



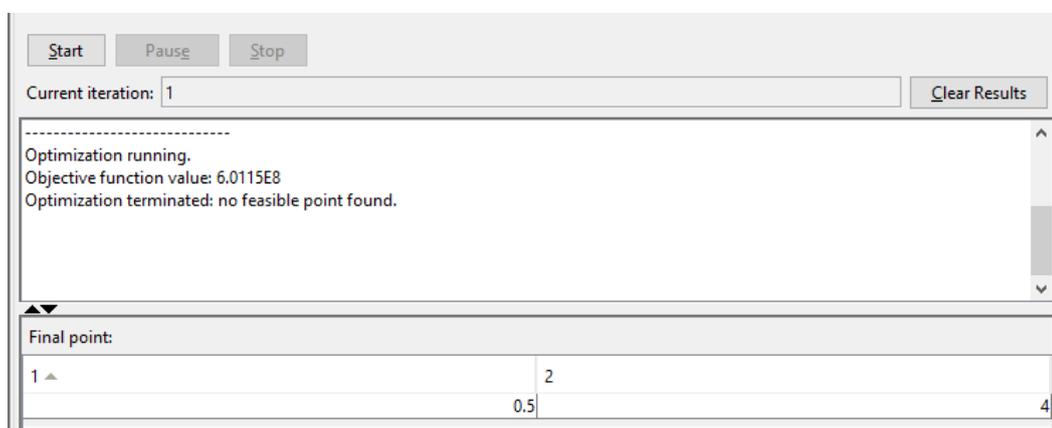
Gambar 4.12. Koding fungsi batasan Algoritma Genetika PLTH Fotovoltaik dan Diesel

Setelah melakukan penulisan bahasa pemrograman untuk fungsi tujuan dan fungsi batasan selanjutnya melakukan analisis hasil dari program yang telah dibuat dengan menggunakan fitur *optimization tool* pada aplikasi matlab.



Gambar 4.13 Fitur Optimization Tool Untuk Algoritma Genetika

Selanjutnya file editor untuk fungsi tujuan dan fungsi batasan dimasukkan kedalam kolom *fitness function* dan kolom *non linear constraint function* pada *optimization tool* tersebut. Kemudian hasil analisis algoritma genetika akan muncul dikolom informasi.



Gambar 4.14 Kolom Informasi Pada Fitur Optimization Tool Aplikasi Matlab

Pada gambar 4.13 dapat dilihat hasil dari analisis algoritma genetika pada pembangkit hibrida mikrohidro dengan diesel memiliki keuntungan sebesar Rp. 601.150.000,- dari total biaya keseluruhan sebesar Rp. 467.545.800,-

4.2.3. Perhitungan *Break Event Point* (BEP)

Nilai BEP diperlukan untuk memperkirakan pada tahun berapa pembangkit listrik tenaga hibrida akan mengalami keuntungan atau pengembalian modal. Dikarenakan aplikasi HOMER tidak dapat menghitung nilai BEP maka nilai BEP dapat di hitung secara manual untuk pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel dan pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dengan diesel.

Dengan mengetahui rata – rata biaya operasional Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida fotovoltaik dan diesel. Maka dapat dihitung nilai BEP dengan parameter sebagai berikut :

Biaya Pengeluaran	= Rp. 2.885.597.000,-
Pendapatan per tahun	= Rp. 223.082.525,-
Fixed Cost	= Rp. 15.578.884,-
COE	= Rp. 122.237,-
Variable Cost	= Rp. 94.000,-

Dari parameter diatas maka nilai BEP yang didapat sebesar:

$$BEP = \frac{Rp. 15.578.884}{Rp. 28.237} = 551,5 kWh$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui untuk mendapatkan titik balik modal atau BEP pada pembangkit listrik tenaga hibrida Fotovoltaik dan diesel maka diperlukan pengguna sebesar 551,5 MWh. Sedangkan untuk mengetahui pendapatan yang diterima agar terjadi BEP dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Pendapatan BEP} = 551,5 \text{ MWh} \times \text{Rp. } 122.237,- = \text{Rp. } 67.413.705,-$$

Sehingga pendapatan yang perlu diterima agar terjadi BEP adalah sebesar Rp. 67.413.705,- dengan pendapatan per tahun sebesar Rp. 223.082.525,- dan untuk target balik modal nilai BEP dapat digunakan persamaan berikut:

$$Target\ Balik\ Modal = \frac{Rp. 2.885.597.000}{Rp. 223.082.525} = 12,9\ tahun$$

Dari persamaan diatas maka target balik modal tercapai di tahun ke 13 untuk pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dan diesel tersebut.

Kemudian, untuk mengetahui nilai BEP pada pembangkit listrik tenaga hibrida antara mikrohidro dengan diesel yaitu dengan mengetahui rata – rata biaya operasional pembangkit listrik tenaga hibrida antara mikrohidro dengan diesel maka dapat dihitung nilai BEP dengan parameter sebagai berikut :

Biaya Pengeluaran	= Rp. 467.545.800,-
Pendapatan per tahun	= Rp. 36.157.310,-
Fixed Cost	= Rp. 152.300.000,-
COE	= Rp. 19.715,-
Variable Cost	= Rp. 80.645,-

Dari parameter diatas maka nilai BEP yang didapat sebesar:

$$BEP = \frac{Rp. 152.300.000}{Rp. 60.930} = 2499,5\ MWh$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui untuk mendapatkan titik balik modal atau BEP pada pembangkit listrik tenaga hibrida antara mikrohidro dengan diesel maka diperlukan pengguna sebesar 2499,5 MWh. Sedangkan untuk mengetahui pendapatan yang diterima agar terjadi BEP dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Pendapatan\ BEP = 2499,5\ kWh \times Rp. 19.715,- = Rp. 49.325.627,-$$

Sehingga pendapatan yang perlu diterima agar terjadi BEP adalah sebesar Rp. 49.325.627,- dengan pendapatan per tahun sebesar Rp.36.157.310,- dan untuk target balik modal nilai BEP dapat digunakan persamaan berikut:

$$\textit{Target Balik Modal} = \frac{\text{Rp. 467.545.800}}{\text{Rp. 36.157.310}} = 12,9 \textit{ tahun}$$

Dari persamaan diatas maka target balik modal tercapai di tahun ke 13 untuk pembangkit listrik tenaga hibrida antara mikrohidro dengan diesel tersebut.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil dari penjadwalan pembangkit listrik tenaga hibrida yang telah dilakukan Pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dengan diesel memproduksi energi listrik sebesar 35,6 MW/tahun dan pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel memproduksi energi listrik sebesar 12,20 MW/tahun. Pada kedua pembangkit hibrida tersebut telah memenuhi target produksi energi listrik sebesar 2 MW/tahun
2. Dari sisi ekonomis pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dengan diesel lebih murah dengan biaya operasional sebesar Rp. 467.545.800,- selama 25 tahun dengan keuntungan sebesar Rp. 601.150.000,- selama proyek berlangsung dan pengembalian modal pada tahun ke 13. Sedangkan untuk pembangkit listrik tenaga hibrida fotovoltaik dengan diesel lebih mahal dengan biaya operasional sebesar Rp. 2.885.597.000,- selama 25 tahun dengan keuntungan sebesar Rp. 607.009.000,- selama proyek sedang berlangsung dan pengembalian modal pada tahun ke 13.

5.2. Saran

Pada penelitian ini disarankan untuk menggunakan pembangkit listrik tenaga hibrida mikrohidro dengan diesel sebagai pembangkit utama untuk menyuplai energi listrik di Dusun Bintang Asih karena biaya operasionalnya yang murah, dan produksi energi listrik yang dihasilkan lebih besar setiap tahunnya sehingga mampu memenuhi kebutuhan listrik masyarakat yang berada di Dusun Bintang Asih tersebut. Untuk kedepannya diharapkan ada pengembangan penelitian tentang penjadwalan dengan menggunakan pembangkit listrik hibrida yang lain sebagai parameter pengujian dengan lokasi penelitian yang berbeda serta menggunakan aplikasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Adikurniawan, N., Rohi, D., Tumbelaka, H. H., Studi, P., Elektro, T., Petra, U. K., & Siwalankerto, J. (2017). Analisa Pemodelan PLTA Sengguruh dengan Matlab Simulink. *Analisa Pemodelan PLTA Sengguruh Dengan Matlab Simulink*, 10(1), 24–29. <https://doi.org/10.9744/jte.10.1.24-29>
- Aini, Z. (2012). Analisis Penjadwalan Unit-Unit Pembangkit Listrik Dengan Menggunakan Metode Unit Decommitment. *Momentum*, 13(2), 115–120.
- Christiana and Stuart Bowden Honsberg. (2016). *Christiana and Stuart Bowden Honsberg*. <https://www.pveducation.org/id/pvcdrom>
- Dedisukma, D., Sunanda, W., & Gusa, R. F. (2015). Pemodelan Sistem Pembangkit Listrik Hybrid Diesel Generator Dan Fotovoltaik Array Menggunakan Perangkat Lunak Homer (Studi Kasus Di Pulau Semujur Kabupaten Bangka Tengah). *Jurnal Ecotipe (Electronic, Control, Telecommunication, Information, and Power Engineering)*, 2(2), 10–17. <https://doi.org/10.33019/ecotipe.v2i2.35>
- Djalal, M. R., Imran, A., & Setiadi, H. (2017). Sistem Kontrol Frekuensi Optimal Pada Pembangkit Hibrid Wind-Diesel Dengan Imperialist Competitive Algorithm. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 5(September), 135–141. <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.5.4.2017.135-141>
- Effendi, A., & Yuana, A. (2016). Pembangkit Listrik Sistem Hibrida Sel Surya Dengan Energi Angin. *JTE-ITP ISSN No.2252-3472*, 5(2252).
- Efisiensi, A., Pembangkit, D., Tenaga, L., Murni, S. S., & Suryanto, A. (2020). *MIKROHIDRO MENGGUNAKAN HOMER (Studi Kasus PLTMH Parakandowo Kabupaten Pekalongan)*. 1(2), 34–38.
- Herlina. (2009). *Analisa Dampak Lingkungan Terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida*. Universitas Indonesia.
- Hidayanti, D., & Dewangga, G. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Hybrid Tenaga Angin dan Surya dengan Penggerak Otomatis pada Panel Surya. *Eksergi*, 15(3), 93. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v15i3.1784>
- HOMER. (2016). *HOMER ® Pro Version 3 . 7 User Manual © All rights reserved . August 2016 HOMER ® Energy Boulder CO 80301 USA (v3.7,*

- Issue August). HOMER Energy. www.homerenergy.com
- Ilmi, M., Junaidi, & Heidro, A. (2015). Analisis Tekni-Ekonomis Generator Set (Genset) Sebagai Sumber Energi Listrik Cadangan Pada PT. Telekomunikasi Indonesia Tbk. Pontianak. *Universitas Tanjung Pura*.
- Jhony, C., & Dkk. (2012a). Optimasi operasi Sistem Tenaga Listrik dengan Konstrains Kapabilitas Operasi Generator dan Kestabilan Steady State Global. *Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember*, 6.
- Jhony, C., & Dkk. (2012b). Optimasi operasi Sistem Tenaga Listrik dengan Konstrains Kapabilitas Operasi Generator dan Kestabilan Steady State Global. *Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember*.
- Kristanto, D., Suyono, H. S. M. P. ., & Ph.D, I. W. M. (2014). Operasi Ekonomis Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Metode Iterasi Lambda Menggunakan Komputasi Paralel. *Jurnal Mahasiswa TEUB*, 2(6), 1–6. <http://elektro.studentjournal.ub.ac.id/index.php/teub/article/view/307>
- Kurniasih, N., & Nazir, R. (2015). Analisis Mode Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Hibrid Microhydro - Fotovoltaik Array Menggunakan Homer (Studi Kasus : Kampung Bayang Jariah, Kabupaten Pesisir Selatan). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 4(1), 30. <https://doi.org/10.25077/jnte.v4n1.114.2015>
- Niu, E., Saediman, H., & Surni, S. (2016). Break Even Analysis of Poultry Egg Production in Rural Area in Southeast Sulawesi. *Binus Business Review*, 7(3), 227. <https://doi.org/10.21512/bbr.v7i3.1501>
- Nurmela, & Hiron, N. (2019). Optimasi kinerja sistem pembangkit hybrid. *Journal of Energy and Electrical Engineering (Jeee)*, 01(01), 7–11.
- Nuzuluddin, M., Arengga, D., & Handayani, N. (2017). Simulasi Penjadwalan Posisi Panel Surya Dengan Menggunakan Pengendali Pid (Proportional , Integral , Dan Derivative). *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 6(2), 129–136.
- Poea, C., Soplanit, G. ., & Rantung, J. (2013). Pembangkit Listrik Di Desa Kali Kecamatan Pineleng Dengan Head 12 Meter. *Teknik Mesin*, 1–9.
- Prasetya, A. M., Aribowo, W. S. M., Ibrohim MT, & MT, K. (2021). Simulasi Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikohidro / Pltmh Dengan Menggunakan Aplikasi Matlab / Simulink. *Jurnal Teknik Elektro*, 10(1), 73–

- Rimbawati, Azis Hutasuhut, A., & Chaniago, Y. (2018). Analysis of Hybrid Power Plant Technology Using Data Weather in North Sumatera. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.7), 481. <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.7.27364>
- Saputra, I. W. B., Weking, A. I., & Jasa, L. (2017). Rancang Bangun Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (Pltmh) Menggunakan Kincir Overshot Wheel. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 16(2), 48. <https://doi.org/10.24843/mite.2017.v16i02p09>
- Subiyanto. (2010). Simulasi Optimisasi Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik Sebagai Pendekatan Efisiensi Biaya Operasi. *Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 7. <https://doi.org/10.15294/jte.v2i2.1547>
- Subiyanto, S. (2005). Simulasi Optimisasi Aliran Daya Sistem Tenaga Listrik Sebagai Pendekatan Efisiensi Biaya Operasi. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 3(3), 167. <https://doi.org/10.12928/telkomnika.v3i3.1232>
- Sugeha, I. H., Inkiriwang, R. L., & P. Pingkan. (2019). Optimisasi Penjadwalan Menggunakan Metode Algoritma Genetika Pada Proyek Rehabilitasi Puskesmas Minanga. *Jurnal Sipil ...*, 7(12). <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/26145>
- Sukamta, S., & Kusmanto, A. (2013). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, 5(2), 58–63. <https://doi.org/10.15294/jte.v5i2.3555>
- Tharo, Z., & Andriana, M. (2019). Pembangkit Listrik Hybrid Tenaga Surya Dan Angin Energi Fosil Di Sumatera. *Semnastek UISU*, 2(4), 141–144.
- Wijaya, T. C., Facta, M., & Yuningtyastuti. (2014). Optimisasi Potensi Energi Terbarukan Untuk Sistem Pembangkit Listrik Hibrid Di Desa Margajaya Bengkulu Utara Menggunakan Perangkat Lunak Homer. *Transient*, 3(3), 393–399.
- William D. Stevenson. JR. (1983). Analisa Sistem Tenaga. In K. Idris (Ed.), *Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya* (4th ed., Vol. 1, Issue 1). Erlangga.

- Winasis, W., & Rosyadi, I. (2015). Pengoptimalan Operasi Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida Surya - Angin Untuk Mengurangi Excess Electricity Menggunakan Mix Integer Linear Programming. *Transmisi*, 17(4), 186–193. <https://doi.org/10.12777/transmisi.17.4.186-193>
- Zakri, A. A., Tribowo, I., Elektro, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2014). Metode Pemodelan Fotovoltaik Implementasi Matlab Simulink. *Sinergi*, xx(x), 1–6.

RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : JULI RIANDRA
Nama Panggilan : RIAN
NPM (NIM) : 1707220027
Tempat/Tanggal Lahir : LUBUK PAKAM/ 25 JULI 1999
Jenis Kelamin : LAKI-LAKI
Agama : ISLAM
Status : BELUM MENIKAH
Alamat Sekarang : JL. DUSUN KARYA GG. PRUMNAS III No. 160
DESA ARAS KABU, KEC. BERINGIN, KAB.
DELI SERDANG – 20552
No. Telepon/ Whatsapp : 085206858937
E-mail : juli.riandra50@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

SD NEGERI 105346 ARAS KABU (2005-2011)
SMP SWASTA MUHAMMADIYAH 16 LUBUK PAKAM (2011-2014)
SMK NEGERI 1 SUNGAI RUMBAI (2014-2015)
SMK NEGERI 1 LUBUK PAKAM (2015-2017)
S1 TEKNIK ELEKTRO UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SUMATERA UTARA (2017-2021)



UMSU

Menjawab surat ini agar disebutkan
dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12

Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: fatek@umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 253/III.3AU/UMSU-07/F/2021

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Elektro Pada Tanggal 15 Februari 2021 dengan ini Menetapkan :

Nama : JULI RIANDRA
Npm : 1707220027
Program Studi : TEKNIK ELEKTRO
Semester : VII (TUJUH)
Judul Tugas Akhir : ANALISA SISTEM PENJADWALAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA HYBRID (DIESEL, PHOTOVOHAIC DAN MICRO HIDRO) DI TIGA JOHAR
Pembimbing : RIMBAWATI, ST, MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Elektro
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.

Medan, 3 Rajab 1442 H

15 Februari 2021 M



Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST, MT

NIDN: 0101017202

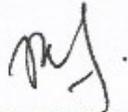
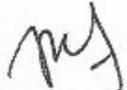
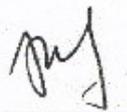
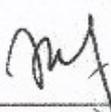
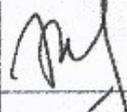
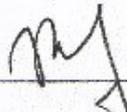
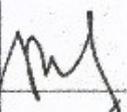


LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

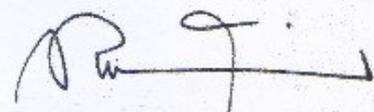
Judul : Analisa Penjadwalan Pembangkit Listrik Tenaga Hibrida (Diesel, Fotovoltaik, dan Mikrohidro) Di Dusun Bintang Asih

Nama : JULI RIANDRA

NPM : 1707220027

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1	Senin / 5 April 2021	Tinjauan Lapangan.	
2	Senin / 12 April 2021	Pengambilan Data.	
3	Sabtu / 19 Juni 2021	Perbaikan Data.	
4.	Sabtu / 26 Juni 2021	Simulasi Data dengan aplikasi	
5.	Senin / 20 Juni 2021	Perbaikan data hasil	
6.	Senin / 19 Juli 2021	Perbaikan tulisan BAB IV	
7	Sabtu / 7 Agustus 2021	Perbaikan tulisan BAB V	
		Atas Seminar hasil 9/8 2021	

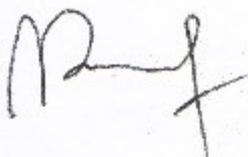
Dosen Pembimbing


RIMBAWATI, ST., MT.

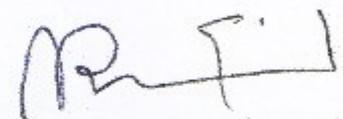
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

NAMA : JULI RIANDRA
NPM : 1707220027
POGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
JUDUL SKRIPSI : ANALISA SISTEM PENJADWALAN PEMBANGKIT
LISTRIK TENAGA HIBRIDA (DIESEL, FOTOVOLTAIK,
DAN MIKROHIDRO) DI DUSUN BINTANG ASIH

No	Hari / Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	21 / 8 - 2021	Acc Sidang Meza hizaru	

Dosen Pembimbing



RIMBAWATI, ST., MT.