

Perhitungan Seri Paralel Panel Surya Dengan Metode *Perturb And Observe*

Saipullah¹, Bambang Mulyo Raharjo²

Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa Bekasi

Perumahan Puri Nirwana Residence Blok ii No. 14 Jl. Cendana, Sukaraya, Karangbahagia, Kab. Bekasi, Indonesia

Email: saipullah1417@gmail.com

Abstrak-Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan algoritma *Perturb and Observe* (P&O) pada rangkaian seri dan paralel panel surya untuk mendapatkan nilai *maximum power point* (MPP), karena energi yang dihasilkan oleh panel surya sangat bervariasi dan sangat bergantung pada parameter utama seperti resistansi internal sel surya. Pada koneksi seri terjadi penggandaan pada tegangan dan sebaliknya pada rangkaian paralel terjadi penggandaan arus. Metode P&O berbasiskan pada proses pengaturan tegangan dan arus pada panel surya pada MPP yang merepresentasikan tegangan dan arus pada titik maksimal menggunakan metode iteratif melalui software Matlab. Rugi-rugi daya parasitik yang disebabkan oleh resistansi internal tidak terjadi pada koneksi dengan jumlah seri paralel sama. Penambahan koneksi seri sebanyak 2, 3, dan 4 panel tanpa koneksi paralel, menyebabkan penambahan rugi-rugi 1.3%, 2.6%, dan 3.9% berturut-turut. Sedangkan penambahan koneksi paralel sebanyak 2, 3, dan 4 panel tanpa koneksi seri, akan mengkompensasi rugi-rugi -0.6%, -0.8%, dan -0.9%.

Kata Kunci—*Photovoltaic*, Panel surya, Rangkaian Seri dan Paralel, *Perturb and observe*, Matlab.

I. PENDAHULUAN

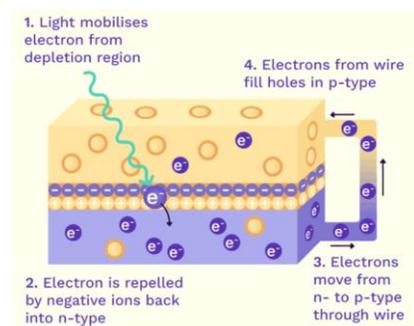
Di dalam prinsip kerja panel surya diperlukan perhitungan menggunakan Metode *Perturb and Observe* yaitu Di dalam metode *perturb and observe* ini terdiri menjadi 2 (dua) bagian, yang pertama *perturb* yaitu mengirimkan perubahan kepada tegangan atau arus dari solar panel, dan yang kedua *observe* yaitu melakukan perhitungan daya sebelum dan sesudah dilakukan pada proses *perturb* yang digunakan sebagai referensi untuk menambah atau mengurangi tegangan untuk mendapatkan *maximum power point* (MPP) [1].

Dari rangkaian seri dan paralel pada panel surya sangat dibutuhkan untuk mendapatkan tegangan, arus dan daya yang sesuai. Rangkain seri dan paralel mempunyai karakteristik yang berbeda, untuk kebutuhan nilai arus yang besar maka kita membutuhkan panel surya dengan rangkaian paralel, tetapi tegangan tetap [2] dan apabila kita ingin tegangan yang besar maka panel surya dirangkai secara seri, rangkaian seri dan paralel juga harus diperhitungkan karena akan mempengaruhi karakteristik arus-tegangan (I-V) dan *maximum power point* panel surya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Solar Photovoltaic Process

Fotovoltaik (PV) adalah metode untuk menghasilkan tenaga listrik dengan mengubah iradiasi matahari menjadi listrik arus searah menggunakan semikonduktor yang menunjukkan efek fotovoltaik [3].



Gambar. 1 Solar Photovoltaic Process [3]

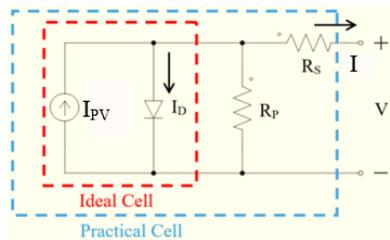
Pada gambar 2.1 tipe P adalah material semikonduktor yang terdiri dari hole bermuatan positif, dan untuk tipe N terdiri dari elektron-elektron bermuatan negatif, apabila hole dan elektron ditempelkan maka akan terjadi gaya tarik menarik antara tipe P dan N.

Dengan mengubah iradiasi matahari melalui gelombang *spectrum* maka sel surya mendapatkan

gelombang *spectrum* cahaya matahari maka P muatan positif akan menembus menyinari perbatasan sambungan (PN Junction) material P dan N sehingga elektron berpindah dan bergabung dengan hole muatan positif yang disebut dengan rekombinasi. Proses tersebut terjadi secara terus menerus sehingga aliran elektron ini menghasilkan arus listrik.

B. Karakteristik Sel Surya

Rangkaian ekuivalen sel surya yaitu terdiri dari sebuah arus fotovoltaiik, dimana di dalamnya ada sebuah dioda, hambatan seri (R_s) dan hambatan paralel (R_p) yang mewakili sifat dari sel surya. Energi yang diberikan oleh pancaran sinar matahari yaitu gelombang elektromagnetik maka energi tersebut akan mengalirkan arus listrik pada IPV yang mewakili dari sifat sel surya, dan selanjutnya arus listrik akan mengalir pada I_d , R_p dan R_s menuju keluaran (output) pada I yang akan dimanfaatkan keluaran arus dan tegangan. Sel surya memiliki kurva karakteristik hubungan antara arus (I) dan daya (P) terhadap tegangan (V) sel surya (I-V dan P-V) dari sel surya, terhadap tegangan dan arus yang maksimum [3], seperti yang ditunjukkan pada gambar Rangkaian Ekuivalen Sel Surya, sebagai berikut:



Gambar. 2 PV cell single ideal model [4]

Keterangan:

RP : Resistansi paralel

RS : Resistansi seri

IPV : Sumber arus listrik yang dihasilkan energi pton dari matahari

ID : Arus dioda

I : Arus output

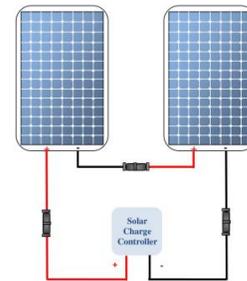
V : Tegangan output

C. Rangkaian seri dan paralel panel surya

Tujuan penghubungan rangkain secara seri yaitu untuk meningkatkan nilai tegangan output dua kali lebih besar dari tegangan output *photovoltaic*. Pesnyusunan panel secara seri dapat memperbesar

hambatan, dimana ini diakibatkan oleh penjumlahan total hambatan dari seluruh beban yang dibutuhkan [5].

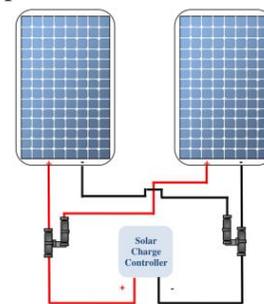
Dari perhitungan rangkaian seri bisa kita lihat pada rumus sebagai berikut dimana beda potensial tegangan : $V=V_1+V_2+.....+V_n$ sehingga bisa dilihat bahwa rangkaian panel surya secara seri ini dapat meningkatkan tegangan yang dibutuhkan, sedangkan untuk rumus kuat arus : $I=I_1=I_2=.....=I_n$, dimana arus yang dihasilkan tetap sama [6].



Gambar. 3 Rangkaian seri panel surya [5]

Panel surya yang dihubungkan secara paralel tegangannya akan tetap sama, sedangkan untuk arusnya lebih besar, dan rangkaian paralel panel surya hambatannya lebih kecil dibandingkan dengan rangkain seri panel surya [5].

Dari perhitungan rangkaian paralel bisa kita lihat pada rumus sebagai berikut dimana beda potensial tegangan : $I=I_1+I_2+.....+I_n$ sehingga bisa dilihat bahwa rangkaian panel surya secara paralel ini dapat meningkatkan arus yang dibutuhkan, sedangkan untuk rumus beda potensial tegangan : $V=V_1=V_2=.....=V_n$, dimana tegangan yang dihasilkan tetap sama.



Gambar. 4 Rangkaian paralel panel surya [5]

Apabila salah satu panel surya terdapat kerusakan, maka panel tersebutlah yang tidak ada arus listrik, sedangkan panel surya yang dirangkai secara paralel tetap berfungsi dengan baik, dan setiap komponen mendapatkan tegangan yang nilainya sama besar [5].

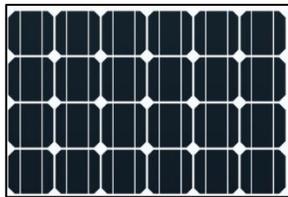
D. Metode *Perturb and Observe*

Metode *Perturb & Observe* yaitu memberikan/menambahkan nilai tegangan sedikit demi sedikit sehingga grafik yang di tampilkan akan naik sedikit demi sedikit sesuai dengan iteratif yang kita inginkan, dari hasil grafik yang ditampilkan disanalah kita melakukan observasi apakah nilai MPP yang dihasilkan sudah maksimum. Metode *Perturb and Observe* yaitu di dalam metode *perturb and observe* ini terdiri menjadi 2 (dua) bagian, yang pertama *perturb* yaitu mengirimkan perubahan kepada tegangan atau arus dari solar panel, dan yang kedua *observe* yaitu melakukan perhitungan daya sebelum dan sesudah dilakukan pada proses *perturb* yang digunakan sebagai referensi untuk menambah atau mengurangi tegangan untuk mendapatkan *maximum power point* (MPP) [1].

E. Jenis-jenis panel surya

1. Mono-Crystalline

Jenis panel surya ini terbuat dari batangan kristal silikon murni yang diiris secara tipis-tipis, dengan bentuk seperti ini maka akan dihasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain, dan juga mendapatkan kualitas yang tinggi. Sehingga sel surya jenis *Mono-Crystalline* ini menjadi sel surya yang paling efisien dibandingkan dengan jenis sel surya yang lain sebesar 15%-20%, sel surya *Mono-Crystalline* ini dikenal sebagai sel-sel kristal tunggal, dimana jenis ini sangat mudah diidentifikasi karena panel surya ini berwarna hitam pekat, *type* panel surya ini menjadi bahan yang paling efisien karena tingkat untuk konversi energi sinar matahari sangat tinggi [6].

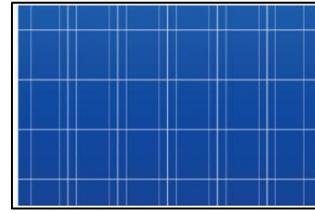


Gambar. 5 Jenis panel surya *Mono-Crystalline* [7]

2. Poly-Crystalline

Jenis panel surya ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur atau dicairkan, kemudian dicetak menjadi persegi, kemurnian dari silikon ini tidak sempurna *type* panel surya *Mono-Crystalline*, dimana sel surya yang dihasilkan pada panel ini tidak seidentik satu sama lain dibandingkan dengan *type Mono-Crystalline* dan efisiensi yang dihasilkan lebih rendah sekitar 13%-16%, proses pembuatannya sendiri lebih mudah dibandingkan dengan *type* panel surya *Mono-Crystalline* karena harganya lebih

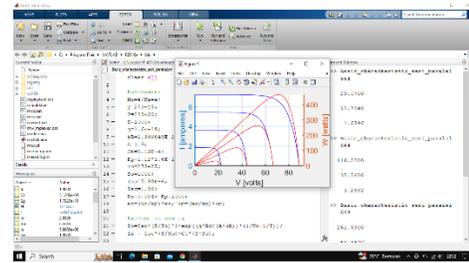
murah, dan jenis ini juga paling banyak digunakan pada saat ini, mengingat harganya yang murah dan cara pembuatannya juga mudah [6].



Gambar. 6 Jenis panel surya *Poly-Crystalline* [7]

F. Software Matlab

Matlab adalah singkatan dari *Matrix laboratory* dan merupakan bahasa pemrograman yang dibuat dengan tujuan untuk alat bantu dalam perhitungan yang sangat rumit atau sebuah simulasi dari suatu sistem yang ingin disimulasikan, dalam penggunaan matlab sangat dibutuhkan pengetahuan tentang matriks yang dapat dipelajari dalam ilmu matematika [9].



Gambar. 7 Tampilan software matlab

III. METODOLOGI PENELITIAN

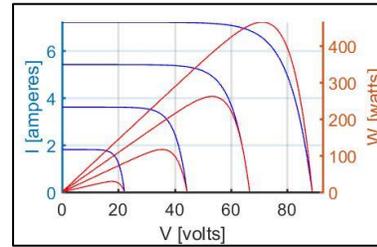
A. Metode *perturb and observe* pada software matlab

Penelitian ini menggunakan metode *perturb and observe* pada software Matlab dimana disini didapatkan Spesifikasi panel surya *Poly-Crystalline* 30Wp.

Tabel. 1 Parameter *Poly-Crystalline* 30Wp [1]

Parameter	Definition	Value [units]
N_s	Number of serial panels	1 [-]
N_p	Number of parallel panels	1 [-]
a	Ideality factor	0.748 [-]
q	Electron's charge	1.6×10^{-19} C
K	Boltzmann constant	1.38×10^{-23} J/ $^{\circ}$ K
T_{CRef}	Panel's reference temperature	85 $^{\circ}$ C
R_s	Series resistance	0.004 Ω
R_p	Parallel resistance	1000 Ω
R_{sh}	Shunt resistance	218.37 Ω
S_0	Light intensity	1.000 W/ m^2
S	Solar radiation	800 W/ m^2
αI_{sc}	Short-circuit current temperature coefficient	0.8627%/ $^{\circ}$ C
V_{oc}	Open circuit voltage	22.5 V
I_{s0}	Diode saturation current	1.013×10^{-13} A

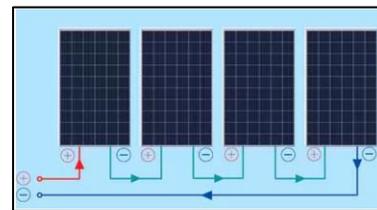
I_{sc}	Short circuit current	1.80 A
E_g	Band gap energy	$1.12 \times 1.6 \times 10^{-19}$ eV
T_o	p-n temperature	273 °C
T	Air temperature	273 °K
I_{oRef}	Inverse saturation current at reference conditions	3.84×10^{-10} A



Gambar. 10 Grafik peningkatan arus dan tegangan pada panel surya rangkaian seri dan paralel

Dari hasil perhitungan panel surya secara seri dan paralel pada tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah panel surya yang dihubungkan maka semakin besar tegangan, arus dan daya yang dihasilkan dan rugi-rugi daya yang dihasilkan 0,0% sesuai data analisa.

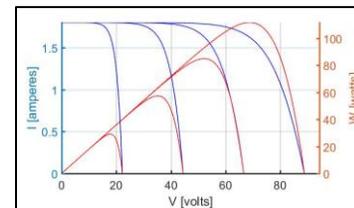
B. Perhitungan panel surya rangkaian seri



Gambar. 11 Rangkaian seri panel surya [8]

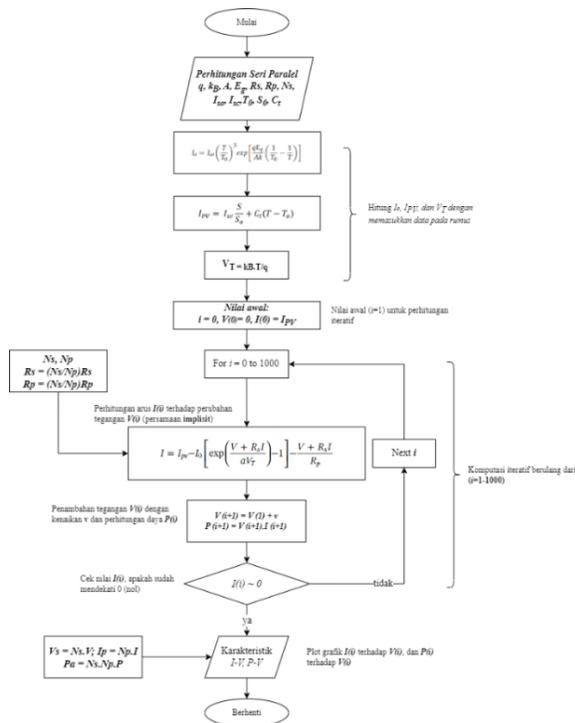
Tabel. 3 Perhitungan panel surya rangkaian seri

Jumlah koneksi panel		Tegangan (volt)	Arus (Ampere)	Daya keluaran		
Seri (unit)	Paralel (unit)			Pm(1)	Pm(2)	Rugi-rugi
1	1	17,784	1,6346	29,07	29,07	0,0%
2	1	35,136	1,633	57,3783	58,14	1,3%
3	1	52,164	1,628	84,9216	87,21	2,6%
4	1	68,832	1,6229	111,7045	116,28	3,9%



Gambar. 12 Grafik peningkatan tegangan pada rangkaian seri panel surya

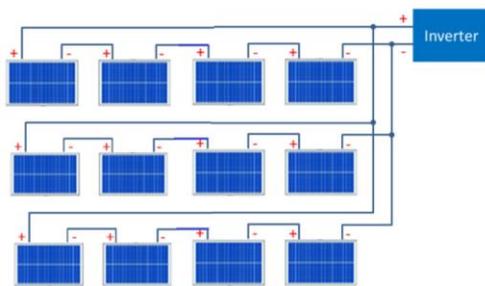
Dari hasil perhitungan panel surya secara seri pada tabel 3 di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah panel surya yang dihubungkan maka semakin besar tegangan dan daya sedangkan arusnya tetap sama, sesuai dengan hasil analisa. Keuntungan menggunakan rangkaian panel surya secara seri ini kita dapat menghasilkan pembagian tegangan dan



Gambar. 8 Diagram alir penelitian

IV. PERHITUNGAN DAN ANALISA

A. Pehitungan rangkaian seri dan paralel panel surya



Gambar. 9 Rangkaian seri dan paralel panel surya [8]

Tabel. 2 Perhitungan panel surya seri dan paralel

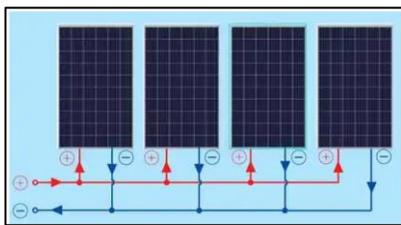
Jumlah koneksi panel		Tegangan (volt)	Arus (Ampere)	Daya keluaran		
Seri (unit)	Paralel (unit)			Pm(1)	Pm(2)	Rugi-rugi
1	1	17,784	1,6346	29,07	29,07	0,0%
2	2	35,568	3,2692	116,28	116,28	0,0%
3	3	53,352	4,9038	261,63	261,63	0,0%
4	4	71,136	6,5385	465,1199	465,12	0,0%

daya yang kita inginkan, dan masing-masing beban

Rangkaian seri 4 dan paralel 1 (Rs)	Rangkaian paralel 4 dan Seri 1 (Rp)
10,88 Ω	10,88 Ω
21,52 Ω	5,45 Ω
32,04 Ω	3,64 Ω
42,41 Ω	2,74 Ω

teraliri arus yang jumlahnya sama besar, selain itu juga semakin banyak jumlah panel surya yang di rangkai secara seri maka hambatan yang dihasilkan juga semakin besar, hal ini akan menyebabkan arus *charging* akan mengalir pada waktu yang lama dan rugi-rugi daya parasitik yang dihasilkan 0,0%, 1,3%, 2,6% dan 3,9% sesuai dengan data analisa.

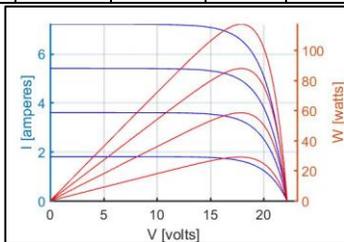
C. Perhitungan panel surya rangkaian paralel



Gambar. 13 Rangkaian paralel panel surya [8]

Tabel. 4 Perhitungan panel surya rangkaian paralel

Jumlah koneksi panel		Tegangan (volt)	Arus (Ampere)	Daya keluaran		
Seri (unit)	Paralel (unit)			Pm(1)	Pm(2)	Rugi-rugi
1	1	17,784	1,6346	29,07	29,07	0,0%
1	2	17,856	3,2767	58,5085	58,14	-0,6%
1	3	17,892	4,9145	87,9297	87,21	-0,8%
1	4	17,928	6,5447	117,333	116,28	-0,9%



Gambar. 14 Grafik peningkatan arus dan daya pada rangkaian paralel panel surya

Dalam hasil analisa perhitungan rangkaian panel surya secara paralel tersebut dapat disimpulkan bahwa pembagian arus dan daya menghasilkan besar, namun tegangannya tetap dan rugi-rugi daya parasitik yang dihasilkan sebesar 0,0%, -0,6%, -0,8% dan -0,9% sesuai dengan data analisa.

Dimana perhitungan resistansi pada rangkaian panel surya yang dihubungkan secara seri sebanyak 4 panel-paralel 1 panel dan seri 1 panel-paralel 4 panel didapatkan hambatan sebagai berikut:

Tabel. 5 Nilai hambatan rangkaian seri dan paralel panel surya secara terpisah

Maka dapat kita simpulkan dari perbandingan daya yang dihasilkan pada rangkaian panel surya secara seri dan paralel hasilnya adalah sama besar, namun yang membedakan disini apabila kita menggunakan rangkaian paralel panel surya bahwa hambatannya jauh lebih kecil dibandingkan dengan hambatan pada rangkaian seri panel surya. Hal ini juga yang menyebabkan rugi-rugi daya sistem panel surya lebih besar jika jumlah koneksi seri lebih besar dari koneksi paralelnya sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2-4.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa perhitungan pada rangkaian seri dan paralel panel surya, dapat kita simpulkan bahwa panel surya secara seri di atas dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah panel surya yang dihubungkan maka semakin besar tegangan dan daya yang dihasilkan, selain itu di dalam rangkaian seri panel surya ini masing-masing beban teraliri arus yang jumlahnya sama besar, selain itu juga semakin banyak jumlah panel surya yang di rangkai secara seri maka hambatan yang dihasilkan juga semakin besar dengan rugi-rugi daya parasitik sebesar 0,0%, 1,3%, 2,6% dan 3,9%. Sedangkan pada hasil analisa perhitungan rangkaian paralel panel surya dapat menghasilkan pembagian arus dan daya yang lebih besar, namun tegangannya tetap sama, dari hasil analisa ini dapat kita simpulkan bahwa daya yang dihasilkan pada rangkaian panel surya secara seri dan paralel adalah sama besar, namun yang membedakan disini apabila kita menggunakan rangkaian paralel panel surya bahwa hambatannya jauh lebih kecil dibandingkan dengan hambatan pada rangkaian seri panel surya dengan rugi-rugi daya parasitik sebesar 0,0%, -0,6%, -0,8% dan -0,9%.

Sehingga dari tujuan penelian ini dapat kita simpulkan bahwa karakteristik arus terhadap tegangan (I-V) dan daya terhadap tegangan (P-V) untuk mendapatkan tegangan dan arus yang kita inginkan pada rangkaian seri dan paralel panel surya kita dapat menyesuaikan jumlah rangkaian seri dan paralel panel surya untuk mendapatkan tegangan, arus dan daya yang sesuai dengan *maximum power point* (MPP) sehingga rugi-rugi daya parasitik mencapai angkat 0,0%.

Hal ini menyebabkan penambahan koneksi seri akan memperbesar rugi-rugi daya parasitik yang disebabkan oleh resistansi internal sel surya

(resistansi seri dan paralel). Sebaliknya penambahan koneksi paralel akan mengkompensasi rugi-rugi daya pada sistem panel surya. Untuk mendapatkan optimasi yang diinginkan kita bisa menggunakan koneksi seri dan paralel panel surya sesuai dengan tegangan dan kapasitas yang diinginkan, sehingga tegangan dan daya yang diinginkan dapat beroperasi pada *maximum power point* (MPP).

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya terutama kepada:

1. Dedi Wirasasmita, S.T., M.M., M. Kom selaku Ketua STT Duta Bangsa
2. Dr. Ir. Bambang Mulyo Raharjo, M. Si, selaku Ketua LPPM STT Duta Bangsa.
3. Ir. Mochammad Mulia, M.T. selaku Puket I Bidang Akademik.
4. Yulia Widhianti, S.T., M.T., selaku Puket II Bidang Keuangan.
5. Sigit Panca Priyatna, S.T., M.T., selaku Puket III Bidang Kemahasiswaan
6. Ir. Sudirman, M. Kom, selaku Kaprodi Teknik Elektro STT Duta Bangsa.
7. Evi Anisa, S.T., M.T., selaku kepala BAUK.
8. Agus Salim, S. T, M. Kom, selaku HR STT Duta Bangsa.
9. Hasan. S.T., selaku IT kampus STT Duta Bangsa Cikarang.
10. Kedua orang tua, istri dan saudara-saudara penulis yang selalu memberikan do'a restunya serta dukungannya.
11. Seluruh dosen pengajar dan seluruh staff di fakultas teknik di Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.
12. Teman-teman mahasiswa seperjuangan Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] *Temperature based maximum power point tracking for photovoltaic modules* Josean Ramos-Hernanz, irantzu Uriarte, Jose Manuel Lopez-Guede, Unai fernandez-Gamiz, Amaia Mesanza & ekaitz Zulueta
- [2] Pengaruh Bentuk Rangkaian Panel Surya Terhadap Kuat Arus, Tegangan dan Daya (1)*Pande Putu Agus Santoso, (2)Feby Nopriandy, (3)Irma Fahrizal Butsi Ningsih, (4)Leo Dedy Anjiu, dan (5)Indra Kurniawan (1,2,3,4,5)Teknik Mesin Politeknik Negeri Sambas

- [3] O.K. Simya,...Anuradha Ashok, in *Handbook of Nanomaterials for Industrial Applications*, 2018.
- [4] De Soto, W, S.A Klein, and W.A. Beckman. 2006. *Improvement and Validation of a Model for Photovoltaic Array Performance*. *Solar Energy* 80. Halaman 78-88.
- [5] Analisa Perbandingan Daya Keluaran Panel Surya Tipe Monokristalin 50wp Yang Dirangkai Seri Dan Paralel Pada Instalasi Plts Off-Grid - Dita Amalia¹, Hamid Abdillah², Tri Winahyu Hariyadi³
- [6] Analisis Potensi Energi Matahari Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Panel *Mono-Crystalline* dan Poly-Crystalline Di Kota Pontianak dan Sekitarnya - Tomi Alamsyah¹⁾, Ayong Hiendro²⁾, Zainal Abidin^{3) 1, 2,3)} Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak.
- [7] [lgcypower.com/ monocrystalline – vs – polycrystalline – solar – panels /](http://lgcypower.com/monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels/)
- [8] [pascalenergy.com/ cara – memilih – dan – konfigurasi – pv – panel – pada – inverter - tipe-max5000.](http://pascalenergy.com/cara-memilih-dan-konfigurasi-pv-panel-pada-inverter-tipe-max5000)
- [9] <https://repository.bsi.ac.id/index.php/unduh/item/237731/Modul-Pengenalan-Dasar-Matlab.pdf>