

## SISTEM PENERANGAN JALAN UMUM BERTENAGA SURYA

### SOLAR POWERED STREET LIGHT SYSTEM

Rahmat Ihsani Yuskar<sup>1</sup>, Angga Rusdinar<sup>2</sup>, Irwan Purnama<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

<sup>1</sup>[ihsanirahmat@gmail.com](mailto:ihsanirahmat@gmail.com) <sup>2</sup>[angga22002@gmail.com](mailto:angga22002@gmail.com) <sup>3</sup>[irwa002@telkomuniversity.ac.id](mailto:irwa002@telkomuniversity.ac.id)

#### Abstrak

Panel Fotovoltaik (PV) mampu mengolah masukan berupa temperatur dan iradiasi matahari menjadi keluaran daya yang diinginkan. Panel PV bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi sistem penerangan jalan umum. Pada sistem penerangan jalan umum penggunaan panel surya sangat berpengaruh terhadap cuaca. Sistem tersebut diterapkan pada jalan yang minim akan penerangan pada malam hari.

Penelitian ini juga bertujuan untuk merancang sistem penerangan jalan umum berbasis konverter DC/DC *Single Ended Primary Inductor Converter* (SEPIC) yang terintegrasi dengan *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) serta *Pulse Width Modulation* (PWM) dan merancang rangkaian lampu LED agar dapat bekerja secara otomatis pada saat malam hari dan siang hari. Penelitian yang dilakukan adalah dengan menerapkan algoritma MPPT dan PWM.

Pada penyelesaian tugas akhir ini, hasil pengujian saat siang hari panel PV mengisi baterai aki sampai terisi penuh, dibutuhkan waktu pengisian baterai selama 7,51 jam. Sedangkan saat malam hari baterai mampu menyalakan lampu LED selama 45 menit. Setelah diteliti lebih lanjut efisiensi yang diperoleh MPPT sebesar 0,95%, sedangkan efisiensi yang diperoleh PWM sebesar 39,34%.

**Kata Kunci:** *Pulse Width Modulation, Maximum Power Point Tracking, Single Ended Primary Inductor Converter, Panel Fotovoltaik.*

#### Abstract

Photovoltaic Panel (PV) is able to process various temperatures and solar irradiation into the desired purchasing power. PV panels can be used as public street lighting energy. In the general street lighting system the use of solar panels is very striking against the weather. The system is applied to minimal roads that will illuminate at night.

The research carried out is by applying the Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm and Pulse Width Modulation (PWM). This is one of two DC End DC Inductors (SEPIC) DC / DC Inductors that are connected to MPPT and PWM and LED lights so that they can work directly in the day and day.

At this time, the purchase result during the day the PV panel fills the battery until it is fully charged, it takes a battery charging time of 7.51 hours. Whereas when the holiday battery LED lights for 45 minutes. After further research, the MPPT was 0.95%, while the efficiency obtained by PWM was 39.34%.

**Keywords:** *Pulse Width Modulation, Maximum Power Point Tracking, Specific Single Inductor Inductor Converter, Photovoltaic Panel.*

#### 1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman, manusia sangat membutuhkan energi sebagai sumber kehidupan. Kebutuhan energi saat ini semakin meningkat. Pemanfaatannya yang mudah serta efisien mampu menarik peminat untuk beralih dari sumber energi fosil ke sumber energi terbarukan. Kini tak dapat dipungkiri bahwa penggunaan sumber energi terbarukan untuk sistem catu daya semakin sering digunakan. Sumber energi terbarukan yang paling sering dimanfaatkan adalah sumber energi yang berasal dari matahari.

Sistem yang memanfaatkan sumber energi matahari sebagai sumber utamanya adalah sistem panel surya (PV). Sistem PV bisa dimanfaatkan dalam berbagai bidang, yaitu otomotif, bangunan, penerangan jalan, hingga alat-alat elektronik yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Komponen yang berfungsi mengkonversi energi adalah panel surya. Media penyimpanan muatan tegangan terletak pada baterai. Pada sistem tersebut yang berfungsi sebagai tahap pemanfaatan daya untuk diolah adalah konverter DC/DC.

Terdapat juga tahap kontrol, yaitu *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) yang berfungsi menelusuri titik daya maksimum yang dikeluarkan PV. Dua tahap tersebut akan terintegrasi menjadi sistem pengisian baterai. Dibutuhkan metode kontrol agar pengisian baterai bekerja secara optimal. Kontroler yang sudah ada lebih banyak memanfaatkan metode kontrol PID, *fuzzy logic*, dan *deadbeat*. Kontroler yang baru dapat memanfaatkan metode *single fuzzy logic* dan *one cycle control*.

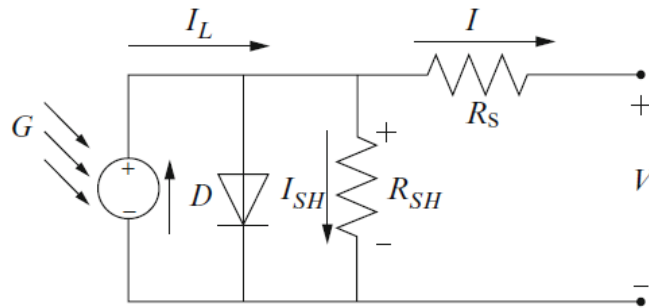
Pada pengerjaan Tugas Akhir ini akan dirancang sistem penerangan jalan umum yang akan diimplementasikan di wilayah Telkom University, khususnya di daerah yang minim akan penerangan. Hasil yang diinginkan nantinya dapat dimanfaatkan untuk lampu jalan.

**2. Dasar Teori**

**2.1. Permodelan Sel Surya**

Sel surya adalah komponen utama yang sering dibahas dalam pemanfaatan fotovoltaik (PV). Dalam beberapa tahun terakhir, penggunaan PV semakin meningkat secara signifikan. Karakteristik dari sel fotovoltaik bergantung juga pada pengaruh eksternal [1]. Permodelan sederhana dari sel surya adalah terhubungnya arus secara paralel dengan *p-n junction* (dioda).

Arus yang keluar dari sumber sesuai dengan radiasi yang ditangkap oleh sel surya [2]. Dalam keadaan gelap, sel surya tidak bekerja sebagai perangkat aktif dan hanya aktif sebagai dioda. Sel surya tersebut menghasilkan arus dan tegangan. Jika cahaya diserap oleh sel surya, maka arus dari dioda akan aktif.

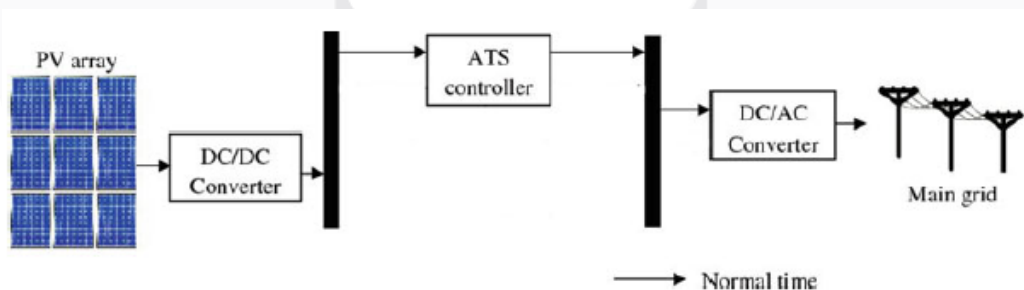


Gambar 1. Sirkuit sel fotovoltaik (PV)

Dioda D, menentukan karakteristik I-V (arus terhadap tegangan) pada sel surya. Pada gambar II-1, resistansi seri  $R_s$ , merepresentasikan resistansi di dalam sel surya, sedangkan resistansi shunt  $R_{SH}$ , terabaikan karena memiliki nilai resistansi besar [2].

**2.2. Sistem Fotovoltaik**

Sumber energi non-konvensional mencuri banyak perhatian seiring dengan penggunaan sumber energi fosil yang semakin menipis. Sumber energi matahari sebagai sumber energi dengan potensial yang cukup besar. Sebagai pemanfaatannya kita dapat menggunakan susunan fotovoltaik untuk menerima energi matahari lalu mengkonversikannya menjadi sumber energi listrik yang siap pakai [3].



Gambar 2. Sistem PV *stand-alone* sederhana

Sistem PV tipe *stand-alone* adalah sistem yang sederhana karena keluaran dari PV langsung ke beban DC atau melewati inverter untuk beban AC. Pada sistem yang secara berpasangan tersebut, tidak terdapat baterai,

beban hanya beroperasi saat ada cahaya matahari, membuat desain sesuai dengan kebutuhan seperti pompa air, peredaran udara, dan pompa sirkulasi kecil untuk sistem pemanas air stimulasi panas matahari.

Nantinya kita harus mempelajari modul fotovoltaik dalam performanya dalam satu tahun untuk melihat penyerapan energi bergantung pada cuaca dan karakteristik panel surya. Dalam pembelajarannya kita harus memahami sistem stand alone dan penggunaan baterai aki [5]. Mencocokkan impedansi beban listrik dapat dimanfaatkan pada keluaran daya maksimum sistem PV. Konverter DC/DC, yang diketahui sebagai menelusuri titik daya maksimum (MPPT), biasanya dimanfaatkan sebagai kebutuhan PV untuk mendapatkan keluaran daya maksimum.

### 2.3. Maximum Power Point Tracking (MPPT)

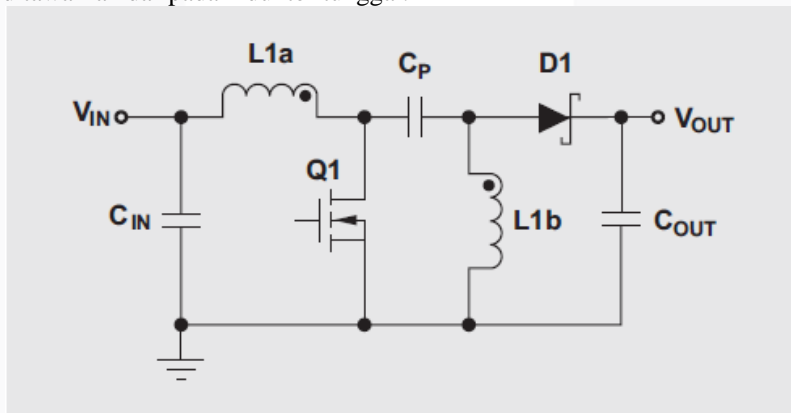
*Maximum Power Point Tracking*, biasa disebut dengan MPPT, dalam pengoperasiannya untuk memaksimalkan daya yang dapat diserap oleh modul PV. MPPT bukanlah sebuah sistem mekanik untuk menggerakkan PV tetapi algoritma yang dapat menelusuri titik daya maksimum berbasis sistem kontrol. MPPT dapat bekerja dengan sistem penggerak PV secara mekanik tetapi dua hal tersebut berbeda.

Algoritma MPPT digunakan untuk menelusuri titik daya maksimum dari susunan sel surya berbasis iradiasi dan temperatur [6]. Tegangan pada modul PV dapat diproduksi dari daya maksimal, biasa disebut '*maximum power point*'. Daya maksimum identik dengan radiasi panas, temperatur ambien, dan temperatur sel surya. Modul PV biasanya memiliki tegangan 17 V ketika temperatur mencapai 25°C, tegangan dapat turun sekitar 15 V pada hari yang panas dan bisa naik hingga mencapai 18 V pada hari yang dingin. Prinsip utama MPPT adalah memaksimalkan daya yang terdapat pada modul PV memanfaatkan efisiensi tegangan yang diperoleh.

Algoritma MPPT didasarkan pada logika yang sederhana bahwa, MPPT mengkalkulasi keluaran dari modul PV, membandingkannya dengan tegangan baterai, lalu mengoptimalkan daya dari modul PV agar bisa mengisi baterai dan mengkonversikan tegangan optimalnya untuk mendapatkan arus maksimal yang masuk ke baterai. MPPT banyak digunakan saat cuaca berawan dan ketika baterai benar-benar habis.

### 2.4. Konverter DC/DC SEPIC

Konverter *Single-Ended Primary-Inductor Converter* (SEPIC) adalah topologi konverter DC/DC yang memiliki tegangan keluaran positif yang dapat divariasikan tegangan keluarannya di atasnya atau dibawahnya tegangan masukan. Jenis konversi ini berguna saat perancang menggunakan tegangan (misalnya 12 V) dari tegangan masukan yang tidak diubah-ubah. Sayangnya, topologi SEPIC sulit untuk dimengerti dan membutuhkan dua induktor, membuat bagian catu daya memiliki luas gambaran yang lebar. Baru-baru ini beberapa produsen induktor mulai menjual induktor yang digabungkan dalam satu paket, hanya sedikit lebih tinggi harga yang ditawarkan daripada induktor tunggal.



Gambar 3. Sirkuit sederhana konverter DC/DC SEPIC

Induktor yang digabungkan (*Coupled Inductor*) tidak hanya memiliki tapak yang lebih kecil, tetapi juga memiliki riak arus induktor yang sama, hanya membutuhkan separuh induktansi yang dibutuhkan untuk SEPIC dengan dua induktor terpisah. Sirkuit konverter DC/DC SEPIC pada gambar II-6 [7].

### 3. Perancangan Sistem

Berikut adalah diagram blok sistem penerangan jalan umum. Diagram blok digambarkan secara ringkas, dari gabungan sebab dan akibat antara masukan dan keluaran.



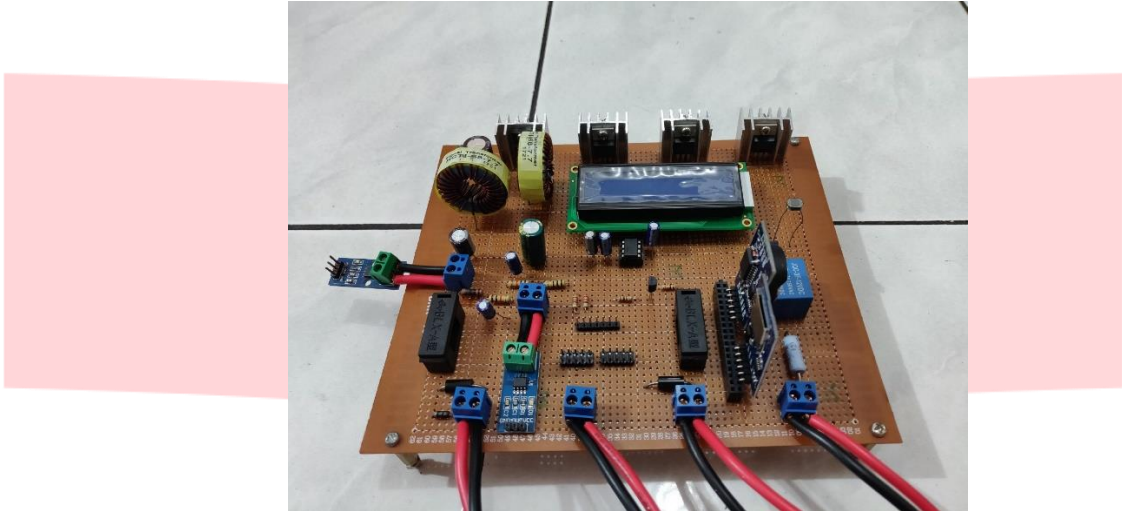
Gambar 7. Diagram blok sistem

#### 3.1. Perancangan Perangkat Keras

Komponen utama untuk mengkonversi energi adalah panel PV. Panel PV yang digunakan untuk mengkonversi energi adalah jenis polycrystalline. Jenis polycrystalline terbuat dari kristal silikon blok-cast. Elektron yang ada akan terjebak dalam batas butir kristal individu dalam panel, hal ini menyebabkan efisiensinya akan lebih rendah.



Gambar 10. Panel PV



Gambar 11. Rangkaian modul Solar Charge Controller

Komponen yang digunakan untuk mengubah tegangan masukan dari panel PV menjadi tegangan keluaran yang diinginkan adalah konverter DC/DC SEPIC. Rangkaian DC Chopper tipe SEPIC terdiri dari inductor, kapasitor, dioda, MOSFET sebagai komponen pensaklaran dan rangkaian kontrol untuk menghidupkan dan mematikan MOSFET DC Chopper Tipe SEPIC mampu menaikkan dan menurunkan tegangan masukannya dengan cara mengubah duty cycle dari rangkaian kontrolnya. SEPIC memiliki arus masukan dengan tingkat ripple rendah dan tidak memakai transformer.

Baterai yang digunakan adalah baterai aki, karena penggunaannya umum dan mudah dalam pengaplikasiannya. Baterai tersebut akan menyuplai beban secara optimal. Beban yang digunakan adalah lampu LED, khusus untuk sistem penerangan jalan umum. Lampu LED dapat menyala terang pada malam hari sehingga pengguna jalan dapat melihat daerah sekitar secara jelas.

**4. Hasil Pengujian dan Analisis**

Untuk tipe panel surya jenis ini hanya memiliki efisiensi 15% - 21% saja. Artinya panel surya hanya mampu mengkonversi dengan nilai tersebut dari seluruh cahaya serta iradiasi yang diterima oleh panel surya. Maka dari itu panel surya jenis ini tidak mampu menghasilkan daya secara maksimal dikarenakan nilai efisiensi yang dimiliki oleh panel tersebut.

Dalam pengujian ini panel surya disusun secara seri dengan spesifikasi daya sebesar 50 Wp. Jika ditotal menjadi 100 Wp. Pengujian ini dilakukan agar arus meningkat. Jika pengujian ini tidak dilakukan maka cukup dengan satu buah solar panel 50 Wp tetapi arus yang dihasilkan relatif kecil. Maka harus dirangkai seri agar mendapatkan arus yang cukup tinggi.

Jam	Vout(V)	Iout(A)	Pout(W)
09.00	19,1	2,11	40,301
10.00	20,12	2,21	44,4652
11.00	19,56	4,15	81,174
12.00	20,33	4,53	92,0949
13.00	19,01	3,1	58,931
14.00	19,55	4,15	81,1325



15.00	18,55	4,15	76,9825
16.00	19,3	2,13	41,109
17.00	18,72	1,17	21,9024
18.00	18,6	0,16	2,976

Tabel 1. Hasil Pengujian Komponen Panel Surya

Berikut adalah hal-hal yang menyebabkan efisiensi panel surya berkurang:

1. Letak panel surya yang tidak presisi dibawah sinar matahari.
2. Faktor cuaca
3. Jenis serta spesikasi panel surya yang dipakai saat pengujian

Sistem ini menggunakan SEPIC DC/DC Converter untuk menurunkan tegangan sehingga dapat mengisi baterai aki. Topologi jenis ini berguna untuk menurunkan serta menaikkan tegangan keluaran. Terdapat rangkaian pembagi tengan yang mampu membaca nilai tegangan keluaran serta tegangan masukkan dari panel serta baterai. Untuk membaca arus yang keluar dari panel surya serta arus yang masuk ke baterai menggunakan sensor ACS712.

Untuk mencatat nilai tegangan dan arus terdapat modul RTC. Data yang didapatkan akan dicatat kedalam SD Card. Pengujian dilakukan dengan dua metode, yaitu menggunakan Algoritma MPPT serta pengujian tanpa menggunakan Algoritma MPPT. Untuk pengujian tanpa menggunakan Algoritma MPPT cukup dengan memberi sinyal PWM yang diolah oleh converter.

Jam	Vin(V)	Iin(A)	Vout(V)	Iout(A)
09.00	19,1	2,11	13,5	1,11
10.00	20,12	2,21	13,12	1,21
11.00	19,56	3,15	13,56	1,15
12.00	20,33	2,53	14,33	2,53
13.00	19,01	3,1	14,01	2,1
14.00	19,55	2,15	13,55	1,15
15.00	19,78	3,15	12,55	1,15
16.00	18,3	2,13	12,3	1,13
17.00	18,36	1,17	12,72	1,17
18.00	18,6	0,16	11,6	0,16

Tabel 2. Hasil pengujian sistem pengisian baterai tanpa menggunakan Algoritma MPPT

Dengan menghitung rata-rata daya yang didapatkan makan akan ditemukan efisiensi dari rangkaian tersebut.  
Pout

Jam	Vin(V)	Iin(A)	Vout(V)	Iout(A)
06.00	18,56	0,12	0,22	0,12
07.00	18,66	2,15	0,55	1,15
08.00	19,76	2,17	0,76	1,16
09.00	19,1	2,11	0,1	2,11
10.00	20,12	2,21	0,12	1,21
11.00	20,1	2,15	0,56	1,15
12.00	20,33	2,53	0,33	1,53
13.00	18,01	3,1	0,01	1,1
14.00	19,45	2,15	0,55	1,14
15.00	18,55	3,15	0,55	1,1
16.00	19,3	3,13	0,3	1,13
17.00	18,72	1,17	0,72	1,17
18.00	18,6	0,16	0,6	0,16

Tabel 3. Hasil pengujian sistem pengisian baterai menggunakan Algoritma MPPT

Dari hasil kedua percobaan diatas, dapat dinyatakan bahwa daya keluaran dari panel surya jika menggunakan algoritma MPPT lebih besar dari pada tidak menggunakan algoritma MPPT. Jika menggunakan Algoritma MPPT memiliki efisiensi sebesar 45,79% sedangkan tanpa menggunakan Algoritma MPPT memiliki efisiensi sebesar 30,37%.

Hasil dari pengujian lampu LED dapat menyala. Terdapat dua mode yaitu mode malam dan mode siang. Ketika mode malam lampu LED menyala Sedangkan pada saat siang hari lampu LED mati. Sistem tersebut bekerja secara otomatis.



Gambar 12. Percobaan lampu LED

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa desain dan implementasi modul pengisian baterai dan lampu LED menggunakan pembangkit listrik tenaga surya pada sistem tersebut dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem Sistem Penerangan Jalan umum terdiri dari modul pengisian baterai, baterai, serta lampu LED.
2. Jumlah panel surya berpengaruh terhadap percobaan. Ketika panel surya diseri maka akan mendapatkan arus yang cukup tinggi sehingga memaksimalkan pengujian alat.
3. Tegangan keluaran dari topologi SEPIC sangat bergantung pada karakteristik baterai.
4. Dari hasil pengujian lampu LED dapat menyala dengan menarapkan mode siang dan malam sesuai dengan rangkaian relay dan sensor LDR.

### 5.2. Saran

Untuk pengembangan penelitian berikutnya, pembuatan sistem disarankan untuk:

1. Minimal dalam seminggu sistem dijalankan secara real time agar mendapatkan hasil yang maksimal.
2. Menggunakan sistem control tertutup agar pengisian baterai dapat bekerja secara maksimal.
3. Peninjauan lebih lanjut terhadap pemilihan metode MPPT Charging Control.

## Daftar Pustaka

- [1] X. Zhou, D. Song, Y. Ma, and D. Cheng, "The simulation and design for MPPT of PV system based on incremental conductance method," *Proc. - 2010 WASE Int. Conf. Inf. Eng. ICIE 2010*, vol. 2, no. 50877053, pp. 314–317, 2010.
- [2] A. Sayigh, *Photovoltaics for sustainable electricity and buildings*. 2016.
- [3] B. Geethalakshmi and P. Sreeram, "Modeling and analysis of an integrated PV array and SEPIC converter," *2014 Int. Conf. Control. Instrumentation, Commun. Comput. Technol. ICCICCT 2014*, no. 3, pp. 76–80, 2014.
- [4] H. A. Kazem, T. Khatib, K. Sopian, and W. Elmenreich, "Performance and feasibility assessment of a 1.4 kW roof top grid-connected photovoltaic power system under desartic weather conditions," *Energy Build.*, vol. 82, pp. 123–129, 2014.
- [5] J. A. B. Vieira and A. M. Mota, "Implementation of a stand-alone photovoltaic lighting system with MPPT battery charging and LED current control," *Proc. IEEE Int. Conf. Control Appl.*, no. 2, pp. 185–190, 2010.
- [6] S. Sumathi, L. Ashok Kumar, and P. Surekha, *Solar PV and Wind Energy Conversion Systems*. 2015.
- [7] J. (Texas I. I. Falin, "Designing DC / DC converters based on SEPIC topology," *Analog Appl. J.*, pp. 18–23, 2008.
- [8] W. Efficiency, "Specifications Solar Panel – Polycrystalline ( SPM050-P ) Components & Mechanical Data."