



## Eksperimen Heat Transfer pada Minichannel Baterai Pesawat Listrik dengan Fluida Etilen Glikol-Air

### *Heat Transfer Experiments on Electric Aircraft Battery Minichannels with Ethylene Glycol-Air Fluid*

Gaguk Marausna<sup>1</sup>, Dhawysulthan M A<sup>1\*</sup>, Eric Leonardo Sitepu<sup>1</sup>, Muhamad Bayu Adi Kusuma<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan Yogyakarta<sup>2</sup>

\*E-mail : 180302135@students.sttkd.ac.id

#### **Abstract**

*The aviation industry has changed the mass and private transportation industry, thus making aircraft more and more varied, this type of air transportation has a very high adverse effect on the atmosphere because of its very high fuel consumption and emitting so many pollutants that aircraft for the future will lead There are 2 types of aircraft, namely Hybrid-Electric Aircraft and All-Electric Aircraft. Both have the same electric power drive, but there are weaknesses in this transportation. Namely on the battery used. In general, the battery used is Lithium-ion. Lithium-ion has the characteristics of being lightweight and more durable than the others. The battery itself also has a weakness, if it is used for too long or continuously the battery will heat up and reduce battery life. Therefore, cooling the battery is also needed to reduce battery heat and maintain battery life. The results obtained in this study are the use of working fluid 75% Ethylene Glycol – 25% Water is better than 75% Water – 25% Ethylene Glycol..*

**Keywords:** Heat Transfer, Electric Aircraft Batteries, Ethylene Glycol-Air, Minichannel.

#### **Abstrak**

Industri aviasi telah mengubah industri transportasi massal maupun privat, sehingga membuat pesawat terbang semakin banyak variasinya, jenis transportasi udara ini memiliki pengaruh buruk yang sangat tinggi terhadap atmosfer karena konsumsi bahan bakar yang sangat tinggi dan membuang polutan yang sangat banyak sehinggapesawat untuk masa depan akan mengarah ke 2 tipe pesawat yaitu Hybrid-Electric Aircraft dan All-Electric Aircraft. Keduanya memiliki kesamaan berpenggerak tenaga listrik, tetapi terdapat kelemahan pada transportasi ini. Yaitupada baterai yang digunakan. Pada umumnya baterai yang digunakan yaitu Lithium-ion. Lithium-ion memiliki karakteristik yang ringan dan lebih awet dibandingkan dengan yang lain. Baterai itu sendiri juga memiliki kelemahan, jika dipakai terlalu lama atau terus menerus baterai akan panas dan mengurangi life time / umur baterai. Oleh karena itu pendinginan pada baterai juga diperlukan untuk mengurangi suhu panas baterai dan menjaga life time pada baterai. Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah penggunaan fluida kerja 75% Etilen Glikol – 25 % Air lebih baik daripada 75% Air – 25% Etilen Glikol.

**Kata kunci:** Heat Transfer, Baterai Pesawat Listrik, Etilen Glikol-Air, Minichannel

## **1. Pendahuluan**

Industri aviasi telah mengubah industri transportasi massal maupun privat, sehingga membuat pesawat terbang tambah banyak variasinya, jenis transportasi udara ini memiliki pengaruh buruk yang sangat tinggi terhadap atmosfer karena konsumsi bahan bakar yang sangat tinggi dan membuang polutan yang sangat banyak [1]. Data emisi terbaru menunjukkan bahwa peran dunia transportasi dalam emisi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer berada di angka 7% dan sekitar 2,6% di antaranya disumbangkan oleh industri penerbangan [2]. Oleh karena itu, pesawat untuk masa depan akan mengarah ke 2 tipe pesawat yaitu Hybrid-Electric Aircraft dan All-Electric Aircraft [3]. Baterai merupakan salah satu part yang sangat esensial di dalam Hybrid-Electric Aircraft maupun All-Electric Aircraft. Baterai pack kendaraan listrik saat ini mempunyai densitas sangat tinggi dan berat yang diperlukan rendah agar mengatur sel-sel baterai tersebut muat di dalam kendaraan listrik sebanyak mungkin. Namun, panas yang dihasilkan dari komponen baterai merupakan masalah serius yang dapat mempengaruhi energy storage, life cycle, durability, dan efficiency baterai kendaraan listrik [4]. Pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh heat transfer antara 2 campuran fluida yang berbeda. Untuk mengetahui pengaruh heat transfer ini akan diuji dengan fluida 75% Etilen Glikol (EG) – 25% Air (W) dan 75% Air (W) – 25% Etilen Glikol (EG). Baterai lithium-ion (LIB), metodepenyimpanan energi berdasarkan senyawa interkalasi, telah mendapat banyak perhatian dalam dua tahun terakhir. LIB juga akan digunakan pada kendaraan listrik karena sifatnya yang diinginkan seperti bobot yang ringan, kepadatan energi yang tinggi, potensi sirkuit terbuka, efek memori minimal, pengisian cepat, tingkat pengosongan otomatis yang rendah, dan ramah

lingkungan [5]. Heat Transfer adalah pertukaran bentuk energi internal sensibel dan laten antara dua media sebagai akibat dari perbedaan suhu. Panas dapat ditransfer dalam tiga mode berbeda: konduksi, konveksi, dan radiasi. Konduksi adalah perpindahan panas dari partikel yang lebih energik dari suatu zat ke partikel yang kurang energik yang berdekatan sebagai akibat dari interaksi antara partikel. Konveksi adalah cara perpindahan panas antara zat padat permukaan dan cairan atau gas yang berdekatan yang bergerak, dan itu melibatkan efek gabungan dari konduksi dan gerakan fluida. Radiasi adalah energi yang dipancarkan oleh materi dalam bentuk gelombang elektromagnetik (atau foton) sebagai akibat dari perubahan dalam konfigurasi elektron atom atau molekul [6]. Bilangan Reynolds atau bilangan Reynolds adalah bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk mewakili jenis aliran. Bilangan Reynolds adalah rasio gaya inersia terhadap gaya lengket. Jenis aliran dapat dicirikan oleh bilangan Reynolds besar atau kecil. Semakin tinggi bilangan Reynolds, semakin turbulen aliran tersebut. Pada saat yang sama, jika bilangan Reynolds semakin kecil, semakin laminar alirannya. Bilangan Reynolds adalah perbandingan gaya inersia dan gaya viskos [7]. Menggunakan Persamaan Bilangan Reynolds Mengenai aliran fluida cair dalam pipa, yaitu :

$$Re = \frac{V_{avg} D}{\nu} = \frac{\rho V_{avg} D}{\mu} \quad (1)$$

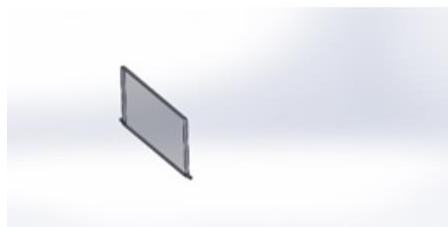
Dimana untuk  $Re \leq 2300$  adalah aliran laminar,  $2300 \leq Re \leq 4000$  adalah aliran transisi, dan  $Re \geq 4000$  adalah aliran turbulence [8]

## 2. Metodologi

Dalam penelitian yang dilakukan, penulis akan menguji menggunakan pendekatan kuantitatif. Sedangkan jenis penelitian ini menggunakan prototype baterai pesawat listrik yang dimana fluida kerja akan diukur temperaturnya dengan thermocouple 1 (T1) dan dialirkan oleh pompa dari tank 1 ke arah minichannel yang berada di battery pack. Untuk baterainya akan diukur temperaturnya oleh thermocouple 2 (T2), thermocouple 3 (T3), dan thermocouple 4 (T4) lalu fluida kerja dari minichannel akan dialirkan ke tank 2 dimana akan diukur temperaturnya menggunakan thermocouple 5 (T5). Adapun untuk dimensi minichannel, dimensi baterai, dan fluida kerja yang akan dipakai adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Dimensi Minichannel

Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tinggi (mm)
500 mm	5 mm	80 mm



Gambar 1 Bentuk Minichannel

Tabel 2 Dimensi Baterai

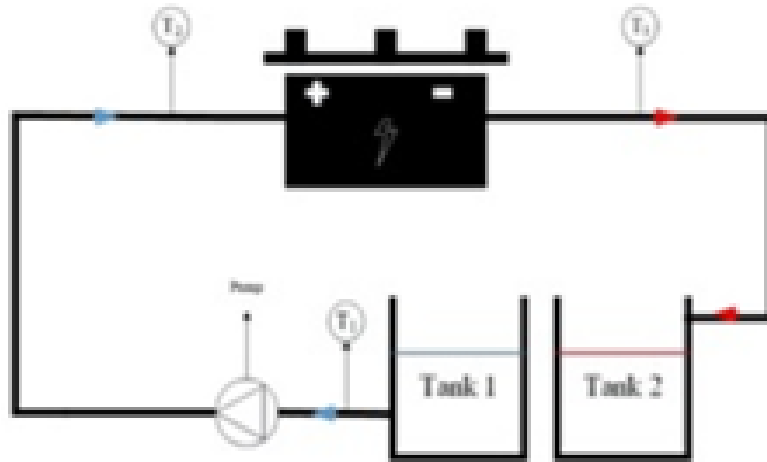
Diameter (mm)	Tinggi (mm)	Jumlah (Pcs)
50	80	30



Gambar 2 Susunan Baterai

Tabel 3 Tabel Properties Fluida Kerja

Jenis Fluida	K (W/m.K)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg.K)	$\nu$ (m <sup>2</sup> /s)	$\mu$ (kg/m*s)
75 EG / 25 W	0,3299	1079,72	3,1695	9,59	79,269
75 W / 25 EG	0,47195	1038,36	3,8395	0,447082	5.069



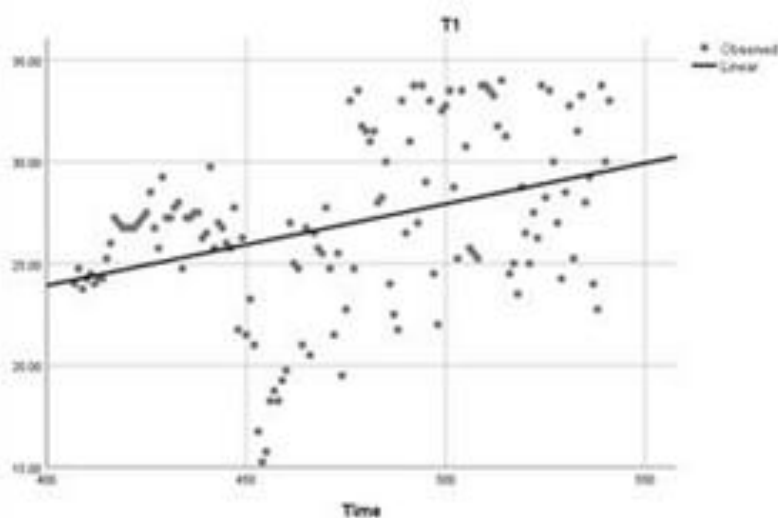
Gambar 3. Skema Eksperimental

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pelaksanaan pengujian dalam penelitian ini meliputi fluida kerja 75% Etilen Glikol – 25% Air dan 75% Air – 25% Etilen Glikol, dimana dalam setiap pengujian berlangsung selama 10 menit yang terdiri dari 5 menit pengaliran fluida kerja dan 5 menit berikutnya untuk pengambilan data. Untuk data yang didapatkan oleh masing-masing fluida kerja yaitu sebagai berikut :

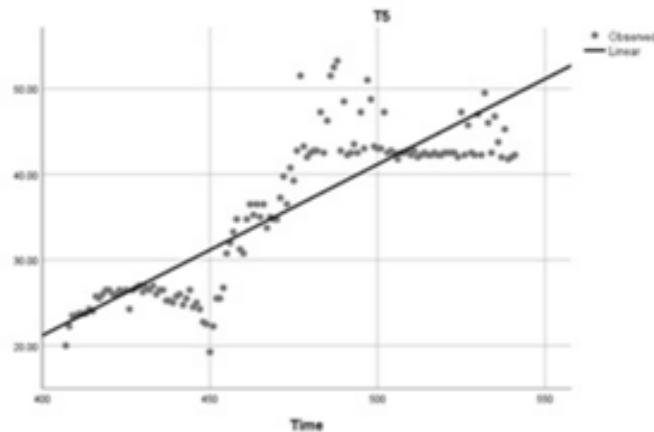
Fluida Kerja 75% Etilen Glikol – 25%

Dapat dijelaskan dalam grafik Thermocouple 1 dibawah bahwa untuk aliran inlet setiap detik nya semakin berubah-ubah dikarenakan faktor fluida yang berada di tank 1 berefek kalor konveksi dari temperatur ruangan lalu dibeberapa menit berikutnya akan terjadi kenaikan temperatur dikarenakan heat transfer pada siklus aliran.



Gambar 4 Grafik T1 75% Etilen Glikol - 25% Air

Sedangkan untuk penjelasan grafik outlet atau T5 yaitu pada aliran outlet setiap detik nya semakin naik dikarenakan heat transfer yang terjadi diantara minichannel dan baterai yang dimana baterai mempunyai temperatur sekitar 70°C sampai dengan 80°C. Untuk grafik dibawah ini, detik-detik awal T5 terjadi sedikit penurunan dikarenakan heat transfer belum terjadi dengan sempurna.



Gambar 5 Grafik T5 75% Etilen Glikol - 25% Air

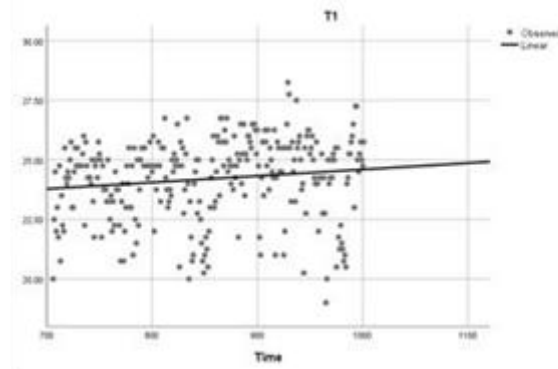
Untuk rata-rata yang didapatkan dalam eksperimen ini dapat dijelaskan dalam tabel dibawah ini yaitu :

Tabel 4 Rata-Rata Temperatur per Thermocouple

$\bar{X} T1$	$\bar{X} T2$	$\bar{X} T3$	$\bar{X} T4$	$\bar{X} T5$
26,567	73,459	75,431	70,001	36,016

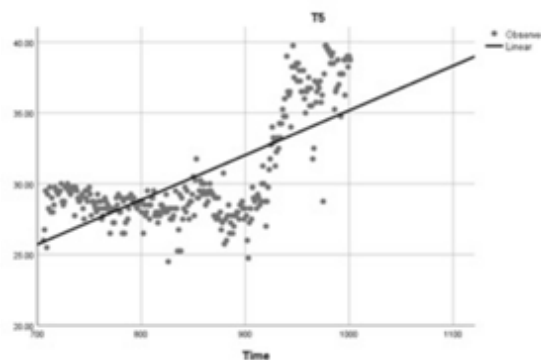
### Fluida Kerja 75% Air – 25% Etilen Glikol

Dapat dijelaskan dalam grafik Thermocouple 1 dibawah bahwa untuk aliran inlet setiap detik nya semakin berubah-ubah dikarenakan faktor fluida yang berada di tank 1 berefek kalor konveksi dari temperatur ruangan lalu dibberapa menit berikutnya akan terjadi kenaikan temperatur dikarenakan heat transfer pada siklus aliran.



Gambar 6 Grafik T1 75% Air - 25% Etilen Glikol

Sendangkan untuk penjelasan grafik outlet atau T5 yaitu pada aliran outlet setiap detik nya semakin naik dikarenakan heat transfer yang terjadi diantara minichannel dan baterai yang dimana baterai mempunyai temperatur sekitar 70°C sampai dengan 80°C. Untuk grafik dibawah ini, detik-detik awal T5 terjadi sedikit penurunan dikarenakan heat transfer belum terjadi dengan sempurna.



Gambar 7 Grafik T5 75% Air - 25% Etilen Glikol

Untuk rata-rata yang didapatkan dalam eksperimen ini dapat dijelaskan dalam tabel dibawah ini yaitu :

Tabel 5 Rata-Rata Temperatur per Thermocouple

$\bar{X} T1$	$\bar{X} T2$	$\bar{X} T3$	$\bar{X} T4$	$\bar{X} T5$
24,264	67,098	67,484	68,525	30,730

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan data dari hasil pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dalam penelitian yang dilakukan, Fluida Kerja 75% Etilen Glikol – 25% Air dan 75% Air – 25% Etilen Glikol. Maka outlet setiap detik nya semakin naik karena heat transfer yang terjadi diantara minichannel dan baterai yang dimana baterai mempunyai temperatur sekitar 70°C sampai dengan 80°C.
2. Heat transfer lebih baik menggunakan 75% Etilen Glikol – 25% Air dimana dalam pengujian berlangsung selama 10 menit, penurunan suhu Baterai lithium-ion lebih cepat dibandingkan dengan 75% Air – 25% Etilen Glikol sesuai dengan tabel 4 dan tabel 5.

#### Referensi

- [1] S. A. Taghizadeh, G. H. Shafabakhsh, and I. Aghayan, "Evaluation of aircraft emission at Imam Khomeini International Airport and Mehrabad International Airport," *Int. J. Environ. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 11, pp. 6587–6598, 2019, doi: 10.1007/s13762-019-02381-9.
- [2] M. D. Staples, R. Malina, P. Suresh, J. I. Hileman, and S. R. H. Barrett, "Aviation CO2 emissions reductions from the use of alternative jet fuels," *Energy Policy*, vol. 114, no. December 2017, pp. 342–354, 2018, doi: 10.1016/j.enpol.2017.12.007.
- [3] A. W. Schäfer et al., "Technological, economic and environmental prospects of all-electric aircraft," *Nat. Energy*, vol. 4, no. 2, pp. 160–166, 2019, doi: 10.1038/s41560-018-0294-x.
- [4] S. Wiriyasart, C. Hommalee, S. Sirikasemsuk, R. Prurapark, and P. Naphon, "Thermal management system with nanofluids for electric vehicle battery cooling modules," *Case Stud. Therm. Eng.*, vol. 18, no. December 2019, pp. 1–11, 2020, doi: 10.1016/j.csite.2020.100583.
- [5] F. Baskoro, H. Q. Wong, and H. J. Yen, "Strategic Structural Design of a Gel Polymer Electrolyte toward a High Efficiency Lithium-Ion Battery," *ACS Appl. Energy Mater.*, vol. 2, no. 6, pp. 3937–3971, 2019, doi: 10.1021/acsaem.9b00295.
- [6] Y. A. Çengel and A. J. Ghajar, *Heat and Mass Transfer : Fundamentals & Applications Sixth Edition*, 6th ed. Mc Graw Hill, 2020.
- [7] Y. A. Çengel and J. M. Cimbala, *Fluid Mechanics Fundamentals and Applications*, 3rd ed. Mc Graw Hill, 2014.
- [8] M. T. A. Fadli, G. Marausna, F. Jayadi, and ..., "Rancang Bangun Visualisasi Aliran Air Di Dalam Pipa Tubular Dengan Vortex Generator Untuk Meningkatkan Sifat Turbulensi ...," ... *STTKD J. Tek. ...*, vol. 7, no. 2, pp. 205–215, 2021.