

ANALISIS SUHU SISTEM PENGGERAK ELEKTRIK PADA PROTOTIPE KENDARAAN UG-HEV (*HYBRID ELECTRIC VEHICLE*)

Muhana Khalis¹, Mohamad Yamin^{2*}

¹Program Pasca Sarjana Teknik Mesin, Universitas Gunadarma, Indonesia, 16424

²Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Indonesia, 16424

ABSTRAK

Berbagai penelitian saat ini mengangkat alternatif energi yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Maka teknologi yang diterapkan pada mobil *hybrid* merupakan cara efisien untuk menjaga lingkungan. Teknologi kendaraan *hybrid* pada paper ini merupakan pengembangan prototipe kendaraan *University of Gunadarma hybrid electric vehicle (UG-HEV)* hasil modifikasi penggerak mobil Toyota soluna 2003, menggunakan sumber daya bahan bakar dan listrik. *Brushless Motor-DC* digunakan untuk memenuhi kebutuhan putaran motor rendah dengan torsi yang relatif besar di kisaran 1.200-3.000 rpm. Penggerak elektrik dihubungkan ke *differential gear* dengan sistem *trough the road paralel hybrid*. Pengendali utama adalah kontroler *KLS BLDC Motor Brushless* yang mengatur kecepatan putaran motor. Baterai yang digunakan adalah *Lithium Ferro Phosphate 4 (LiFePo4)*. Dalam paper ini dikaji kondisi suhu sistem penggerak elektrik berbagai kecepatan motor dan sistem pendingin. Hasil menunjukkan putaran motor maksimal, namun suhu penggerak elektrik dibatasi pada kontroler 30°C, baterai 30°C dan motor 45°C agar tidak terbakar, mengurangi usia pemakaian dan sesuai spesifikasi. Sistem pendingin diukur menggunakan *thermostat*, jika sudah mencapai suhu yang ditetapkan maka sistem pendingin menyala secara otomatis dalam waktu 7-10 menit untuk menurunkan suhu hingga mencapai 20-50% dan mengurangi penggunaan bahan bakar hingga 20%.

Kata kunci : *Hybrid Electric Vehicle; BLDC Motor; LiFePo4 Battery; Cooling System.*

ABSTRACT

Various studies are currently raising more efficient and environmentally friendly energy alternatives. The hybrid technology applied to cars is an efficient way to protect the environment. This paper is developing a prototype vehicle for the University of Gunadarma hybrid electric vehicle (UG-HEV) modified with the Toyota Soluna 2003 car, using fuel and electricity sources. Brushless Motor-DC is used to meet low motor rotation needs with relatively large torque in the range of 1,200-3,000 rpm. The electric drive is connected to the differential gear with a parallel hybrid through the road system—the central controller, the KLS BLDC Brushless Motor controller, which regulates the motor's rotation speed. The battery used is lithium Ferro phosphate 4 (LiFePo4). This paper examines the electric drive system's temperature conditions at various motor speeds and the cooling system. The results show the most significant motor speed. Still, the electric drive temperature is limited to the controller 30°C, the battery is 30°C, and the motor is 45°C so as not to burn, cut service life, and meet specifications. The cooling system is measured using a thermostat. If it has reached the set temperature, the cooling system will turn on automatically within 7-10 minutes to reduce the temperature to 20-50% and reduce fuel use by 20%.

Keywords : *Hybrid Electric Vehicle; BLDC Motor; LiFePo4 Battery; Cooling System*

* Penulis korespondensi

Email: mohay@staff.gunadarma.ac.id

Diterima 26 Januari 2021; Penerimaan hasil revisi 07 Maret 2021; Disetujui 09 Maret 2021

Tersedia online Maret 2021

AME (Aplikasi Mekanika dan Energi): Jurnal Ilmiah Teknik Mesin © 2021

1. PENDAHULUAN

Ketergantungan manusia terhadap sumber daya alam berupa bahan bakar telah mendorong terjadinya krisis energi dan dapat menimbulkan masalah baru dari penggunaan energi yang tidak dapat diperbarui, yaitu berupa polusi dan pencemaran lingkungan yang berdampak pada perubahan iklim di dunia.

Segala sesuatu yang berpotensi menyebabkan polusi udara diubah seperti pada bidang otomotif, yaitu teknologi *hybrid*. Penggunaan kendaraan listrik dapat mengurangi kebiasaan manusia untuk tidak boros dalam penggunaan bahan bakar mineral atau minyak bumi, mengurangi pencemaran polusi udara dan gas buang hasil pembakaran pada knalpot kendaraan (Anderson, et al., 2009). Mobil *hybrid* merupakan penggabungan dari dua sistem yang bekerja pada mobil konvensional dan listrik. Baterai diubah melalui motor listrik untuk menggerakkan mobil. Sekalipun mobil bertenaga listrik ini ramah lingkungan, tidak bising dan memiliki akselerasi yang baik.

Baterai li-ion atau lifepo4 adalah baterai yang paling tepat digunakan pada kendaraan mobil *hybrid*, karena baterai tersebut terdapat kelebihan dan keunggulan tenaga listrik yang sangat baik dibandingkan dengan baterai elektrokimia lainnya (Liu, et al., 2017). Mobil *hybrid* menggunakan tenaga listrik dari baterai yang akan berpotensi menimbulkan suhu panas, jika baterai yang digunakan secara terus menerus akan mempengaruhi masa pemakaian baterai dan baterai akan mudah rusak akibat suhu terlalu panas (Panchal, et al., 2015; Panchal, et al., 2015). Maka baterai harus didinginkan untuk menjaga kualitas dan supaya baterai yang digunakan menjadi sangat baik. Pada tingkat pelepasan tenaga pada baterai yang berlebih, maka suhu baterai akan meningkat didalam baterai (Rao, et al., 2013). Manajemen efisiensi pengisian baterai dan masa umur baterai akan berkurang jika tidak memperhitungkan suhu pengoperasian baterai mencapai 40°C. Biasanya baterai lithium li-ion dan lifepo4 beroperasi pada kisaran suhu optimal 10°C-40°C (Pancha, et al., 2015; He & Ma, 2016; Sun, et al., 2014). Namun saya membatasi operasi kerja baterai pada kisaran suhu 30°C agar suhu sistem penggerak tidak

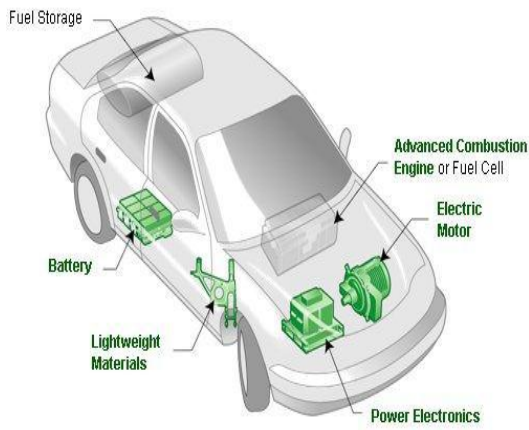
melebihi suhu panas pada kontroler 30°C dan motor bldc 45°C. Kinerja baterai akan melemah dan menurun jika penggunaan baterai dipaksa bekerja secara optimal pada suhu rendah (Lei, Zhang, & Lei, 2017). Penggunaan baterai li-ion atau lifepo4 pada kendaraan *hybrid* mungkin lebih baik dari pada menggunakan panel surya yang hanya menghasilkan tegangan rendah dan kurang efisiensi karena harus menggunakan tenaga dari sinar matahari (Surapati & Priyadi, 2017).

Manajemen termal yang baik untuk menjaga kinerja dari baterai dan menghindari kerugian lebih besar yang mengakibatkan suhu kalor tinggi. Maka sistem pendingin termal pada suhu baterai harus diturunkan supaya umur baterai tidak cepat rusak. Sebagian besar kendaraan listrik menggunakan sistem pendingin udara atau cairan untuk mengontrol suhu baterai secara efektif (Liu, et al., 2017). Pada percobaan termal manajemen sistem baterai yang disusun berbaris pada kondisi yang relatif lebih dingin berada pada baris pertama karena berdekatan dengan saluran masuknya aliran udara, baris kedua membuang suhu panas dari satu tempat ketempat lain dan baris ke tiga semua sel mendapatkan suhu yang lebih tinggi karena tidak keseragamannya suhu sel-sel dan hembusan angin pendingin sudah membuang suhu panas pada sel pendahulunya (Jilte & Kumar, 2018). *Heatsink* terbuat dari alumunium fungsi ini untuk membantu sistem pendingin pada baterai, kelayakan penggunaan pendingin saluran mini untuk mencegah terjadinya pelarian termal dalam satu sel baterai dan perambatan pelarian termal dari satu sel ke satu sel yang berdekatan (Xu, et al., 2017). Pendingin kabut adalah teknik yang menggunakan tetesan air halus yang diinjeksikan ke aliran udara untuk mendinginkan permukaan yang dipaksakan (Saw, et al., 2017).

Manajemen termal yang baik untuk menjaga kinerja dari baterai dan menghindari kerugian lebih besar dan mengakibatkan suhu kalor tinggi. Maka sistem pendingin termal pada suhu baterai harus diturunkan supaya masa umur baterai tidak singkat, tidak cepat rusak dan tidak memiliki suhu yang berlebih. Dari sistem ini suhu panas baterai terbuang dan diturunkannya suhu panas tersebut dengan aliran fluida berupa kandungan air didalam *waterblock*, *heatsink* dan didinginkan

menggunakan peltier. Kabut halus yang keluar dihembuskan menggunakan kipas angin untuk mendinginkan dan menurunkan suhu panas yang berlebih pada saat baterai bekerja.

Secara umum kendaraan *hybrid* adalah kombinasi bahan bakar minyak dan listrik. Tujuan utama dari mesin adalah untuk menyediakan daya yang diperlukan untuk mengatur kecepatan stabil. Selama akselerasi motor listrik menggantikan mesin, hasilnya adalah peningkatan dramatis dalam jarak tempuh kendaraan.

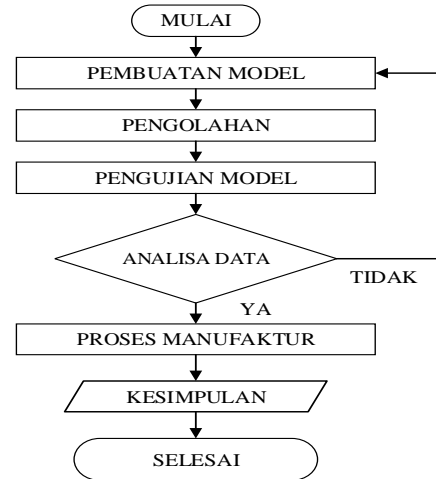


Gambar 1.1 Mobil Hybrid (Anderson, et al., 2010)

Kendaraan mobil *hybrid* yang dirancang adalah tipe *trough the road parallel hybrid* ini memisahkan antara mesin bakar bensin konvensional dan mesin *hybrid* seri ataupun paralel (Pisanti, et al., 2014). Hal ini menjadi pemikiran yang masuk akal untuk mengharapkan bahwa manfaat dalam penghematan bahan bakar akan menjadi lebih rendah daripada mobil kendaraan *hybrid* aslinya. Karena kopling as roda depan dan belakang dalam *trough the road parallel* kecepatan motor listrik sebanding dengan kecepatan kendaraan, sehingga kondisi bahan bakar sangat efisiensi maksimum.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan dari awal hingga akhir penelitian, yang ditunjukkan melalui sebuah diagram alur atau *flowchart*.

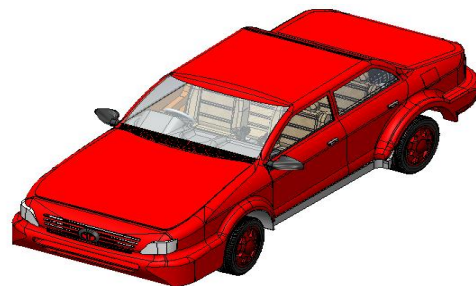


Gambar 2.1 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur diatas adalah proses untuk melakukan penelitian. Pembuatan model adalah pembuatan gambar yang menggunakan *software solidwork 2018*. Pengolahan data adalah hasil gambar yang sudah dibuat menggunakan *software solid work 2018* lalu membuat model benda tersebut sesuai dengan gambar. Pengujian model yang telah dibuat sesuai atau tidak benda yang dibuat dan disini juga untuk menguji kelistrikan, jika "tidak" maka akan berbalik lagi ke pembuatan model dan menguji kelistrikan ulang, dan jika analisa "ya" maka langsung naik proses manufaktur untuk perakitan.

A. Desain Mobil Toyota Soluna Hybrid

Desain model difungsikan sebagai kendaraan untuk jalan raya beraspal dengan kondisi 1 penumpang dan 1 pengemudi. Gambar ini dibuat sendiri menggunakan *software solidwork 2018*.

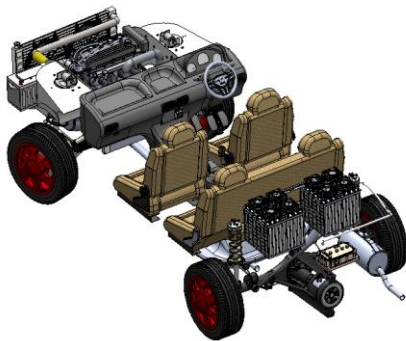


Gambar 2.2 Desain Mobil Toyota Soluna Hybrid

Mobil Toyota *hybrid* telah dimodifikasi seperti *hub disk*, bagian bagasi untuk menaruh baterai, poros roda bagian belakang dirubah menjadi menggunakan gardan dan berat kendaraan bertambah karena banyaknya komponen kelistrikan pada kendaraan *hybrid*. Berat mobil setelah dimodifikasi adalah 1.240 kg.

B. Topology Hybrid

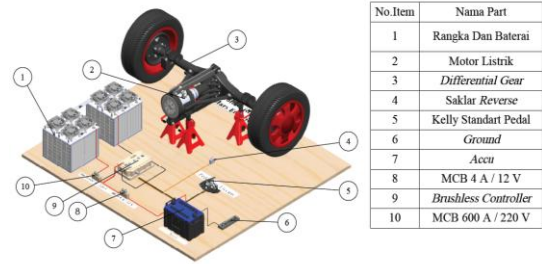
Dengan sistem penggerak kendaraan motor bensin dan motor listrik terpisah dan dihubungkan dengan poros yang telah dibuat, yaitu antara *differential* dan motor listrik. Gambar dibawah ini dibuat menggunakan *software solidwork 2018*.



Gambar 2.3 Modifikasi Sistem Penggerak Mobil Soluna Hybrid

Tipe *through the road parallel hybrid* dipilih karena model sistem penggerak untuk kedua sumber baik motor bakar maupun motor listrik dapat menggerakkan kendaraan secara mandiri ataupun bersamaan (Pisanti, et al., 2014).

C. Modifikasi Mobil Toyota Soluna Hybrid

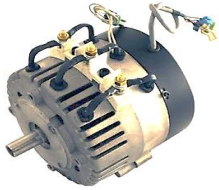



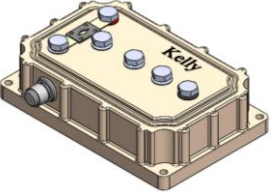


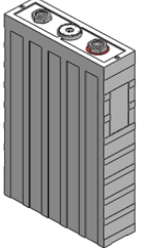
Gambar 2.4 Skematik Instalasi Sistem Penggerak Electric Toyota Soluna Hybrid

Gambar 2.4 adalah gambar yang dibuat menggunakan *software solidwork 2018* untuk memudahkan melihat bentuk skematik instalasi kelistrikan mobil *hybrid* sebelum dipasang pada mobil sedan Toyota soluna. Skematik instalasi rangkaian untuk mengetahui bahwa komponen dapat berfungsi dengan baik. Komponen utama pada rangkaian tersebut adalah baterai *lifepo4*, BLDC motor *mars electric*, *differential*, *brushless DC controller* dan *kelly standart pedal*.

Baterai *lifepo4* dihubungkan pada *brushless dc controller*, dari kontroler dihubungkan ke *bldc motor* dan pada pedal pengendali. Ketika kontroler sudah dihidupkan yang telah diberi tegangan dari baterai maka pedal ditekan untuk meminta kebutuhan gerak pada kontroler, setelah sensor meminta kebutuhan berputar, maka motor akan berputar sesuai yang diharapkan pada pedal. Dan memutarakan gardan selanjutnya roda berputar dan mobil berjalan. Komponen yang dibutuhkan untuk modifikasi diperlihatkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi Komponen Electric Mobil Toyota Soluna Hybrid

No	Komponen Utama	Nama Komponen	Spesifikasi
1.		<i>BLDC Motor Mars Electric</i> (Yedamale, 2003; Yulianta, et al., 2015; Mars 0913, 2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe Motor = <i>Mars 0913 BLDC Motor</i> • Jenis Motor = 3 fase • <i>Output Power</i> = 12 kW – 30 kW • Kecepatan Rotor = 5000 RPM (batas yang dianjurkan) • Jumlah Magnet = 8 Magnet • Berat =16 kg






2.		<p><i>Engine Toyota Soluna</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Type Mesin = 4 Silinder Segaris 16 katup • Diameter X Langkah = 78,7 mm x 77 mm • Volume Langkah / Silinder = 110 cc • Perbandingan Kompresi = 9.5:1 • Torsi Maksimum = 124 Nm / 4.800 RPM. • Daya Maksimum = 93 HP @5.600 RPM
3.		<p><i>Brushless DC Controller</i> (KLS BLDC Controller, 2021)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Frequency of Operation = 10KHz/20kHz</i> • <i>Standby Battery Current = < 0.5mA.</i> • <i>5V/12V Sensor Supply Current = 40mA</i> • <i>Controller supply voltage range = PWR, 8V to 30V</i> • <i>Full Power Operating Temperature Range = 0°C to 70°C (MOSFET temperature)</i> • <i>Operating Temperature Range = -40 °C to 100°C (MOSFET temperature)</i>
4.		<p><i>Kelly Standart Pedal</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tipe Pedal = <i>Kelly standart pedal</i> • Model = <i>Linier hall 1-4V</i>
5.		<p><i>Differential Toyota Corona Mark II</i> (Noviyanto, 2007)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Panjang poros = 1467 mm • Ukuran <i>Pitch Circle Diameter (PCD) = 114 mm</i> • Jumlah baut = 4 pcs • Σ <i>ring gear = 43 buah</i> • Σ <i>drive pinion = 11 buah</i> • Σ <i>side gear = @16 buah = 32 buah</i> • Σ <i>differential pinion = @10 buah = 20 buah</i> • <i>Gear Ratio (GR) = 3.9</i>
6.		<p><i>Baterai Lithium LiFePO4</i> (Panchal, et al., 2015; He, F et al., 2016; Sun, J, et al., 2014)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Jenis Battery = <i>Lithium LiFePO4</i> • <i>Nominal Voltage = 3.3 Volt</i> • <i>Minimum Voltage = 2.0 Volt</i> • <i>Nominal Capacity = 100 Ah</i> • <i>Charging Temperature = 0 – 45°C</i> • <i>Working Temperature = 10-40°C</i> • <i>Charge Current = 33.3 A</i> • <i>Weight = 3 kg</i>

D. Sistem Pendingin

Kipas angin (*fan*) adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk membuat aliran gas berubah-ubah seperti udara. Kipas angin sederhana yang digunakan sebagai kipas

pendingin eksternal untuk mesin pembakaran internal atau pendinginan untuk ruang instalasi kelistrikan pada kendaraan *hybrid* soluna. Komponen sistem pendingin ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komponen Sistem Pendingin

No	Gambar Komponen	Nama Komponen	Spesifikasi	Keterangan
1.		Kipas Angin	Switch = three swich Daya = 35 watt Tegangan = 220 Vac	Kipas angin ini berfungsi untuk mendinginkan komponen baterai yang telah mencapai suhu panas.
2.		Peltier	Model = TEC – 12706 Tegangan oprasi = 0-15.2 Volt DC, 0-6 A Suhu operasi = 30-70 Max power = 60 watts	Alat pendingin elektronik, pendingin ini biasa digunakan pada pendingin prosesor, dan bisa mendinginkan baterai .
3.		TEC Thermoelectric Cooler	<ul style="list-style-type: none"> • Aluminium Heatsink Besar • Aluminium Heatsink Kecil • Kipas/fan 12V besar • Insulation Pad Washer 	Komponen pendukung peltier untuk membantu pendinginan. Seperti air cooling system, cooler dispenser, mini refrigeration peltier. Membantu untuk mendinginkan baterai.
4.		Water Block Liquid Cooler	Ukuran = 4 cm x 4 cm x 1,2 cm Bahan alumunium	Sebagai pendingin dengan sistem water cooling close up/open loop
5.		Alumunium Heatsink Profil Diekstrusi Thermal Pad	Ukuran = 4 cm x 4 cm x 1,1 cm Bahan alumunium	Sebagai pendingin tambahan atau memperluas transfer suhu panas

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Baterai

Pada pengujian sistem pendinginan baterai diasumsikan hanya menggunakan satu baterai, karena untuk mengetahui seberapa daya, suhu, dan pengurangan tegangan baterai tersebut. Berikut adalah uji coba beban pada satu baterai:

Volt Baterai : 3.2 V
Beban Kipas : 12 DC

Temperatur : 27.6°C
Ampere : 0,20 A
Satuan : °Celcius
Beban Dinamo Motor : 12 DC
Waktu : 10 Menit

Gambar 3.1 dibawah ini adalah hasil salah satu pengambilan data suhu panas baterai menggunakan alat berupa *thermocouple thermometers* pada pengujian ke 4.

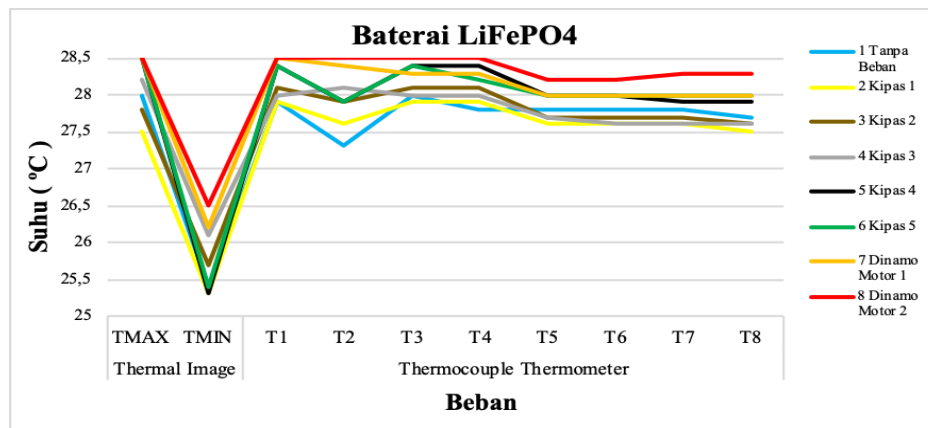


Gambar 3.1 Pengujian Baterai Menggunakan *Thermocouple Thermometers*

Berdasarkan hasil pengujian baterai pada gambar 3.1 dan tabel 3.1 menggunakan alat *thermocouple thermometers* tegangan baterai 3.2 volt, dan suhu baterai tanpa beban minimal 27.3°C diuji coba selama 80 menit, maka hasil suhu panas tertinggi mencapai 28.5°C.

Tabel 3.1 Data Pengamatan Baterai Gambar

No	Beban	Thermal Image (°C)		Thermocouple Thermometer (°C)							
		θ MAX	θ MIN	θ 1	θ 2	θ 3	θ 4	θ 5	θ 6	θ 7	θ 8
1.	Tanpa Beban	28.0	25.4	27.9	27.3	28.0	27.8	27.8	27.8	27.8	27.7
2.	Kipas 1	27.5	25.3	27.9	27.6	27.9	27.9	27.6	27.6	27.6	27.5
3.	Kipas 2	27.8	25.7	28.1	27.9	28.1	28.1	27.7	27.7	27.7	27.6
4.	Kipas 3	28.2	26.1	28.0	28.1	28.0	28.0	27.7	27.6	27.6	27.6
5.	Kipas 4	28.5	25.3	28.4	27.9	28.4	28.4	28.0	28.0	27.9	27.9
6.	Kipas 5	28.5	25.4	28.4	27.9	28.4	28.2	28.0	28.0	28.0	28.0
7.	Dinamo Motor	28.5	26.2	28.5	28.4	28.3	28.3	28.0	28.0	28.0	28.0
8.	Dinamo Motor	28.5	26.5	28.5	28.5	28.5	28.5	28.2	28.2	28.3	28.3

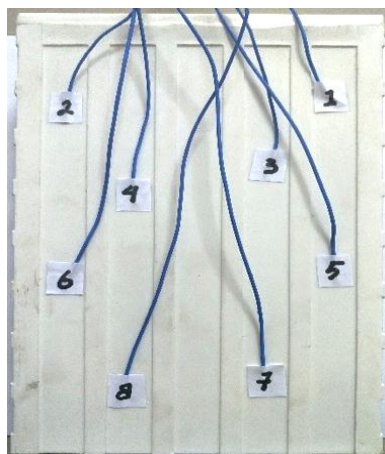


Gambar 3.2 Pengujian Suhu Pada Baterai

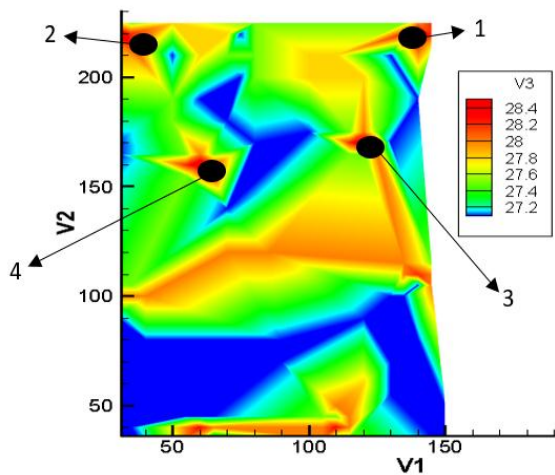
Pada tabel 3.2 menentukan titik koordinat baterai untuk mengetahui hasil suhu panas pada saat baterai bekerja.

Tabel 3.2 Titik Koordinat Baterai

No	Sumbu X	Sumbu Y	Suhu (°C)
1.	140	220	28.5
2.	30	220	28.5
3.	120	170	28.5
4.	60	160	28.5
5.	140	110	28.2
6.	30	100	28.2
7.	110	40	28.3
8.	60	40	28.3



Gambar 3.3 Titik Uji Coba Suhu



Gambar 3.4 Kontur Baterai

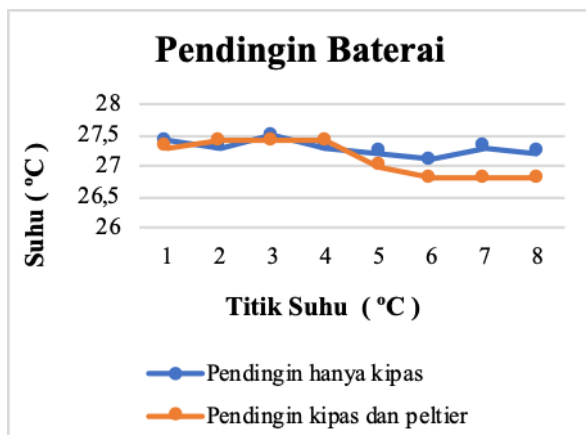
Dari gambar kontur 3.4 diatas terdapat delapan titik, namun pada titik θ_1 , θ_2 , θ_3 , θ_4 menunjukkan bahwa titik pada kontur V1 dan V2 tersebut menandakan suhu panas pada baterai, jika baterai sudah bekerja selama 80 menit dengan menggunakan beban, suhu tersebut mencapai 28.5°C. Dan kontur diatas menggunakan *software teplot 360 ex 2016* yang memasukkan titik koordinat dan selajutnya hasil keluar dalam bentuk kontur dingin atau panasnya suhu baterai. Bahwa suhu panas pada kontur menandakan warna merah dan suhu dingin menunjukkan pada warna biru.

B. Sistem Pendingin Baterai

UG HEV (*University of Gunadarma Hybrid Electric Vehicle*) prototipe ini menggunakan penggerak dari mesin konvensional dan motor listrik. Penggerak motor listrik tersebut menggunakan daya pada baterai, maka baterai jika digunakan untuk bekerja secara terus menerus yang akan menghasilkan baterai akan panas lalu umur pemakaian baterai singkat dan cepat rusak. Karena baterai yang terus bekerja tidak sama dengan suhu pada motor bldc ataupun pada kontrolernya, baterai akan mengeluarkan suhu panas pada saat bekerja namun kontroler akan lebih panas. Maka suhu pada baterai harus dibatasi mencapai 30°C, akan tetapi pengujian dengan mengasumsikan satu baterai dalam waktu 80 menit pada saat bekerja dengan menggunakan beban berupa kipas dan *dynamo* motor hanya menghasilkan suhu panas berkisar 28.5°C pada uji coba menggunakan satu baterai.

Tabel 3.3 Perbandingan Metode Pertama dan Kedua

No	Suhu Baterai Saat Bekerja (°C)	Pendingin Hanya Kipas (°C)	Pendingin Kipas Ditambah Peltier (°C)
1.	28.5	27,4	27,3
2.	28.5	27,3	27,4
3.	28.5	27,5	27,4
4.	28.5	27,3	27,4
5.	28.2	27,2	27
6.	28.2	27,1	26,8
7.	28.3	27,3	26,8
8.	28.3	27,2	26,8

**Gambar 3.5 Grafik Pendingin Baterai**

Dari hasil grafik diatas diambil data dari tabel 3.3 yang menunjukkan bahwa pendingin baterai menggunakan peltier adalah pendingin yang lebih baik dari pada hanya menggunakan kipas. Pendingin yang menggunakan kipas berada di suhu 27.2°C sedangkan yang menggunakan kipas dan *peltier* menunjukkan pada suhu 26.8°C. pendingin yang menggunakan air yang didinginkan dengan peltier lalu dihembuskan menggunakan kipas untuk mendinginkan suhu ruangan pada baterai yang berada diruang bagasi pada kendaraan Toyota soluna untuk penggerak mobil *hybrid* hasilnya cukup baik, tidak butuh waktu yang lama dan sangat efisien dibandingkan hasil penelitian sebelumnya.

4. KESIMPULAN

Pengujian sistem penggerak elektrik dan pengukuran suhu pada prototipe kendaraan *hybrid electric vehicle* (UG-HEV) telah berhasil

dilakukan. Pengujian baterai panas suhu tertinggi yang didapat adalah 28.5°C, dan dapat didinginkan hingga 26.8°C. Sistem pendingin juga sudah menunjukkan hasil pendinginan yang lebih efisien jika menggunakan kipas dan peltier.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Universitas Gunadarma yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, P. H., Mathews, J. A., & Rask, M. (2009). Integrating Private Transport Into Renewable Energy Policy: The Strategy Of Creating Intelligent Recharging Grids For Electric Vehicles. *Energy Policy*, 37(7), 2481-2486.
- Liu, H., Wei , Z., He, W., & Zhao, J. (2017). Thermal Issues About Li-Ion Batteries And Recent Progress In Battery Thermal Management Systems: A Review. *Energy Conversion And Management*, 150(15), 304-330.
- Pancha, S., Mathewson, S., Fraser, R., Culham, R., & Fowler, M. (2015). Experimental Measurements of Thermal.
- Panchal, S., Mathewson, S., Fraser, R., Culham, R., & Fowler, M. (2015). Thermal Management of Lithium-Ion Pouch Cell with Indirect Liquid Cooling using Dual Cold Plates Approach. *SAE International Journal of Alternative Powertrains*, 4(2), 293-307.

- Rao, Z., Wang, S., Wu, M., Lin, Z., & Li, F. (2013). Experimental Investigation On Thermal Management Of Electric Vehicle Battery With Heat Pipe. *Energy Conversion And Management*, 65, 92-97.
- He, F., & Ma, L. (2016). Thermal Management in Hybrid Power Systems Using Cylindrical and Prismatic Battery Cells. *Heat Transfer Engineering*, 37(6), 581-590.
- Zlei, Z., Zhang, Y., & Lei, X. (2017). Temperature Uniformity Of A Heated Lithium-Ion Battery Cell In Cold Climate. *Applied Thermal Engineering*, 148-154.
- Surapati, A., & Priyadi, I. (2017). Rancang Bangun Mobil Hybrid (Tenaga Angin Dan Tenaga Surya) Zero Pullution.
- Jilte, R. D., & Kumar, R. (2018). Numerical Investigation On Cooling Performance Of Li-Ion Battery Thermal Management System At High Galvanostatic Discharge. *Engineering Science And Technology, An International Journal*.
- Xu, J., Lan, C., Qiao, Y., & Ma, Y. (2016). Prevent Thermal Runaway Of Lithium-Ion Batteries With Minichannel Cooling. *Applied Thermal Engineering*, 110, 883-890.
- Saw, L. H., Poon, H. M., Thiam, H. S., Cai, Z., Chong, W., Pambudi, N. A., & King, Y. J. (2017). Novel Thermal Management System Using Mist Cooling For Lithium Battery.
- Anderson, C. D., & Anderson, J. (2010). In *Electric And Hybrid Cars A History* (Pp. 1-269). North Carolina, And London: Mc Farland & Company, Inc.
- Pisanti, C., Rizzo, G., & Marano, V. (2014). Energy Management Of Through-The-Road Parallel Hybrid Vehicles.
- Yedamale, P. (2003). Brushless Dc (Bldc) Motor Fundamentals An885. *Microchip Technology Inc.*, 1-20
- Yulianta, A. D., Hadi, S. P., & Suharyanto. (2015). Pengendalian Kecepatan Motor Brushless Dc (Bldc) Menggunakan Metode Logika Fuzzy. *Technoscientia*, 8(1), 1-9.
- _____, Kelly Controller, Mars 0913. (Etek Comparable) PMSM/BLDC Motor. Diakses pada 21 Januari 2021: <http://Kellycontroller.Com/Mars-0913etek-Comparablepmsmbldc-Motor-P-874.html>.
- _____, Kelly Controller, KLS BLDC Controller. Diakses pada 2021. <https://kellycontroller.com/shop/kls-mn/>
- Novianto, T. (2007). Mekanisme dan Trouble Shooting Sistem Differential Serta Perhitungan Penguatan Momen Dari Drive Pinion Terhadap Axle Pada Toyota Kijang 5K. *Proyek Akhir*, 1-60.
- Sun, J., Yang, P., Lu, R., Wei, G., & Zhu, C. (2014). LiFePO4 Optimal Operation Temperature Range Analysis for EV/HEV. *International Conference on Life System Modeling and Simulation*, 476-485.