

Perancangan Prototipe Bldc Untuk Kit Konversi Skuter Hybrid

Bldc Prototype Design for Hybrid Scooter Conversion Kit

M.H. Tullah^{1*}, D.A. Sumarsono² & F. Zainuri³

^{1,3}Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, ^{1,2}Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, ³Center of Automotive (CoA) Politeknik Negeri Jakarta

¹muhammad.hidayattullah@mesin.pnj.ac.id, ²danardon@eng.ui.ac.id, ³fuad.zainuri@mesin.pnj.ac.id

Corresponding author: muhammad.hidayattullah@mesin.pnj.ac.id

History:

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan rancang bangun BLDC yang sebagai komponen utama dalam konversi sepeda motor skuter hybrid. Motor BLDC 1KW dirancang sebagai plug-in powertrain yang disematkan di roda belakang sekuter yang bertujuan untuk mengkonversi powertrain dari Internal Combustion Chamber (ICE) menjadi Hybrid ICE-Elektrik. Motor BLDC dirancang berdasarkan hasil observasi lapangan untuk disematkan pada motor sekuter kapasitas 110-150cc, dengan spesifikasi motor BLDC yang sesuai adalah berdaya 1000W, tegangan kerja 48VDC dengan kecepatan putar maksimum 500Rpm. Tahap berikutnya dalam perancangan BLDC yaitu menentukan jumlah kutub magnet (pole) untuk rotor, perhitungan jumlah kumparan untuk stator serta spesifikasi kabel yang terkait dengan kuat arus listrik yang dibutuhkan. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini adalah rancangan BLDC untuk konversi sekuter hybrid dengan spesifikasi 1000W 48VDC 520Rpm, 11 pole-pairs rotor dengan fluks magnet 0,00024 weber, 18 kumparan stator dengan 589 lilitan kawat tembaga 1mm, dan kuat arus 14,49A. Berdasarkan perhitungan teoritis, motor BLDC akan mampu menghasilkan torsi sebesar 13,52 Nm.

Kata kunci: *skuter hybrid, kendaraan listrik, BLDC.*

Abstract. This study aims to develop a BLDC design which is the main component in the conversion of a hybrid scooter motorcycle. The 1KW BLDC motor is designed as a plug-in powertrain embedded in the rear wheel of the scooter which aims to convert the powertrain from the Internal Combustion Chamber (ICE) to a Hybrid ICE-Electric. The BLDC motor is designed based on the results of field observations to be embedded in a scooter motor with a capacity of 110-150cc, with the appropriate BLDC motor specifications being 1000W power, 48VDC working voltage with a maximum rotational speed of 500Rpm. The next stage in the BLDC design is to determine the number of magnetic poles (poles) for the rotor, calculate the number of coils for the stator and cable specifications related to the required electric current. The results obtained from this study are the BLDC design for the conversion of a hybrid scooter with specifications of 1000W 48VDC 520Rpm, 11 pole-pairs rotor with a magnetic flux of 0.00024 weber, 18 stator coils with 589 turns of 1mm copper wire, and a strong current of 14.49A. Based on theoretical calculations, the BLDC motor will be able to produce a torque of 13.52 Nm.

Keywords: Hybrid scooter, electric vehicle, BLDC.

1 Pendahuluan

Penggunaan kendaraan bermotor (terutama dengan mesin bakar) sebagai alat transportasi utama memiliki efek yang kurang baik terhadap lingkungan. Emisi gas buang kendaraan bermotor menjadi salah satu penyebab utama polusi udara atau emisi gas rumah kaca, Gomez et al menyebutkan bahwa Emisi gas rumah kaca dari mesin kendaraan di enam negara dengan populasi kendaraan terbesar diproyeksikan dapat mencapai 2,6 giga ton pada tahun 2030 (terjadi peningkatan 13-32% dari tahun 2020 ke 2030) apabila tidak dilakukan mitigasi emisi pada populasi kendaraan dengan mesin bakar (Gómez Vilchez & Jochem, 2020). Salah satu solusi terbaik untuk mengurangi emisi udara adalah dengan konversi mesin kendaraan pembakaran dalam (Internal Combustion Chamber / ICE) ke mesin listrik (electric vehicle / EV) baik itu listrik murni atau pun hybrid.

Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV) adalah teknologi yang menggabungkan kemampuan mesin ICE dan EV yaitu dengan cara menggunakan kedua mesin tersebut sebagai sumber penggerak dalam satu kendaraan, dengan demikian PHEV memiliki beberapa keunggulan dari penggunaan kedua mesin tersebut yaitu performa dan kemampuan jelajah yang lebih baik dari EV, penggunaan bahan bakar dan emisi gas buang yang lebih rendah dari mesin ICE, ditambah dengan

pengembangan kemampuan regeneratif braking (mengisi ulang saat pengereman) baterai secara mandiri yang dihasilkan dari pengereman.

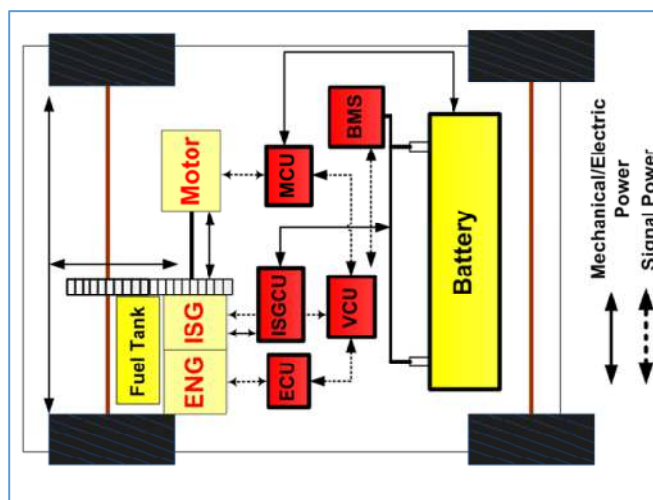
Penyematan motor listrik pada kendaraan roda dua hanya memiliki dua pilihan, yaitu pemasangan pada roda depan sehingga sepeda motor menjadi penggerak 2x2, dan penggerak pada roda belakang. Umumnya pemasangan pada roda depan diterapkan dengan pertimbangan bahwa pemasangan tidak memerlukan ubahan yang signifikan terhadap sistem penggerak yang telah ada di sepeda motor, namun di sisi lain penulis berpendapat bahwa dengan penggunaan penggerak roda depan pada sepeda motor akan mengurangi tingkat kestabilan dan handling khususnya pada saat berbelok dengan kecepatan cukup tinggi atau di jalan beraspal. Disisi lain untuk pemasangan pada roda belakang membutuhkan banyak ubahan pada sistem penggerak khususnya apabila menggunakan sepeda motor jenis scooter.

Pada penulisan ini, penelitian fokus pada perancangan motor penggerak elektrik dengan tipe Brushless Direct Current (BLDC) yang akan disematkan pada roda belakang sepeda motor skuter konvensional dengan kapasitas mesin 110-150CC untuk dikonversi menjadi skuter hybrid. Perancangan ini bertujuan agar perangkat konversi dapat diterapkan pada skuter konvensional tanpa perlu melakukan modifikasi pada rangka atau struktur utama sepeda motor.

2 Kajian Pustaka

Hybrid Electrical Vehicle (HEV) adalah istilah untuk kendaraan baik sepeda motor, mobil penumpang ataupun truk dengan dua powertrain yaitu mesin pembakaran dalam dan motor listrik sebagai penggerak roda. Skuter matic konvensional dengan mesin pembakaran dalam (Internal Combustion Chamber/ ICE) memiliki performa yang baik dan kemampuan jelajah yang tinggi dengan memanfaatkan bahan bakar minyak, namun demikian hasil dari pembakaran di dalam mesin menyebabkan emisi gas buang yang berdampak pada kerusakan lingkungan. Kondisi akan berbalik apabila kita membandingkan skuter matic ICE dengan skuter listrik (electric scooter/electric vehicle EV) yang digerakkan oleh motor listrik bertenaga baterai. EV merupakan kendaraan tanpa polusi udara karena tidak ada pembakaran yang terjadi pada penggunaannya, namun pengisian ulang baterai dapat memakan waktu cukup lama sehingga menjadikan EV memiliki daya jelajah yang terbatas bila dibandingkan dengan mesin ICE, yang menjadi kelemahan utama pada kendaraan EV.

Hybrid Electrical Vehicle (HEV) adalah teknologi yang menggabungkan kemampuan mesin ICE dan EV yaitu dengan cara menggunakan kedua mesin tersebut sebagai sumber penggerak dalam satu kendaraan, dengan demikian HEV memiliki beberapa keunggulan dari penggunaan kedua mesin tersebut yaitu performa dan kemampuan jelajah yang lebih baik dari EV, penggunaan bahan bakar dan emisi gas buang yang lebih rendah dari mesin ICE, ditambah dengan kemampuan regeneratif (mengisi ulang) baterai secara mandiri yang dihasilkan dari mesin ICE. Ilustrasi teknologi hybrid dapat dilihat pada gambar 2.1 .



Gambar 1. Ilustrasi Sistem Penggerak Hybrid

Penelitian Terdahulu

Penelitian terkait kendaraan listrik telah dilakukan diantaranya terkait Prospek kendaraan listrik dalam jangka panjang dan dampak potensial terhadap penggunaan listrik (Kapustin & Grushevenko, 2020), konfigurasi mesin penggerak pada kendaraan listrik hybrid (Zhuang et al., 2020), konfigurasi parallel dua roda penggerak pada kendaraan listrik (Asaei & Habibidoost, 2013; Polanía-Restrepo, Jaramillo-González, & Osorio-Gómez, 2020), kendaraan listrik dengan konfigurasi *power-split* satu penggerak (Peng, Qin, Hu, & Fu, 2020), konfigurasi komponen, dan sistem kontrol atau *energy management system (EMS)* (Tran et al., 2020) dan studi sistem EMS untuk integrasi waktu pergantian antar mode berkendara pada kendaraan listrik hybrid (Hung, Tung, & Chang, 2016), kajian pengembangan *initial bench test* untuk pengembangan kendaraan listrik (Zagól & Grzegoek, 2018).

Penelitian-penelitian terdahulu juga fokus pada teknis konversi kendaraan konvensional menjadi kendaraan listrik (Francis et al., 2021; R et al., 2020; Shrivastava et al., 2020), karakteristik kendaraan hasil konversi (Gordić, Stamenković, Popovic, Muždeka, & Micovic, 2017), uji performa kendaraan hasil konversi agar sesuai dengan kebutuhan beban, rute dan karakter berkendara perkotaan (F. Zainuri, 2020), termasuk terkait kebutuhan jarak, kecepatan dan biaya konversi (Kaleg, Hapid, & Kurnia, 2015), perbandingan penggunaan motor induksi dan synchronous reluctance motor untuk kendaraan listrik (Kerdsup & Masomto, 2022) hingga uji performa kendaraan hasil konversi (Firmansyah, Supriatna, Gunawan, Setiadanu, & Slamet, 2022). Sektor analisis biaya terkait retrofit kendaraan konversi (Kulkarni, Singh, Kant, & Bharti, 2020), parameter untuk penentuan spesifikasi perangkat konversi (Karki et al., 2019), pengaruh beban dan faktor kecepatan terhadap Thread Wear Indicator (TWI) roda kendaraan (Agus Suprayitno, 2021), pengukuran efisiensi perbandingan rasio gear untuk kendaraan listrik (Berjoza, Pirs, Jurgena, & Lācekliis-Bertmanis, 2018) dan validasi konsumsi energi skuter listrik (Yuniarto, Wiratno, Nugraha, Sidharta, & Nasruddin, 2022) turut andil dalam memperdalam pengembangan konversi kendaraan.

3 Metode

I. Observasi

Observasi awal dilakukan dengan cara mengumpulkan data secara langsung terhadap struktur dan spesifikasi sepeda motor skuter konvensional yang akan dilakukan konversi. Hal ini bertujuan agar perancangan secara 3D dapat dilakukan dengan penyesuaian dimensi dan spesifikasi komponen-komponen perangkat hybrid yang akan disematkan di skuter uji.

II. Studi Kasus dan Studi Lapangan

Studi literatur dan studi lapangan dilakukan dengan mempelajari jurnal-jurnal penelitian terdahulu, contoh kasus dan kondisi nyata terkait konversi motor hybrid yang pernah dilakukan oleh peneliti lain di lapangan.

III. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diawali dengan mengukur dimensi dan menelusuri spesifikasi sepeda motor uji, kebutuhan performa perangkat hybrid hingga pengumpulan data dan spesifikasi terkait motor BLDC yang sudah ada di pasaran agar pengembangan perangkat hybrid dapat lebih efisien dengan benchmark terhadap produk yang telah tersedia.

IV. Perancangan

Tahap pertama dalam perancangan yaitu dengan melakukan perhitungan beban kerja, menentukan spesifikasi komponen dan motor BLDC berdasarkan kebutuhan beban kerja, yang selanjutnya dituangkan dalam desain 3D motor BLDC. Perancangan juga meliputi pemilihan material berdasarkan perhitungan yang telah didapatkan.

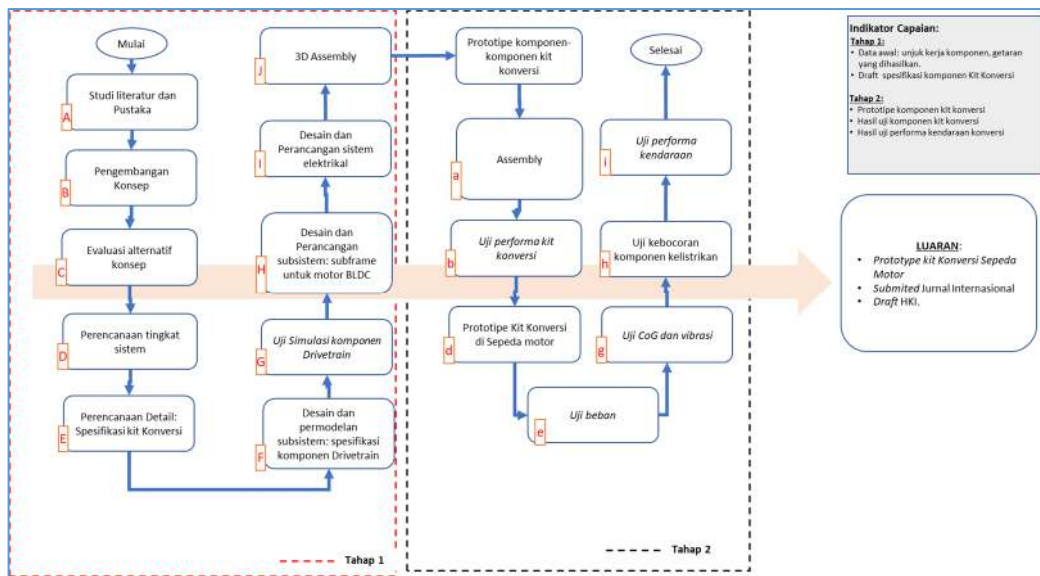
V. Pelaporan

Pembuatan laporan dilakukan untuk dokumentasi dan acuan pada pengembangan penelitian di tahap realisasi selanjutnya.

4 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental dikombinasikan dengan analisis

teoritis dalam menjawab tujuan untuk mendapatkan suatu rekomendasi metodologi konversi dan komposisi spesifikasi kit konversi sepeda motor listrik. Desain dan modelling menggunakan software perancangan 3D Solidwork, hasil modelling dilakukan uji simulasi kekuatan struktur dan uji performa berdasarkan analisis variabel penelitian dengan alat bantu perangkat lunak komputer yang bekerja melakukan simulasi dinamika kit konversi saat beroperasi. Penelitian ini dibagi dalam dua tahun pelaksanaan, diagram penelitian terlihat pada gambar dibawah ini, dengan rincian tahun pertama:



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Tahun ke- 1:

- A. Studi literatur dan pustaka, pada tahap ini peneliti telah melakukan observasi perkembangan kendaraan listrik dan tingkat kebutuhan di Indonesia
- B. Identifikasi kebutuhan desain dan membuat alternatif-alternatif konsep pengembangan
- C. Evaluasi dan pemilihan konsep utama dari beberapa konsep kit konversi
- D. Mendefinisikan arsitektur konsep dan menguraikan menjadi subsistem-subsistem serta komponen kit konversi. Pada tahap ini ditentukan bagian-bagian yang akan dikonversi dengan memanfaatkan komponen tersedia di pasaran.
- E. Menentukan spesifikasi tiap komponen sesuai kebutuhan performa yang dituju.
- F. Pembuatan desain dan modelling kit konversi, terutama pada komponen drivetrain.
- G. Uji simulasi komponen drivetrain
- H. Pembuatan desain dan rancangan komponen subframe untuk motor BLDC
- I. Desain dan perancangan sistem elektrikal
- J. 3D Assembly.

5 Hasil dan Pembahasan

I. Perhitungan Rotor

Untuk dapat menghitung pole diperlukan beberapa parameter yaitu frekuensi yang mengacu pada spesifikasi motor BLDC di pasaran dan kecepatan putar yang diinginkan, maka dengan persamaan rotor diperoleh jumlah pole magnet sebagai berikut:

$$p = \frac{120 \times f}{n} \tag{1}$$

$$p = \frac{120 \times 50}{550}$$

p = 11 pole-pairs magnet

II. Perhitungan Stator

Untuk dapat menghitung jumlah kumparan per phase dibutuhkan nilai pole dan jumlah phase. Bldc merupakan motor listrik dengan 3 phase maka didapatkan nilai Nph sebesar 3, maka dengan persamaan stator diperoleh jumlah kumparan sebagai berikut:

$$NS = p \times \frac{Nph}{2} \quad (2)$$

$$NS = 11 \times \frac{3}{2}$$

NS = 17 kumparan

III. Besar Kuat Arus

Untuk mendapatkan nilai kuat arus diperlukan nilai tegangan, daya motor, dan jumlah phase, dalam hal ini berdasarkan hasil observasi penelitian terdahulu, peneliti memutuskan untuk menggunakan motor dengan daya 1000 Watt, maka dapat diperoleh besar kuat arus per phase sebagai berikut:

$$P = \frac{V}{\sqrt{3}} \times I \times \cos \varphi \quad (3)$$

Dengan:

$$P = \frac{P}{Nph}$$

$$P = \frac{1000}{3} = 333,33 \text{ Watt}$$

$$V = \frac{V}{\sqrt{3}}$$

$$V = \frac{48}{\sqrt{3}} = 27,71 \text{ Volt}$$

Maka, nilai besar kuat arus didapatkan sebesar:

$$I = \frac{p}{v \times \cos \varphi} \quad (4)$$

$$I = \frac{333,33}{27,71 \times 0,83} = 14,49 \text{ A}$$

IV. Fluks Magnet

Dalam menentukan pemilihan magnet untuk bldc 1000 watt tersebut mengacu pada produk-produk yang telah dikembangkan dipasaran, dalam perancangan awal ini peneliti memilih jenis magnet Neodymium N35 dengan kerapatan fluks (B) = 1,2 T dan dimensi magnet yang digunakan adalah (10 x 20 x 2) mm. Luas penampang (A) = 10 mm x 20 mm = 200 [mm]² = 0,0002 m² dan untuk nilai cos θ = cos 0° = 1, sehingga persamaan fluks magnet yaitu:

$$\Phi = B \times A \times \cos \theta \quad (5)$$

$$\Phi = 1,2 \times 0,0002 \times 1$$

$$\Phi = 0,00024 \text{ weber}$$

V. Diameter Kawat Stator dan Jumlah Lilitan

Diameter kawat mengacu pada tabel Kemampuan Hantar Arus (KHA), dengan nilai ampere sebesar 14,49 A maka diameter yang didapatkan 1. Diketahui nilai dari E = 28V, φ = 0,00048 Weber, Ns = 17, Nph = 3, maka dengan persamaan jumlah lilitan pada stator didapatkan sebagai berikut:

$$D = 2x \sqrt{\frac{I}{3,14}} \quad (6)$$

$$= 2x \sqrt{\frac{1}{3,14}} = 0,69 \text{ mm}$$

Jumlah lilitan:

$$N = \frac{E}{2x3,14xfx\phi xNS/Nph} \quad (7)$$

$$N = \frac{28}{2x3,14x50x0,00024x18/3}$$

N = 58 lilitan

VI. Perhitungan Performa BLDC

a. Torsi

Untuk dapat menghitung besar torsi diperlukan adanya nilai daya dan kecepatan. Untuk nilai daya diperlukan konversi dari satuan Watt menjadi HP, maka untuk memperoleh besar torsi sebagai berikut:

P = 1000 Watt = 1,34 HP ; dengan: 1 HP = 745,7 Watt

N = 5250 konstan dalam satuan (HP) dan 975 dalam satuan (Watt)

n = 520 rpm

$$T = \frac{N \times P}{n} \quad (8)$$

$$T = \frac{5250 \times 1,34}{520}$$

T = 13,52 Nm

b. Faktor Efisiensi

Pada perhitungan kita dapat mencari ukuran daya untuk membuat mesin dapat bekerja dengan baik dan optimal, maka berdasarkan persamaan:

$$P = V \times I \quad (9)$$

P = 48 (V) x 14,49 (A)

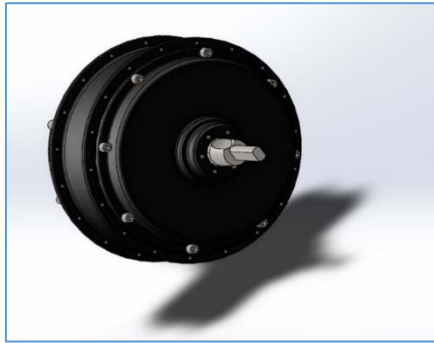
P = 695,52 Watt

Dengan nilai efisiensi:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \eta = \frac{695,52}{1000} \times 100\% = 69\%$$

VII. Konsep Desain Motor BLDC

Motor BLDC yang akan disematkan langsung pada roda belakang sepeda motor skuter matic dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 3. Konsep Desain Motor BLDC

6 Kesimpulan

Dalam penulisan ini didapatkan rancangan dan spesifikasi motor BLDC yang dibutuhkan untuk pengembangan perangkat hybrid sepeda motor skuter yaitu 1000W 48VDC 520Rpm, 11 pole-pairs rotor dengan fluks magnet 0,00024 weber, 18 kumparan stator dengan 589 lilitan kawat tembaga 1mm, dan kuat arus 14,49A. Berdasarkan perhitungan teoritis, motor BLDC akan mampu menghasilkan torsi sebesar 13,52 Nm.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada institusi Politeknik Negeri Jakarta sebagai lembaga yang menaungi dan mewadahi penulis dalam berkarya untuk kemajuan ilmu pengetahuan.

Referensi

- Agus Suprayitno, S. H., TB. U. Adi Subekhi. (2021). Analisis Pengaruh Beban Dan Kecepatan Terhadap Thread Wear Indikator Pada Lintasan Beton. *Teknologika*(Vol 11 No 1 (2021): Jurnal Teknologika).
- Asaei, B., & Habibidoost, M. (2013). Design, simulation, and prototype production of a through the road parallel hybrid electric motorcycle. *Energy Conversion and Management*, 71, 12-20. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.03.016>
- Berjoza, D., Pirs, V., Jurgena, I., & Lāceklis-Bertmanis, J. (2018). Energy use efficiency of electric automobile depending on transmission gear ratio. doi:10.22616/ERDEV2018.17.N215
- F. Zainuri, D. A. S., M. Adhitya, I. Wahyudi, I. Choiri, A. Azis, G. Fauzan, M. Triananda, F. Arrafi, F. A. Falah. (2020). PERFORMANCE ANALYSIS OF ELECTRIC VEHICLE CONVERSION AT CENTER OF GRAVITY MEASUREMENT. *Teknologika*, 10(Vol 10 No 1 (2020): Jurnal teknologika). Retrieved from <https://www.jurnal.wastukencana.ac.id/index.php/teknologika/article/view/35>
- Firmansyah, A. I., Supriatna, N. K., Gunawan, Y., Setiadanu, G. T., & Slamet. (2022). Performance Testing of Electric Motorcycle Conversion. *2022 7th International Conference on Electric Vehicular Technology (ICEVT)*, null, 165-168. doi:10.1109/ICEVT55516.2022.9924921
- Francis, J., Narayamparambil, A. B., Johnson, A., Mathew, J., Sankar, V., & George, J. M. (2021). Conversion of internal combustion engine car to semi-autonomous electric car. *Journal of Physics: Conference Series*, 2070, null. doi:10.1088/1742-6596/2070/1/012203
- Gómez Vilchez, J. J., & Jochem, P. (2020). Powertrain technologies and their impact on greenhouse gas emissions in key car markets. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 80, 102214. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2019.102214>
- Gordić, Stamenković, A., Popovic, V., Muždeka, S., & Micovic, A. (2017). ELECTRIC VEHICLE CONVERSION : OPTIMISATION OF PARAMETERS IN THE DESIGN PROCESS. doi:10.17559/tv-20160613131757
- Hung, Y.-H., Tung, Y.-M., & Chang, C.-H. (2016). Optimal control of integrated energy management/mode switch timing in a three-power-source hybrid powertrain. *Applied Energy*, 173, 184-196. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.04.025>
- Kaleg, S., Hapid, A., & Kurnia, M. R. (2015). Electric Vehicle Conversion Based on Distance, Speed and Cost Requirements ☆. *Energy Procedia*, 68, 446-454. doi:10.1016/J.EGYPRO.2015.03.276
- Kapustin, N. O., & Grushevenko, D. A. (2020). Long-term electric vehicles outlook and their potential impact on electric grid. *Energy Policy*, 137, 111103. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.111103>

- Karki, A., Shrestha, B., Tuladhar, D., Basnet, S., Phuyal, S., & Baral, B. (2019). Parameters Matching for Electric Vehicle Conversion. *2019 IEEE Transportation Electrification Conference (ITEC-India)*, null, 1-5. doi:10.1109/ITEC-India48457.2019.ITECINDIA2019-133
- Kerdsup, B., & Masomtob, M. (2022). Comparative Design between Induction Motor and Synchronous Reluctance Motor used for Electric Vehicle Conversion. *2022 25th International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS)*, null, 1-4. doi:10.1109/ICEMS56177.2022.9982809
- Kulkarni, A., Singh, S., Kant, K., & Bharti, H. (2020). Experimental Electric Retrofitting of an Ice Vehicle with Simulation and Cost Analysis. *Regular*, null, null. doi:10.35940/ijitee.i1008.0799s20
- Peng, H., Qin, D., Hu, J., & Fu, C. (2020). Synthesis and analysis method for powertrain configuration of single motor hybrid electric vehicle. *Mechanism and Machine Theory*, 146, 103731. doi:https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2019.103731
- Polanía-Restrepo, S., Jaramillo-González, S., & Osorio-Gómez, G. (2020). Electric hybridization kit for modification of a manual transmission motorcycle. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 14(2), 587-594. doi:10.1007/s12008-020-00649-w
- R, V. M., Jose, S., Ramesh, N., Philip, A. J., K, P., & S, S. R. (2020). CONVENTIONAL IC ENGINE TO BLDC POWERED ELECTRIC MOTORCYCLE CONVERSION E MOTORCYCLE. *International Journal of Electrical Engineering and Technology (IJEET)*, 11(2), 69-74.
- Shrivastava, K., Bansal, R., Jain, H., Doshi, N., Soni, N., & Soni, N. (2020). CONVERSION OF CONVENTIONAL VEHICLE INTO AN ELECTRIC VEHICLE. Retrieved from <https://www.semanticscholar.org/paper/e375fdf67687b93eaca5d4db7e05019420edec>
- Tran, D.-D., Vafaeipour, M., El Baghdadi, M., Barrero, R., Van Mierlo, J., & Hegazy, O. (2020). Thorough state-of-the-art analysis of electric and hybrid vehicle powertrains: Topologies and integrated energy management strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 119, 109596. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109596
- Yuniarto, M. N., Wiratno, S. E., Nugraha, Y. U., Sidharta, I., & Nasruddin, A. (2022). Modeling, Simulation, and Validation of An Electric Scooter Energy Consumption Model: A Case Study of Indonesian Electric Scooter. *IEEE Access*, PP, 1-1. doi:10.1109/ACCESS.2022.3171860
- Zagól, B., & Grzegoek, W. (2018). Initial bench tests of a parallel hybrid system of a scooter. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 421, 022043. doi:10.1088/1757-899X/421/2/022043
- Zhuang, W., Li, S., Zhang, X., Kum, D., Song, Z., Yin, G., & Ju, F. (2020). A survey of powertrain configuration studies on hybrid electric vehicles. *Applied Energy*, 262, 114553. doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114553