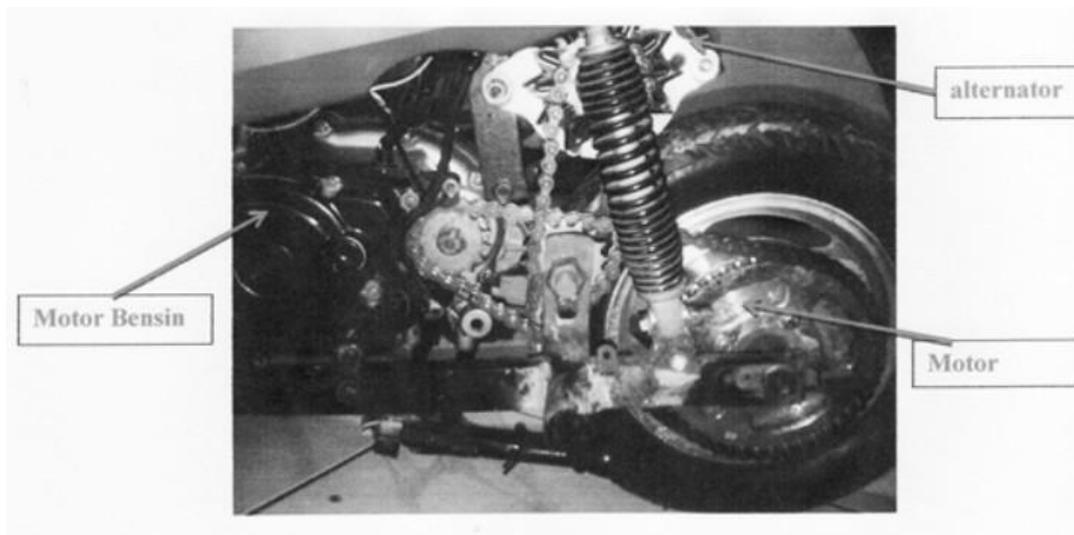


2. STUDI LITERATUR

2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai penerapan teknologi *hybrid* pada sepeda motor sudah pernah dilakukan oleh Rike Siswoyo. Dalam penelitiannya yang berjudul “Penerapan Teknologi *Hybrid* Pada Kendaraan Sepeda Motor 4 Langkah Berkapasitas 100 CC Dengan menggunakan Alternator” (Siswoyo et al., 2014) beliau berhasil menggabungkan sepeda motor dengan motor listrik yang menjadikan sepeda motor tersebut menjadi sepeda motor *hybrid*.



Gambar 2.1. Instalasi rangkaian perubahan energi mekanik menjadi energi listrik.

Sumber: Siswoyo, R., Agusrianto, T., Agung, R. P., Aulia, Z. H., Renaldi, S., Muhamad, A. (2014). Penerapan teknologi *hybrid* pada kendaraan sepeda motor 4 langkah berkapasitas 100 cc dengan menggunakan alternator. *Bina Widya*, 25 (01): 22-28. http://library.upnvj.ac.id/pdf/artikel/Majalah_Ilmiyah%20UPN/bw-vol25-no1-mar2014/22-28.pdf.

Dalam penelitian tersebut, sepeda motor yang digunakan adalah Yamaha Vega R tahun 2004. Motor listrik yang digunakan adalah bermerk VIP dengan spesifikasi: Tipe dinamo menggunakan *brushless DC electric dynamo*, daya maksimum 500 Watt, tegangan 48 volt, jumlah baterai 4 buah, dan kapasitas baterai 12V/26Ah per baterai, dan torsi dinamo 10.5 Nm/450 rpm (Siswoyo et al., 2014).

2.2. Dasar Teori/Teori Penunjang

2.2.1. *Plug-in Hybrid Electric vehicle*

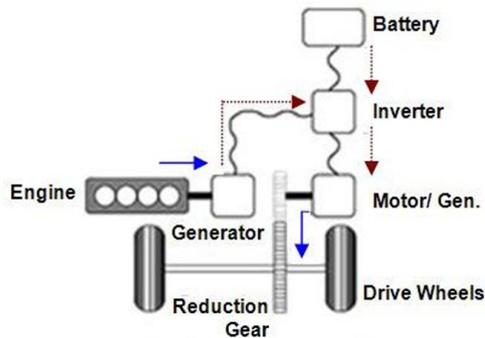
Kendaraan listrik *plug-in hybrid* merupakan kombinasi antara kendaraan listrik dan kendaraan konvensional berbahan bakar fosil, dengan baterai yang dapat diisi ulang secara eksternal. Kendaraan ini menggabungkan keunggulan kedua jenis kendaraan tersebut, sehingga tidak hanya hemat energi tetapi juga efisien. *Plug-in Hybrid Electric Vehicle (PHEV)* adalah kendaraan listrik hybrid yang baterainya dapat diisi ulang baik melalui sumber listrik eksternal maupun melalui generator listrik internal (Singh, 2021).

Sebuah mobil *plug-in hybrid* adalah kendaraan yang menggabungkan mesin pembakaran konvensional (baik mesin bensin atau diesel) dengan elektromotor (Dizo et al., 2021). Kendaraan listrik dapat dibagi berdasarkan berbagai parameter dan kriteria. Kriteria utamanya adalah cara memperoleh energi untuk *powertrain*. Berdasarkan kriteria ini, kita mengenal kendaraan listrik, atau juga kendaraan listrik baterai (BEV), kendaraan listrik hibrida (HEV), dan kendaraan listrik hibrida *plug-in* (PHEV) (Dizo et al., 2021).

2.2.2. Kelebihan *Hybrid* Dibanding Full Elektrik

Meskipun memiliki sejumlah kelebihan, teknologi mobil listrik juga memiliki berbagai kelemahan atau kekurangan. Kelemahan-kelemahan ini dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori utama: biaya operasional, kelengkapan infrastruktur, dan performa atau jarak tempuh. Dalam kategori biaya operasional, mobil listrik bisa mahal karena tiga faktor utama: baterai (waktu pengisian baterai masih lama, memakan waktu antara 4-6 jam untuk pengisian penuh dengan jarak tempuh 160 km, meskipun ada juga yang memiliki kapasitas baterai 38,3 kWh dan bisa diisi hingga 80% hanya dalam waktu 57 menit dengan jarak tempuh 373 km, disebut *fast-charging (50-kW)*), daya listrik rumah, dan pajak kendaraan mobil listrik. Dari segi kelengkapan infrastruktur, kelemahan terletak pada kurangnya stasiun pengisian umum untuk mobil listrik, dan karena kebutuhan listrik yang tinggi, teknologi ini hanya bisa dinikmati di daerah tertentu, terutama di kota-kota besar dengan jaringan listrik yang lebih stabil. Sementara itu, dalam hal performa dan jarak tempuh, terdapat *trade-off* yang perlu dipertimbangkan (Aziz, 2020). Namun dibalik banyak kelebihan yang disuguhkan oleh kendaraan listrik, terdapat kendala dengan waktu pengisian baterai yang membutuhkan waktu lama dan harga baterai yang mahal. Oleh karena itu, untuk saat ini teknologi yang tepat untuk mengatasi permasalahan ini adalah sistem penggerak *hybrid*, dimana perpaduan antara mesin BBM dan motor listrik disatukan (Anggadewi, 2020).

2.2.3. Hybrid Seri



Gambar 2.2. Sistem *hybrid* seri

Sumber: Yulanto, D. M., Iskandar, H. (2021). Studi analisis perkembangan teknologi kendaraan listrik hibrida. *Journal of Automotive Technology Vocational Education*, 02 (01). <https://journal.upy.ac.id/index.php/jatve/article/view/1488>.

Pada hybrid tipe seri, hanya satu dari dua sumber energi dalam kendaraan yang digunakan sebagai penggerak. Pada tipe ini, motor listrik berfungsi sebagai penggerak utama. *Internal Combustion Engine* (ICE) yang digunakan lebih kecil dibandingkan dengan tipe lain karena ICE hanya berfungsi untuk memutar generator. Generator ini menyediakan energi listrik untuk mengisi baterai dan menggerakkan motor listrik. Generator ditempatkan secara seri dengan ICE dan juga bisa berperan sebagai motor *starter* saat menyalakan ICE. Generator memasok energi listrik ke motor listrik ketika kendaraan membutuhkan beban besar atau ketika baterai belum dapat memberikan energi yang cukup. Ketika beban kendaraan ringan, generator mengisi baterai. Pada *Hybrid Electric Vehicle* (HEV) tipe seri, tidak ada koneksi mekanis antara ICE dan sistem transmisi, sehingga ICE dapat beroperasi secara independen dan mendekati efisiensi puncaknya. Motor listrik pada tipe ini membutuhkan daya yang sama besar seperti pada *Electric Vehicle* (EV), sehingga diperlukan motor listrik yang cukup besar. *Series Hybrid Electric Vehicle* (S-HEV) memiliki kemampuan pemulihan energi yang lebih tinggi dibandingkan tipe lainnya. Dalam tipe ini, daya pengereman regeneratif dapat disimpan dalam baterai, dan motor listrik dapat berfungsi sebagai generator selama pengereman dan deselerasi. (Yulanto, 2021).

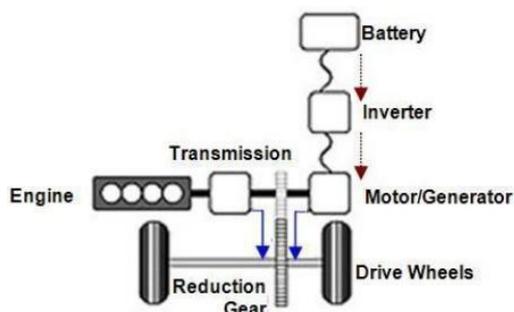


Gambar 2.3. Nissan kicks e-power.

Sumber: 5 alasan new nissan kicks e-POWER jadi salah satu unggulan mobil listrik di Indonesia. *Nissan*. (n.d.).[https://nissan.co.id/new-press/artikel/5-alasan-new-nissan-kicks-e- power-jadi-salah-satu-unggulan-mobil-listrik-di-indonesia/](https://nissan.co.id/new-press/artikel/5-alasan-new-nissan-kicks-e-power-jadi-salah-satu-unggulan-mobil-listrik-di-indonesia/)

Gambar 2.3 merupakan contoh kendaraan yang memakai sistem *hybrid* seri adalah nissan kicks e *power*. Nissan kicks e-*power* dimasukkan ke Indonesia pada penghujung tahun 2020. Nissan kicks sudah menggunakan energi terbarukan tetapi masih belum mendapat respon positif dari pasar. Respon tersebut dapat terjadi karena beberapa faktor misalnya: merk yang kurang digemari pasar, isu-isu negatif yang beredar di masyarakat mengenai mobil listrik, dan harga jual yang terbilang tinggi,

2.2.4. *Hybrid* Paralel



Gambar 2.4. Sistem *hybrid* parallel.

Sumber: Yulanto, D. M., Iskandar, H. (2021). Studi analisis perkembangan teknologi kendaraan listrik hibrida. *Journal of Automotive Technology Vocational Education*, 02 (01). <https://journal.upy.ac.id/index.php/jatve/article/view/1488>.

Parallel Hybrid Electric Vehicle (P-HEV) adalah jenis kendaraan hibrida yang memiliki lebih dari satu sumber tenaga yang dapat menggerakkan roda. Pada tipe ini, ICE (Internal Combustion Engine) dan motor listrik bisa terhubung ke transmisi atau roda. ICE dan motor listrik dikonfigurasi secara paralel dengan kopling mekanis, sehingga keduanya dapat menggerakkan kendaraan secara terpisah atau bersamaan. Dalam tipe paralel ini, ICE terhubung secara mekanis ke transmisi, sementara motor listrik memberikan tambahan tenaga saat akselerasi. Motor listrik juga bisa digunakan sebagai sumber tenaga saat kendaraan dalam kondisi diam (*idle*) dan saat menyalakan mesin (*starting*), tergantung pada kekuatan motor listrik yang digunakan. P-HEV hanya memiliki satu mesin listrik yang berfungsi ganda sebagai generator dan motor listrik. Baterai P-HEV lebih kecil dibandingkan tipe lainnya dan membutuhkan motor traksi/motor listrik yang lebih kecil juga (Yulanto, 2021).

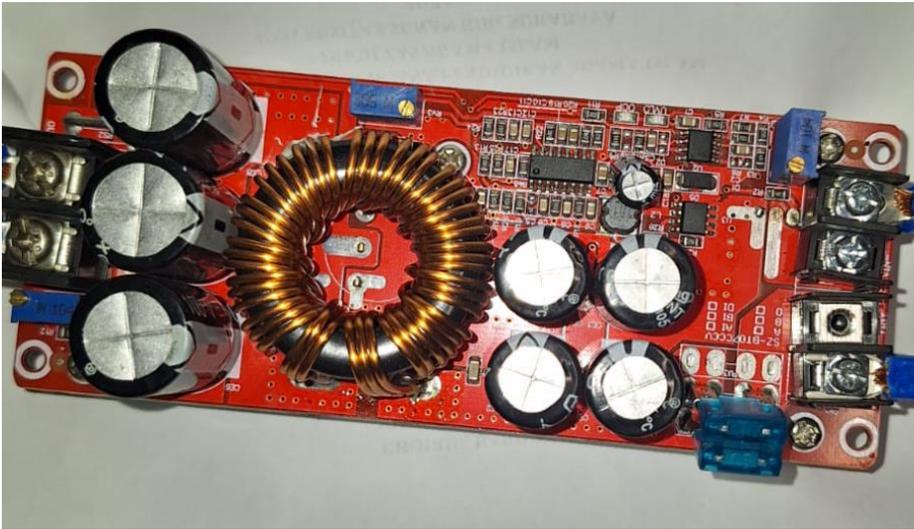


Gambar 2.5. Toyota kijang innova zenix hybrid.

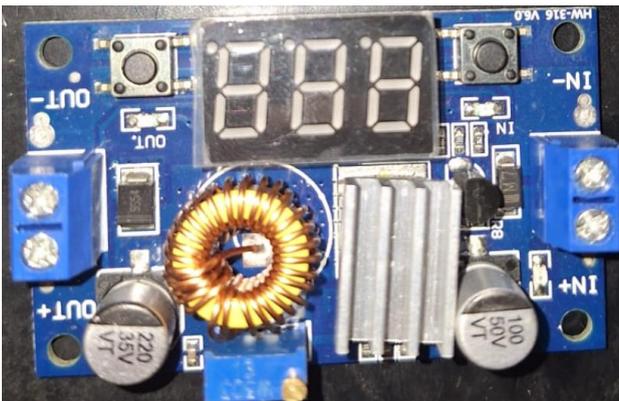
Sumber: All new kijang innova zenix Hev: Pt. Toyota Astra Motor: mobil terbaik keluarga Indonesia. *Find Dealer*. (n.d.). <https://www.toyota.astra.co.id/product/kijang-innova-zenix-Hybrid-e>

Gambar 2.5 merupakan salah satu contoh kendaraan yang menggunakan sistem *hybrid* paralel adalah toyota kijang innova zenix *hybrid*. Kijang innova zenix *hybrid* mulai diperkenalkan pada akhir tahun 2022, dan tidak membutuhkan waktu yang lama untuk mendapatkan perhatian pasar. Hingga saat ini, kijang innova zenix sudah terjual belasan ribu unit yang menunjukkan antusiasme pasar yang sangat tinggi untuk mobil ini. Kesuksesan tersebut dapat diraih karena merek toyota yang sudah kuat di indonesia dan kijang innova zenix *hybrid* membawa teknologi *hybrid* terbaru dari toyota yang sudah sejak lama dikembangkan.

2.2.5. Transformator



Gambar 2.6. Transformator *step up* DC-DC 12V-90V



Gambar 2.7. Transformator *step down* DC-DC 12V-5V

Gambar 2.6 dan 2.7 merupakan contoh dari transformator *step up* dan transformator *step down* yang digunakan dalam perancangan ini. Menurut Sulistiyono dan Aziz (2017), Transformator adalah perangkat listrik statis yang beroperasi berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Alat ini dapat mengubah energi listrik dari tegangan tinggi ke tegangan rendah atau sebaliknya. Perbandingan tegangan antara sisi primer dan sisi sekunder sebanding dengan rasio jumlah lilitannya dan berbanding terbalik dengan rasio arusnya, dengan frekuensi yang tetap sama.

2.2.6. Microcontroller Arduino



Gambar 2.8. *Microcontroller* Arduino UNO

Gambar 2.8 merupakan contoh dari *microcontroller* yang digunakan pada perancangan ini. Menurut Hadisusila (2023), Arduino dikenal karena kemudahan penggunaannya dan fleksibilitas tinggi dalam menghubungkan berbagai komponen elektronik. Dengan Arduino, pengguna dapat dengan mudah membuat dan mengintegrasikan berbagai sistem elektronik, baik untuk keperluan hobi maupun aplikasi industri. Dalam teknik *input/output* (I/O), Arduino berperan penting dalam memfasilitasi komunikasi antara berbagai perangkat elektronik. Dilengkapi dengan berbagai pin *input* dan *output*, Arduino dapat digunakan untuk menghubungkan sensor, aktuator, dan perangkat elektronik lainnya. Ini memungkinkan pengguna untuk membaca data dari lingkungan sekitar atau mengendalikan perangkat lain secara efektif. Oleh karena itu, penelitian tentang aplikasi Arduino dalam teknik I/O memiliki dampak signifikan terhadap pengembangan sistem kontrol dan otomasi. Salah satu aspek penting penggunaan Arduino dalam rekayasa I/O adalah kemampuannya untuk menyederhanakan proses integrasi perangkat elektronik. Arduino menyediakan lingkungan pengembangan yang intuitif dan berbagai pustaka perangkat lunak, yang memungkinkan pengguna dengan mudah menghubungkan dan mengkonfigurasi berbagai komponen elektronik.

2.2.7. Relay Arduino



Gambar 2.9. Relay Arduino.

Gambar 2.9 merupakan relay yang digunakan dalam perancangan ini. Relay adalah rangkaian elektronik sederhana yang terdiri dari saklar, kawat koil, dan inti besi. Cara kerjanya dimulai ketika arus listrik mengalir melalui koil, menciptakan medan magnet yang mengubah posisi saklar, sehingga menghasilkan arus listrik yang lebih besar. Keunggulan utama relay adalah kemampuannya menghasilkan arus besar dengan desain yang sederhana dan kompak. Relay sering digunakan untuk mengontrol mesin-mesin yang beroperasi secara berurutan sebelum teknologi mikroprosesor tersedia, seperti pada mesin *injection molding*, *blow molding*, dan *conveyor belt* (Tjandi, 2022).

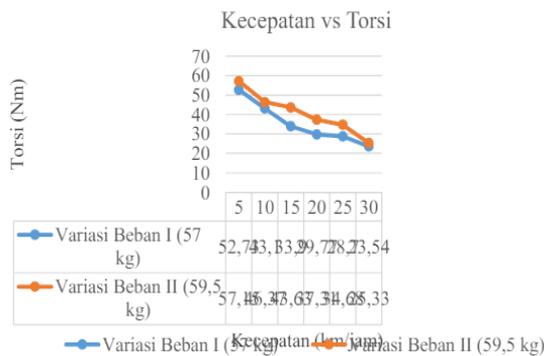
2.2.8. BLDC



Gambar 2.10. BLDC bosch

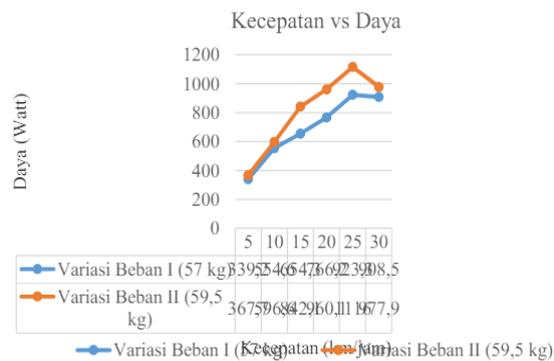
Gambar 2.10 merupakan salah satu contoh BLDC dari merk Bosch. BLDC yang digunakan diambil dari sepeda motor viar Q1. Motor BLDC menggunakan jenis komutator listrik daripada komutator mekanis. Fitur ini membuktikan bahwa motor BLDC lebih andal dari motor DC. Pada motor BLDC, magnet rotor menghasilkan fluks magnet yang dapat membuat efisiensi menjadi lebih tinggi (Madur dan Debre 2017).

2.2.9. Grafik Torsi Motor Listrik dan Mesin Bensin



Gambar 2.11. Grafik kecepatan terhadap torsi motor listrik

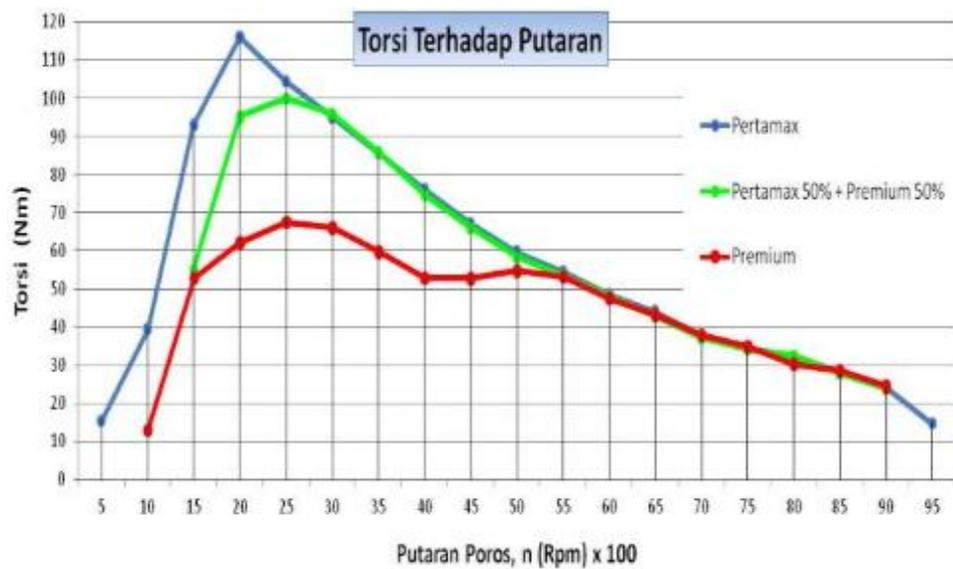
Sumber: Prasetyo, E. Dahlan, D. Ryfaldi, R. (2018). Analisis uji jalan sepeda motor listrik 1 kW. *Seminar Rekayasa dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Pancasila Jakarta (199-208)*. https://teknik.univpancasila.ac.id/semrestek/2018/assets/proceedings/SEMRESTEK2018_PROCEEDINGS.pdf



Gambar 2.12. Grafik kecepatan terhadap daya motor listrik

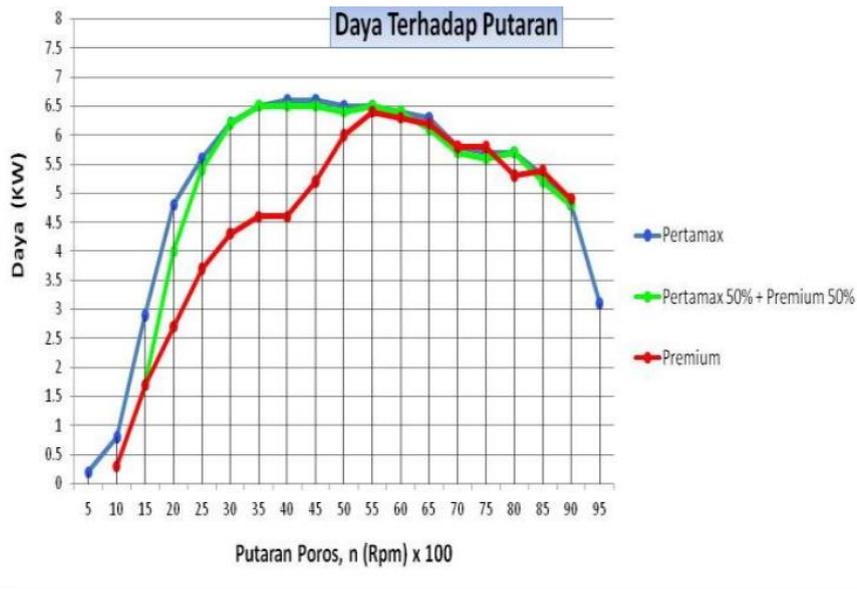
Sumber: Prasetyo, E. Dahlan, D. Ryfaldi, R. (2018). Analisis uji jalan sepeda motor listrik 1 kW. *Seminar Rekayasa dan Teknologi Fakultas Teknik Universitas Pancasila Jakarta (199-208)*. https://teknik.univpancasila.ac.id/semrestek/2018/assets/proceedings/SEMRESTEK2018_PROCEEDINGS.pdf

Gambar 2.11 diatas merupakan grafik kecepatan terhadap motor listrik. Dapat dilihat pada gambar semakin tinggi kecepatannya semakin rendah torsi yang dihasilkan. Gambar 2.12 merupakan gambar yang menunjukkan semakin tinggi kecepatan motor listrik, terdapat peningkatan daya yang dihasilkan. Terdapat perbedaan motor listrik yang diuji pada gambar diatas jika dibandingkan dengan motor listrik yang digunakan dalam perancangan ini. Memang terdapat perbedaan pada motor listrik yang digunakan akan tetapi pengujian tersebut sudah dapat menunjukkan kinerja motor listrik secara umum.



Gambar 2.13. Grafik putaran mesin bensin terhadap torsi.

Sumber: Mulyono, S. Gunawan. Maryanti, B. (2018). Pengaruh penggunaan dan perhitungan efisiensi bahan bakar premium dan pertamax terhadap unjuk kerja motor bakar bensin. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 02 (01): 28-35.



Gambar 2.14. Grafik putaran mesin bensin terhadap daya yang dihasilkan. Sumber: Mulyono, S. Gunawan. Maryanti, B. (2018). Pengaruh penggunaan dan perhitungan efisiensi bahan bakar premium dan pertamax terhadap unjuk kerja motor bakar bensin. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 02 (01): 28-35.

Gambar 2.13 dan 2.14 merupakan contoh tenaga dan torsi dari penggunaan mesin bensin secara umum. Dapat dilihat menurut grafik, mesin bensin akan mencapai torsi puncak pada putaran menengah. Hal yang sama juga terjadi pada daya dimana daya maksimal ada pada putaran menengah dan akan mengalami penurunan tenaga jika putaran semakin tinggi. Menurut Prasetyo (2018), titik tertinggi dari torsi motor listrik didapat pada kecepatan rendah, sementara, semakin tinggi kecepatan motor listrik, torsi akan semakin rendah. Berdasarkan gambar 2.11 hingga 2.14, torsi motor listrik sangat bagus di awal, sementara daya yang dihasilkan oleh mesin bensin bagus di putaran mesin menengah hingga tinggi.