

ANALISA MOBIL AVANZA VELOZ DITINJAU DARI ASPEK Riset Penelitian Berbasis Teknologi

Bernadet Deriman Hati Ndruru, Junaidi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Harapan Medan
bernadn02@gmail.com; junaidi@unhar.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi di bidang otomotif telah membawa dampak besar terhadap efisiensi, kenyamanan, dan kinerja kendaraan bermotor, khususnya mobil penumpang seperti Toyota Avanza Veloz. Mobil ini menjadi pilihan utama masyarakat Indonesia karena menawarkan kombinasi antara performa, efisiensi bahan bakar, serta teknologi modern yang menunjang kenyamanan berkendara. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis sistem kerja dan efisiensi teknologi yang diterapkan pada Toyota Avanza Veloz 1.5L dengan pendekatan riset berbasis teknologi terkini. Analisis dilakukan dengan pendekatan deskriptif analitik melalui studi literatur, pengumpulan data teknis kendaraan, serta perhitungan efisiensi termal dan analisis siklus kerja mesin. Sistem seperti Dual VVT-i dan Electronic Fuel Injection (EFI) menjadi fokus utama karena berperan penting dalam efisiensi pembakaran dan pengurangan emisi gas buang. Selain itu, pendekatan teknik mesin dan perhitungan termodinamika digunakan untuk mengevaluasi efisiensi energi dari pembakaran dalam mesin kendaraan. Hasil analisis menunjukkan bahwa efisiensi termal yang dicapai oleh Avanza Veloz telah memenuhi standar efisiensi kendaraan MPV masa kini, walaupun masih terbuka potensi untuk pengembangan lebih lanjut dalam hal manajemen panas.

Kata-Kata Kunci: Toyota Avanza Veloz, Efisiensi Termal, Dual VVT-i, EFI, Teknologi Otomotif, Mesin.

I. Pendahuluan

Perkembangan industri otomotif di Indonesia terus mengalami kemajuan pesat seiring dengan meningkatnya kebutuhan mobilitas masyarakat. Hal ini mendorong berbagai produsen mobil untuk menciptakan kendaraan yang tidak hanya fungsional, tetapi juga efisien, nyaman, dan berbasis teknologi ultramodern. Salah satu jenis mobil yang sangat populer dan banyak digunakan di Indonesia adalah Toyota Avanza Veloz yang dikembangkan dengan berbagai inovasi teknologi untuk menjawab tuntutan pasar kendaraan keluarga yang irit namun tetap tangguh dalam hal performa. Sejak pertama kali diperkenalkan, mobil ini telah mengalami transformasi yang signifikan dari segi desain, sistem penggerak, dan fitur elektronik.

Toyota Avanza Veloz generasi terbaru dibekali dengan mesin 1.5 L Dual VVT-i yang mampu menghasilkan tenaga optimal dengan konsumsi bahan bakar yang efisien. Teknologi Dual VVT-i (Variable Stopcock Timing Intelligent) kemungkinan waktu buka tutup katup yang dinamis dapat diatur sesuai kondisi mesin, sehingga meningkatkan proses kinerja pada pembakaran dan mengurangi emisi gas buang. Selain itu, sistem Electronic Energy Injection (EFI) pada mobil ini juga mendukung efisiensi dan responsivitas mesin di berbagai kondisi jalan.

Dalam dunia teknik mesin, kajian tentang sistem kerja mesin kendaraan sangatlah penting, terutama dalam memahami proses konversi energi dari bahan bakar menjadi energi mekanik. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk menilai efisiensi mesin pembakaran dalam adalah melalui analisis efisiensi termal yang erat kaitannya dengan siklus termodinamika dalam sistem konversi energi.

Meskipun siklus Rankine lebih dikenal pada mesin uap atau pembangkit listrik, prinsip termodinamika berupa siklus ideal juga dapat digunakan untuk memodelkan dan menganalisis sistem mesin pembakaran dalam.

II. Tinjauan Pustaka

2.1 Pengertian Mobil Avanza Veloz

Toyota Avanza Veloz merupakan salah satu varian dari Toyota Avanza yang diciptakan untuk menjawab kebutuhan masyarakat Indonesia akan kendaraan keluarga yang efisien, modern, dan terjangkau. Mobil ini termasuk dalam kategori Low Multi Purpose Vehicle (LMPV) yang dirancang untuk membawa penumpang dalam jumlah cukup banyak, namun tetap ekonomis dari sisi konsumsi bahan bakar dan biaya operasional. Sejak diluncurkan, Avanza Veloz telah mengalami berbagai pengembangan baik dari sisi desain, fitur keselamatan, maupun teknologi mesin. Mobil ini menggunakan sistem penggerak roda depan (FWD) dan transmisi Continuously Variable Transmission (CVT) yang mendukung efisiensi dan kenyamanan berkendara (Hartono, 2021).

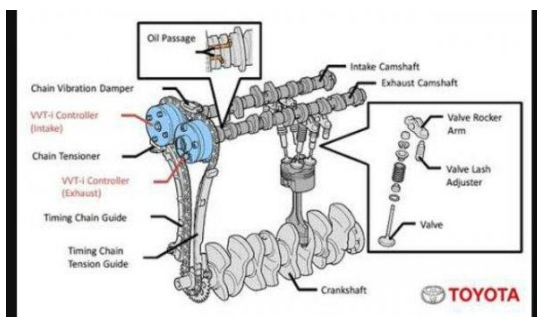
Dari sisi teknis, Avanza Veloz 1.5L menggunakan mesin bertipe 2NR-VE berkapasitas 1.496 cc dengan teknologi Dual VVT-i dan sistem Electronic Fuel Injection (EFI). Kombinasi teknologi ini memungkinkan pengaturan waktu katup dan suplai bahan bakar secara presisi berdasarkan kebutuhan kerja mesin. Hal ini menghasilkan proses pembakaran yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Selain itu, kendaraan ini juga telah dilengkapi dengan fitur modern seperti Vehicle Stability Control (VSC), Hill Start Assist, dan sistem pengereman ABS+EBD yang semakin mendukung

keselamatan pengemudi dan penumpang (Astra Daihatsu Motor, 2023).

2.2 Prinsip Kerja Mobil Avanza Veloz

Toyota Avanza Veloz merupakan kendaraan yang menggunakan sistem kerja mesin empat langkah (Four-Stroke Cycle Engine), yang terdiri dari langkah hisap, kompresi, pembakaran (usaha), dan buang. Mesin yang digunakan adalah tipe 2NR-VE DOHC Dual VVT-i, dengan kapasitas 1.496 cc. Pada tahap langkah hisap, campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam ruang bakar. Selanjutnya, campuran tersebut dikompresi dan kemudian dibakar oleh percikan dari busi. Energi pembakaran ini mendorong piston, menghasilkan energi mekanik yang digunakan untuk menggerakkan kendaraan. Siklus ini berlangsung secara berulang dan teratur dalam setiap silinder (Suyitno, 2020).

Salah satu keunggulan utama dari sistem kerja Avanza Veloz adalah penerapan teknologi Dual VVT-i (Variable Valve Timing-Intelligent). Teknologi ini memungkinkan pengaturan waktu buka dan tutup katup masuk dan buang secara optimal berdasarkan kondisi kerja mesin. Dengan Dual VVT-i, performa mesin tetap responsif di berbagai kondisi, baik saat kecepatan rendah maupun tinggi, sekaligus meningkatkan efisiensi bahan bakar dan menurunkan emisi gas buang. Teknologi ini telah terbukti meningkatkan efisiensi volumetrik dan pembakaran yang lebih merata dalam ruang silinder (Marzuki & Nugroho, 2019).



Gambar 1. Prinsip Kerja Mobil Avanza Veloz

2.3 Heat Balance Mobil Avanza Veloz

Heat Balance atau Neraca Panas pada mesin mobil merupakan proses evaluasi energi panas yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar dan bagaimana panas tersebut didistribusikan ke berbagai komponen atau sistem pada kendaraan. Dalam mesin pembakaran dalam, seperti pada Toyota Avanza Veloz 1.5L yang menggunakan mesin tipe 2NR-VE, panas hasil pembakaran bahan bakar sebagian besar dimanfaatkan untuk menghasilkan kerja mekanis (tenaga), namun sebagian lainnya hilang ke udara melalui gas buang, sistem pendingin, serta konduksi ke bagian mesin. Oleh karena itu, pemahaman mengenai distribusi

panas ini sangat penting untuk menganalisis efisiensi termal dan performa mesin secara keseluruhan.

Menurut Pulkrabek (2014), “approximately 30% of the energy from the fuel in an internal combustion engine is converted to useful work, while the rest is lost as heat to the exhaust, cooling system, and other engine components.” Hal ini juga sejalan dengan penelitian oleh Heywood (1988), yang menyatakan bahwa efisiensi termal mesin bensin konvensional berkisar antara 25%-35%, bergantung pada desain dan kondisi operasi. Dengan merujuk pada prinsip ini, dapat diketahui bahwa mesin Avanza Veloz juga mengalami pembagian panas yang serupa, yaitu sekitar sepertiga dari energi bahan bakar digunakan untuk menghasilkan daya, sedangkan sisanya hilang melalui berbagai sistem.

Tabel 1. Heat Balance Mobil Avanza Veloz

| No | Sumber Energi | Presentase % | Keterangan |
|----|--------------------------|--------------|--|
| 1 | Energi mekanik | 30-35 % | Energi yang digunakan menggerakkan kendaraan |
| 2 | Panas kesistem pendingin | 25-30 % | Diserap oleh radiator/air pendingin |
| 3 | Panas gas buang | 30-35 % | Terbuang melalui knalpot |
| 4 | Friksi radiasi | 5-10 % | |

2.4 Komponen Utama Mobil Avanza Veloz

Toyota Avanza Veloz merupakan kendaraan MPV yang dirancang dengan menggabungkan efisiensi, kenyamanan, serta teknologi modern. Salah satu aspek penting dalam analisis kendaraan ini adalah memahami komponen utamanya. Komponen utama dalam mobil ini meliputi mesin pembakaran dalam (Internal Combustion Engine), sistem transmisi, sistem suspensi dan kemudi, sistem pengereman, serta sistem kelistrikan. Setiap sistem tersebut berperan penting dalam menunjang performa dan fungsionalitas mobil secara keseluruhan.

Mesin yang digunakan pada Toyota Avanza Veloz 1.5L adalah tipe 2NR-VE 4 silinder segaris DOHC dengan teknologi Dual VVT-i, yang memiliki kapasitas 1.496 cc. Mesin ini dirancang untuk memberikan efisiensi bahan bakar yang optimal tanpa mengorbankan tenaga. Menurut Toyota Global (2021), “The Dual VVT-i engine provides better fuel economy and performance through continuous control of intake and exhaust valve timing.” Komponen lain yang tak kalah penting adalah sistem transmisi CVT (Continuously Variable Transmission) yang memberikan perpindahan gigi yang halus dan efisien, menggantikan sistem transmisi otomatis konvensional.

1. Piston

Piston pada mobil Avanza dan Veloz 1.5 adalah komponen penting dalam mesin yang berfungsi untuk mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi mekanik. Piston bergerak naik dan turun di dalam silinder mesin, mengompresi campuran udara dan bahan bakar, kemudian memicu pembakaran yang mendorong piston kembali ke bawah, sehingga menghasilkan gerakan rotasi pada poros engkol yang kemudian dihubungkan ke roda.



Gambar 2. Piston

2. Busi

Busi (Spark Plug) adalah komponen penting yang membantu menyalakan mesin mobil. Mesin hanya akan menyala ketika ada proses pembakaran di ruang bakar. Supaya hal ini terjadi, kualitas busi yang digunakan sudah pasti bagus dan awet untuk dipakai. Nantinya busi tersebut yang akan memicu percikan api dan akhirnya membuat proses pembakaran terjadi di ruang bakar.



Gambar 3. Busi

3. Katu (Valve)

Katup (Valve) pada mesin mobil Avanza adalah komponen penting yang berfungsi untuk mengatur aliran campuran udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar, serta mengeluarkan gas buang dari ruang bakar. Katup ini terletak di kepala silinder dan diatur oleh mekanisme timing mesin (camshaft dan timing chain/belt). Lebih detailnya, katup pada mesin Avanza memiliki dua jenis utama:

1. Katup Masuk (Intake Valve): Mengatur masuknya campuran udara dan bahan bakar ke dalam ruang bakar.
2. Katup Buang (Exhaust Valve): Mengatur keluarnya gas buang hasil pembakaran dari ruang bakar.



Gambar 4. Katu (Valve)

4. Chamshaft

Crankshaft adalah poros engkol yang mengubah gerakan naik-turun piston menjadi gerakan putar, sedangkan camshaft adalah poros bubungan yang mengatur buka-tutup katup intake dan exhaust. Kedua komponen ini berperan penting dalam siklus kerja mesin, yaitu mengubah energi dari bahan bakar menjadi gerakan mekanis yang mendorong mobil maju.



Gambar 5. Chamshaft

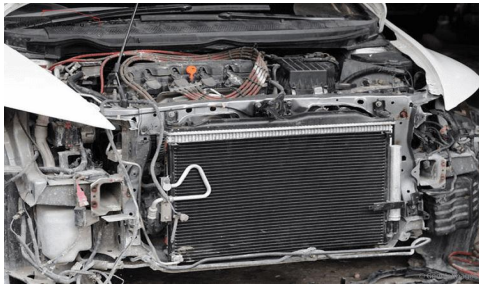
5. Radiator dan Sistem Pendinginan

Sistem pendinginan adalah rangkaian komponen pada mesin mobil yang bertugas untuk menjaga suhu kerja mesin agar tetap stabil dan optimal, mencegah Overheating, dan mendukung efisiensi pembakaran serta daya tahan mesin. Pada Avanza Veloz 1.5L, sistem pendingin menggunakan cairan radiator (Coolant) dan bersifat Liquid-Cooled System (pendingin cair) dengan sirkulasi tertutup.

Fungsi Radiator

Radiator adalah komponen utama dalam sistem pendingin yang berfungsi untuk:

- Mendinginkan cairan pendingin (Coolant) yang telah menyerap panas dari mesin.
- panas ke udara bebas melalui kisi-kisi (Fin).
- Menjaga suhu kerja mesin pada kisaran ideal ($\pm 80-90^{\circ}\text{C}$).



Gambar 6. Radiator Dan Sistem Pendinginan

6. Suspensi Depan dan Belakang

Suspensi depan Avanza Veloz 1.5L menggunakan **sistem MacPherson Strut**, yang merupakan salah satu jenis suspensi paling umum digunakan pada mobil penumpang. Sistem ini menggabungkan peran shock absorber dan strut menjadi satu unit.

Komponen utama:

- Strut (gabungan shock absorber dan dudukan roda)
- Pegas Koil (Coil Spring)
- Lower Arm (lengan bawah)
- Stabilizer Bar (untuk mengurangi body roll saat menikung)

Kelebihan:

- Konstruksi sederhana dan ringan
- Hemat ruang di ruang mesin depan
- Perawatan relatif mudah dan murah
- Memberikan kenyamanan berkendara yang baik untuk penggunaan harian

Suspensi Belakang: 4-Link Lateral Rod dengan Pegas Koil (4-link with Coil Spring) Suspensi belakang menggunakan sistem 4-link lateral rod, yaitu konfigurasi suspensi yang memiliki empat titik penghubung (link) antara roda belakang dan sasis. Ditambah pegas koil, sistem ini memberikan kestabilan dan daya redam yang baik.

Komponen utama:

- 4 batang penghubung (Link Arm) untuk mengendalikan arah gerak roda
- Pegas Koil (coil spring)
- Shock Absorber (peredam kejutan)
- Lateral Rod (batang penyeimbang samping untuk mengontrol gerakan lateral)

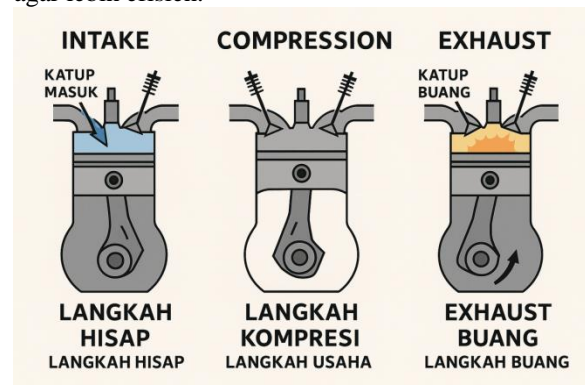


Gambar 7. Suspensi Depan Dan Belakang

2.5 Prinsip Siklus Mesin Mobil Avanza Veloz

Mesin Toyota Avanza Veloz 1.5L menggunakan tipe 2NR-VE, yaitu mesin bensin 4-tak (empat langkah) yang bekerja berdasarkan siklus Otto. Siklus Otto adalah siklus termodinamika yang digunakan pada mesin pembakaran dalam berbahan bakar bensin, terdiri dari empat tahap utama: hisap (Intake), kompresi (Compression), usaha (Power), dan buang (Exhaust). Proses ini berlangsung di dalam silinder mesin dan terjadi secara berulang dalam setiap siklus kerja piston. Siklus Otto merupakan standar umum pada mesin bensin karena menghasilkan rasio efisiensi yang cukup tinggi serta mudah diimplementasikan dalam kendaraan ringan seperti Avanza Veloz.

Pada Siklus Otto, campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder selama langkah hisap, kemudian dikompresi oleh piston selama langkah kompresi. Setelah itu, busi memercikkan api untuk membakar campuran tersebut, menghasilkan tekanan tinggi yang mendorong piston turun dalam langkah usaha. Akhirnya, gas sisa pembakaran dibuang keluar melalui langkah buang. Menurut Heywood (1988), "The Ideal Otto Cycle Represents The Theoretical Cycle For Spark-Ignition Engines And Serves As The Basis For Analyzing Engine Performance." Siklus ini mendasari prinsip kerja mesin 2NR-VE, dengan tambahan teknologi seperti Dual VVT-i yang mengatur waktu buka tutup katup agar lebih efisien.



Gambar 8. Prinsip Siklus Mobil Avanza

Tabel 2. Siklus Kerja Otto

| No | Langkah | Katup Masuk | Katup Buang | Gerak Piston |
|----|----------|-------------|-------------|--------------|
| 1 | Hisap | Terbuka | tertutup | turun |
| 2 | Kompresi | Tertutup | Tutup | Naik |
| 3 | Usaha | Tertutup | Tertutup | Turun |
| 4 | Buang | Tertutup | Terbuka | Naik |

2.7 Parameter Kinerja Mesin Mobil Avanza

Parameter kinerja mesin merupakan indikator utama dalam mengevaluasi performa kendaraan. Adapun parameter tersebut meliputi:

1. Daya Maksimum (Power Output)

Daya menunjukkan seberapa besar energi yang dapat dihasilkan mesin dalam satuan waktu.

- Spesifikasi Resmi:
 - Mesin: 1.5L 4-silinder Dual VVT-i
 - Daya Maksimum: 106 PS (78 kW) @ 6.000 rpm

Daya ini cukup untuk mendukung penggunaan kendaraan dalam aktivitas sehari-hari, terutama untuk mobil keluarga yang mengutamakan efisiensi dan kenyamanan.

2. Torsi Maksimum (Torque Output)

Torsi (Torque) adalah gaya puntir yang dihasilkan oleh mesin untuk memutar poros engkol. Satuan torsi umumnya adalah Newton-Meter (Nm). Torsi maksimum menunjukkan kekuatan puncak mesin dalam menghasilkan gaya putar, biasanya terjadi pada putaran mesin tertentu (Rpm).

Spesifikasi Mesin Avanza Veloz (2NR-VE) — Referensi Dasar

- Jenis mesin: 2NR-VE 4-silinder, 1.5L DOHC Dual VVT-i
- Torsi maksimum: sekitar 136 Nm pada 4.200 Rpm
- Daya maksimum: sekitar 104 Hp (78 kW) pada 6.000 Rpm

Rumus Dasar Hubungan Daya, Torsi, dan RPM:

$$\begin{aligned} \text{Daya (kW)} &= \frac{\text{torsi} \times \text{RPM}}{9550} \\ \text{Torsi (Nm)} &= \frac{9550 \times \text{daya kW}}{\text{RPM}} \end{aligned}$$

Contoh Perhitungan Torsi Maksimum

Misalkan mesin Avanza Veloz menghasilkan daya maksimum 78 kW pada 6.000 Rpm. Maka torsi pada titik itu bisa dihitung sebagai berikut :

$$\text{Torsi} = \frac{9550 \times 78}{6000} = 124.1 \text{ Nm}$$

Namun, pada spesifikasi pabrikan, disebutkan torsi puncaknya justru 136 Nm pada 4.200 Rpm, karena karakteristik mesin bensin umumnya menghasilkan torsi maksimum pada rpm menengah.

Kesimpulan Teknis

- Torsi maksimum menentukan kekuatan mobil saat akselerasi awal dan menanjak.
- Daya maksimum lebih berperan pada kecepatan tinggi.
- Avanza Veloz dirancang agar torsi maksimum muncul pada Rpm menengah, cocok untuk penggunaan harian dan efisiensi bahan bakar.

3. Efisiensi Termal (Thermal Efficiency)

Efisiensi Termal adalah suatu ukuran yang digunakan untuk mengetahui seberapa efektif suatu sistem (seperti mesin pembakaran internal, turbin, atau sistem pembangkit listrik) mengkonversi energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran atau sumber panas lainnya menjadi kerja mekanik atau

output energi yang berguna. Dengan kata lain, efisiensi termal menunjukkan perbandingan antara energi yang digunakan secara efektif dan energi total yang dihasilkan dari bahan bakar atau sumber energi panas.

1. Rumus Dasar Efisiensi Termal

Secara matematis, efisiensi termal dapat dinyatakan dengan rumus:

$$\eta = \frac{W_{\text{output}}}{Q_{\text{input}}}$$

Di mana:

- η (*eta*) adalah efisiensi termal.
- W_{output} adalah kerja atau energi berguna yang dihasilkan oleh sistem.
- Q_{input} adalah energi panas total yang diberikan sistem (biasanya berasal dari pembakaran bahan bakar).

Rumus ini menyatakan bahwa semakin besar presentase energi yang diubah menjadi kerja berguna dibandingkan dengan total energi yang masuk, maka semakin tinggi pula efisiensi termal dari suatu sistem.

2. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Efisiensi Termal

Beberapa faktor yang berperan penting dalam menentukan efisiensi termal suatu sistem antara lain:

- Kualitas Bahan Bakar : Bahan bakar dengan nilai kalor yang tinggi dan pembakaran yang bersih akan meningkatkan efisiensi.
- Desain dan Teknologi Sistem : Misalnya, pada mesin pembakaran internal, desain ruang bakar, sistem injeksi, dan pengaturan waktu pembakaran (Timing) berpengaruh besar terhadap kinerja.
- Kerugian Energi: Kehilangan energi karena gesekan, radiasi panas, dan proses perpindahan panas yang tidak dioptimalkan akan menurunkan efisiensi.
- Suhu Operasi : Perbedaan suhu antara sumber panas dan ruang kerja mempengaruhi jumlah energi yang dapat diubah menjadi kerja—konsep ini juga berkaitan dengan prinsip termodinamika seperti batasan Siklus Carnot.

III. Metodologi Penelitian

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian Analisa Mobil Avanza Veloz Ditinjau Dari Aspek Riset Penelitian Berbasis Teknologi yang berlokasi di Jalan Sisingamangaraja Toyota Auto 2000, Kecamatan Medan Kota, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara dengan data yang diperoleh untuk periode Januari hingga Juni 2025.

3.2 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah Mobil Toyota Avanza Veloz, yang merupakan salah satu varian dari lini produk Toyota Avanza. Mobil ini dipilih sebagai objek penelitian karena memiliki berbagai fitur dan inovasi teknologi yang menarik untuk dikaji, baik dari segi performa, efisiensi, maupun kenyamanan dan keselamatan dalam berkendara.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan melalui beberapa metode yang saling melengkapi, yaitu studi literatur, observasi langsung, dan wawancara. Ketiga metode ini dipilih agar data yang diperoleh bersifat holistik dan mampu memberikan gambaran yang akurat terkait aspek teknologi pada mobil Toyota Avanza Veloz.

1. Studi Literatur

Dengan topik penelitian. Sumber tersebut meliputi jurnal ilmiah, artikel teknologi otomotif, buku-buku referensi, laporan penelitian terdahulu, dokumen resmi dari pabrikan (Toyota), serta informasi dari Situs Web terpercaya. Melalui studi literatur ini, peneliti dapat memahami perkembangan teknologi otomotif secara umum serta mengidentifikasi fitur-fitur teknologi yang terdapat dalam Avanza Veloz berdasarkan dokumentasi yang tersedia.

2. Observasi Langsung

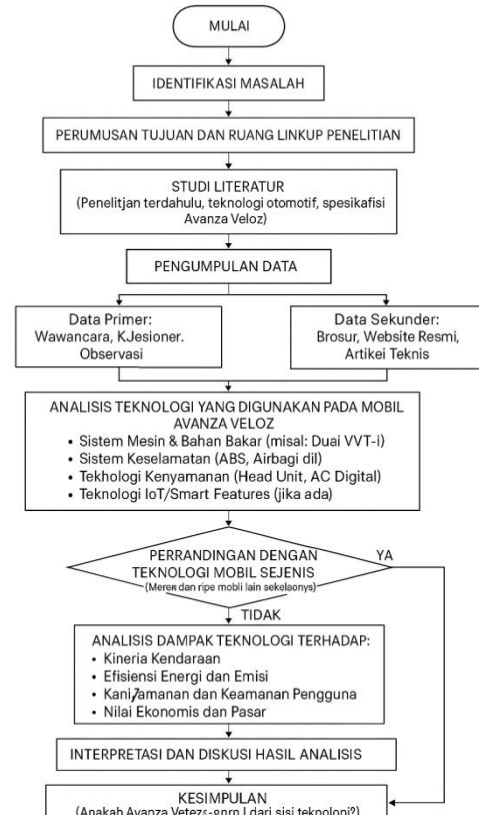
Observasi dilakukan dengan mengamati secara langsung unit kendaraan Toyota Avanza Veloz, terutama pada bagian-bagian yang berkaitan dengan teknologi. Peneliti mencatat fitur-fitur yang tersedia seperti sistem keselamatan aktif, panel digital, sistem infotainment, dan berbagai komponen elektronik lainnya. Observasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh melalui studi literatur benar-benar sesuai dengan kenyataan di lapangan.

3. Wawancara

Pengalaman langsung dalam penggunaan maupun perawatan mobil Avanza Veloz. Narasumber tersebut meliputi teknisi bengkel resmi Toyota serta pengguna kendaraan. Wawancara bersifat semi-terstruktur, dengan pertanyaan-pertanyaan terbuka yang memungkinkan narasumber memberikan jawaban secara bebas dan mendalam. Informasi yang diperoleh dari wawancara ini sangat penting untuk memahami persepsi pengguna terhadap performa dan keandalan teknologi yang diterapkan pada kendaraan. Melalui kombinasi ketiga teknik pengumpulan data tersebut, Penelitian ini mampu menghasilkan data yang valid, mendalam, dan relevan dengan tujuan penelitian, yaitu menganalisis fitur teknologi pada mobil Avanza Veloz dari berbagai sudut pandang.

3.4 Diagram Alur Penelitian

ANALISIS MOBIL AVANZA VELOZ DITINJAU DARI ASPEK PENELITIAN BERBASIS TEKNOLOGI



Gambar 9. Diagram Alur Penelitian

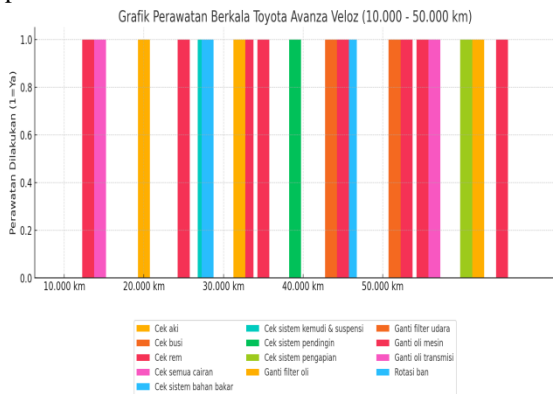
IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Grafik Perawatan Berkala Toyota Avanza Veloz (10.000-50.000)

Perawatan berkala Toyota Avanza Veloz dilakukan setiap kelipatan 10.000 km untuk memastikan seluruh sistem kendaraan tetap berfungsi optimal. Pada **10.000 km**, perawatan bersifat ringan (minor service) yang umumnya mencakup penggantian oli mesin dan filter oli, serta pemeriksaan umum terhadap komponen rem, suspensi, tekanan ban, dan sistem kelistrikan. Servis ini bertujuan untuk menjaga kebersihan pelumasan mesin dan memastikan tidak ada gejala keausan dini pada komponen vital.

Memasuki 20.000 km dan 30.000 km, ruang lingkup servis semakin luas. Di 20.000 km, perawatan mencakup penggantian filter udara, pembersihan throttle body, serta pengecekan rem secara menyeluruh. Servis di tahap ini penting untuk mempertahankan efisiensi pembakaran dan respon mesin. Pada 30.000 km, kendaraan kembali menjalani minor service dengan fokus pada pemeriksaan sistem pendingin, injeksi bahan bakar, serta pembersihan ringan injektor untuk mencegah

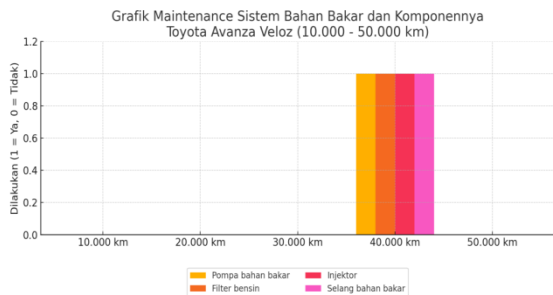
pembentukan deposit karbon yang mengurangi performa.



Gambar 10. Perawatan 10.000-50.000

4.2 Perawatan berkala sistem bahan bakar (10.000 km)

Pada saat kendaraan Toyota Avanza Veloz mencapai jarak tempuh 10.000 km, perawatan sistem bahan bakar yang dilakukan bersifat inspeksi ringan dan pembersihan preventif. Fokus utama dari perawatan ini adalah untuk menjaga aliran bahan bakar tetap lancar dari tangki hingga ke ruang bakar, serta memastikan sistem injeksi bekerja secara efisien.



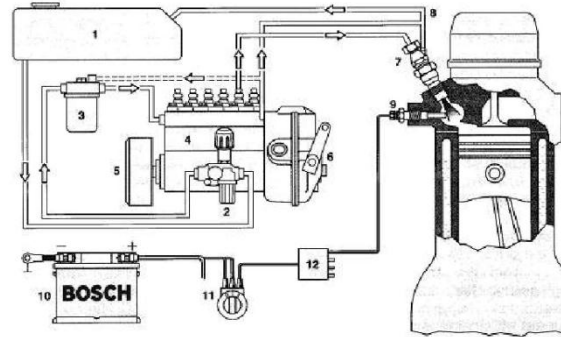
Grafik 11. Perawatan berkala 10.000 (km)

Komponen utama yang diperiksa dalam sistem bahan bakar pada tahap ini antara lain:

- Fuel pump (pompa bahan bakar),
- Fuel filter (saringan bahan bakar),
- Injektor,
- Selang dan pipa bahan bakar.

Pemeriksaan dilakukan untuk mendeteksi adanya kebocoran, tekanan bahan bakar yang tidak normal, atau gejala penyumbatan yang bisa mempengaruhi performa mesin. Meskipun pada 10.000 km fuel filter dan injektor belum perlu diganti atau dibersihkan secara mendalam, teknisi biasanya melakukan pembersihan ringan pada throttle body dan memeriksa respons injektor dengan alat diagnostik scanner. Jika ditemukan gejala seperti konsumsi bahan bakar boros, suara mesin tidak halus, atau tarikan terasa berat, maka pembersihan injektor menggunakan cairan khusus bisa dianjurkan lebih awal.

Perawatan awal ini sangat penting karena mencegah akumulasi karbon pada sistem pembakaran, memperpanjang umur pompa bahan bakar, serta mempertahankan efisiensi konsumsi BBM. Dengan bahan bakar yang bersih dan tekanan yang stabil, sistem EFI (Electronic Fuel Injection) dapat bekerja optimal dalam menyuplai campuran udara dan bahan bakar yang ideal ke ruang bakar.



Gambar 12. Skema Aliran Bahan Bakar

Skema aliran bahan bakar pada mobil Toyota Avanza Veloz 1.5L menggunakan sistem Electronic Fuel Injection (EFI) yang dirancang untuk menyuplai bahan bakar secara efisien dan terkontrol keruang bakar mesin. Proses dimulai dari tangki bahan bakar, tempat bahan bakar disimpan. Bahan bakar kemudian disedot oleh pompa bahan bakar elektrik yang terletak di dalam tangki, lalu dialirkan menuju saringan bahan bakar (fuel filter). Filter ini berfungsi untuk menyaring kotoran atau partikel yang bisa merusak sistem injeksi. Setelah itu, bahan bakar mengalir menuju Fuel Rail, yaitu pipa tekanan tinggi yang mendistribusikan bahan bakar ke masing-masing injektor.

4.3 Perawatan Berkala 30.000 (km) Sistem Pendinginan

Pada jarak tempuh 30.000 km, perawatan sistem pendinginan Toyota Avanza Veloz biasanya mencakup pemeriksaan visual terhadap radiator, selang pendingin, kipas radiator (electric fan), waterpump, serta pemeriksaan level dan kondisi coolant (Radiator Coolant). Meskipun pada tahap ini Coolant belum wajib diganti (biasanya dilakukan pada 40.000 km), namun teknisi akan memeriksa warna dan kejernihannya untuk memastikan tidak terjadi pencampuran dengan oli atau kontaminasi sistem lainnya. Sistem pendinginan sangat penting untuk menjaga suhu kerja mesin tetap stabil di sekitar 85–95°C, agar pembakaran tetap optimal dan tidak terjadi overheating.

Secara termodinamika, efisiensi sistem pendinginan dapat dihitung sebagai bagian dari efisiensi thermal mesin. Jika diketahui energi panas yang dihasilkan oleh bahan bakar (input) dan energi yang diserap oleh sistem pendingin, maka efisiensi thermal dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\eta_{thermal} = \frac{W_{output}}{Q_{input}} \times 100\%$$

Misalnya, jika konsumsi BBM menghasilkan $Q_{input} = 30.000 \text{ kJ}$, dan sistem menghasilkan tenaga efektif (output) sebesar $W_{output} = 7.500 \text{ kJ}$, maka:

$$\pi_{thermal} = \frac{7.500}{30.000} \times 100\% = 25\%$$

Sisa panas sebesar 75% akan dibuang melalui sistem pendinginan dan sistem buang. Ini menunjukkan betapa pentingnya sistem pendinginan dalam membuang panas berlebih agar mesin tetap bekerja secara efisien dan tidak mengalami kerusakan termal. Oleh karena itu, pada 30.000 km, walau belum terjadi penggantian Coolant, pengecekan menyeluruh terhadap sistem pendinginan tetap wajib dilakukan demi menjaga efisiensi kerja mesin.

4.4 Perawatan Berkala 20.000 (km) Sistem Pelumasan

Pada 20.000 km, sistem pelumasan Avanza Veloz 1.5L menjalani perawatan berkala yang meliputi penggantian oli mesin (engine oil) serta filter oli. Komponen-komponen ini sangat penting karena berfungsi mengurangi gesekan antar komponen logam di dalam mesin, menyerap panas, serta menjaga kebersihan ruang pelumasan dari partikel logam dan karbon hasil pembakaran. Toyota Avanza Veloz umumnya menggunakan oli tipe SAE 0W-20 full synthetic, yang mampu bekerja optimal pada suhu rendah hingga tinggi. Filter oli diganti bersamaan untuk memastikan partikel kotoran yang tertangkap tidak kembali masuk ke sistem. Pemeriksaan tekanan oli, potensi kebocoran pada seal, dan kondisi viskositas oli juga dilakukan untuk memastikan sistem pelumasan berjalan dengan baik.

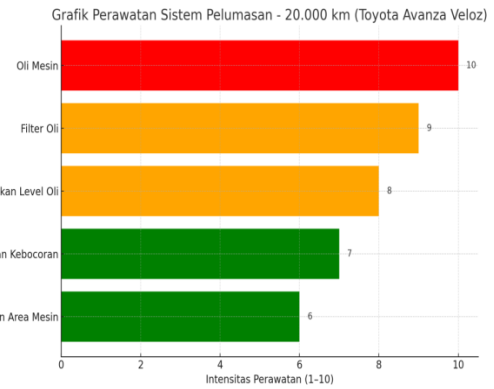
Dari segi efisiensi, sistem pelumasan sangat berpengaruh pada efisiensi mekanik mesin. Jika pelumasan optimal, maka energi yang dihasilkan dari pembakaran dapat disalurkan lebih banyak untuk tenaga putar (Output), bukan hilang akibat gesekan. Misalnya, jika energi input bahan bakar sebesar $Q_{input} = 30.000 \text{ kJ}$, dan gesekan internal akibat pelumasan tidak optimal menyebabkan kehilangan energi sebesar 3.000 kJ , maka efisiensi mekanik dapat dihitung:

$$\pi_{mekanik} = \frac{Q_{input} - Q_{gesekan}}{Q_{input}} \times 100\% = \frac{30.000 - 3.000}{30.000} \times 100\% = 90\%$$

Namun, jika pelumasan buruk dan kehilangan akibat gesekan naik menjadi 6.000 kJ , maka efisiensi turun ke:

$$\pi = \frac{30.000 - 6.000}{30.000} \times 100\% = 80\%$$

Hal ini menunjukkan pentingnya menjaga kualitas oli dan filter agar efisiensi mesin tetap tinggi dan konsumsi bahan bakar tidak boros. Maka dari itu, pada servis 20.000 km, penggantian oli dan filter oli bukan hanya rutinitas, tetapi juga langkah penting untuk menjaga efisiensi energi dan umur mesin.



Gambar 13. Sistem Pelumasan 20.000 km

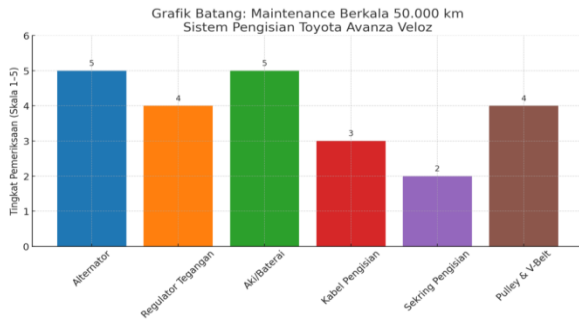
4.5 Perawatan Berkala 50.000 (km) Sistem Pengisian

Pada 50.000 km, sistem pengisian Toyota Avanza Veloz wajib diperiksa secara menyeluruh untuk memastikan sistem kelistrikan kendaraan tetap stabil dan tidak terjadi penurunan tegangan. Sistem pengisian terdiri dari komponen utama seperti alternator, aki (baterai), v-belt, serta regulator tegangan. Pemeriksaan yang dilakukan meliputi pengukuran tegangan output alternator (idealnya sekitar 13,8-14,5 volt saat mesin hidup), pemeriksaan kondisi fisik dan tegangan aki, serta kekencangan dan keausan v-belt. Alternator pada Avanza Veloz juga dilengkapi regulator internal untuk mengatur tegangan agar tetap stabil walaupun terjadi perubahan putaran mesin. Pada 50.000 km, aki juga mulai memasuki masa rawan dan biasanya direkomendasikan untuk diuji atau bahkan diganti jika performanya menurun.

Efisiensi sistem pengisian dapat dihitung dengan membandingkan daya listrik yang berhasil disalurkan ke aki (output) dengan daya mekanis yang diserap oleh alternator dari mesin (input). Misalnya, daya listrik yang dihasilkan alternator (Output) adalah 300 watt, sementara daya mekanis yang diserap dari mesin untuk memutar alternator adalah 400 watt. Maka efisiensi sistem pengisian dihitung sebagai:

$$\pi = \frac{P_{output}}{P_{input}} \times 100\% = \frac{300}{400} \times 100\% = 75\%$$

Efisiensi ini akan menurun jika terdapat kerusakan pada regulator, slip pada v-belt, atau alternator sudah aus. Penurunan efisiensi bisa menyebabkan aki tidak terisi optimal, sistem injeksi terganggu, bahkan lampu-lampu menjadi redup. Oleh karena itu, servis pada 50.000 km sangat penting untuk memastikan bahwa sistem pengisian bekerja secara efisien dan mendukung semua sistem elektronik kendaraan secara konsisten.



Gambar 14. Maintenance Sistem Pengisian 30 km

4.6 Perbandingan Jarak Tempuh Antar Varian Avanza Veloz

Grafik ini memperlihatkan perbandingan efisiensi bahan bakar pada dua varian Avanza Veloz 1.5L, yaitu:

- Veloz 1.5L Manual Transmission (MT)
- Veloz 1.5L Automatic Transmission (AT)

Perbandingan ini dilakukan berdasarkan tiga kondisi berkendara utama: jalan kota (stop-and-go), jalan tol (kecepatan konstan), dan kombinasi keduanya.

a. Jalan Kota

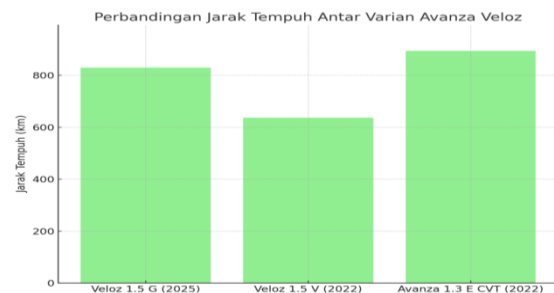
- Transmisi otomatis cenderung lebih boros di lalu lintas padat karena perpindahan gigi lebih sering dan respons throttle lebih agresif.
- Transmisi manual lebih hemat karena pengemudi bisa mengatur perpindahan gigi secara efisien.
- Hasil grafik:
 - MT: ± 12.5 km/l
 - AT: ± 11.0 km/l

b. Jalan Tol

- Kedua varian menunjukkan peningkatan efisiensi, tapi transmisi **manual** tetap lebih hemat karena bisa menjaga putaran mesin tetap rendah.
- Hasil grafik:
 - MT: ± 16.0 km/l
 - AT: ± 14.5 km/l

c. Kombinasi (Rata-Rata Kota dan Tol)

- Ini mencerminkan penggunaan harian yang umum.
- Hasil grafik:
 - MT: ± 14.0 km/l
 - AT: ± 12.5 km/l



Gambar 15. Jarak Tempuh Antar Varian Avanza Veloz

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pada penelitian Toyota Auto 2000 “Analisa Mobil Avanza Veloz Ditinjau dari Aspek Riset Penelitian Berbasis Teknologi”, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Toyota Avanza Veloz 1.5L memiliki sistem mesin modern seperti teknologi Dual VVT-i, sistem injeksi elektronik, serta efisiensi termal yang baik pada kisaran 25–35% tergantung kondisi operasional.
2. Perawatan berkala memiliki peran penting dalam menjaga performa kendaraan. Ketidakteraturan dalam servis berkala berdampak pada penurunan efisiensi bahan bakar, keausan komponen mesin, serta potensi kerusakan sistem seperti sistem pelumasan dan pendinginan.
3. Dari hasil perbandingan efisiensi, transmisi otomatis cenderung memiliki konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi dibandingkan transmisi manual, terutama pada mode berkendara agresif atau jalan menanjak.

Daftar Pustaka

- [1]. Rosyidin, 2019, *Efisiensi Jarak Tempuh Toyota Veloz 1500 Cc Tahun 2015 - Sekarang Menggunakan Gasoline Type A,B,C Oktan 92*, Pros. Simp. Nas. Multidisiplin, vol. 1, 2019, doi: 10.31000/sinamu.v1i0.2105.
- [2]. Rosyidin, Y. Efendi, dan A. Amir, 2021, *Kajian Pengaruh Performa Mobil Buatan Astra Daihatsu 1500 CC Tahun 2015 – Sekarang Terhadap Bahan Bakar Bensin Jenis X, Y, Z RON 92*, Pros. Simp. Nas. Multidisiplin, vol. 2, hal. 399–409, 2021, doi: 10.31000/sinamu.v2i0.3630.
- [3]. F. Evly dan R. I. Liow, 2015. *Sistem Perawatan Berkala Mobil Toyota dengan Prinsip Kaizen*, J. Arenga Tekno, vol. 1, no. 2, hal. 96–101.
- [4]. D. Naura, H. Abizar, dan E. Susanto, 2023, *Analisa Perawatan Berkala Terhadap Performa Mobil Avanza*, J. Pendidik. Otomotif Univ. Muhammadiyah Purworejo, vol. 18, no. 02, hal. 57.
- [5]. M. A. Habe, A. M. Anzari, dan Y. Basongan, 2019, *Analisa Emisi Gas Buang Mesin EFI dan Mesin Konvensional pada Kendaraan Roda Empat*, J. Tek. Mesin Sinergi, vol. 9, no. 2, hal. 130–139, 2019, doi: 10.31963/sinergi.v9i2.1073.
- [6]. W. W. Pulkrabek, 2013, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, J. Chem. Inf. Model., vol. 53, no. 9, hal. 1689–1699.
- [7]. S. Budi Perkasa, T. Sukmadi, dan D. Denis, 2020, *Analisa Perbandingan Daya Dan Torsi Pada Perancangan Purwarupa Mobil Listrik*, Transient, vol. 9, no. 4, hal. 2685–0206,

- 2020, [Daring]. Tersedia pada: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [8]. Santoso dan Warju, 2020, *Rancang Bangun Fuel Flow Meter Toyota Avanza 1.3 Tipe K3-Ve Sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Performa Mesin*, J. Rekayasa Mesin, vol. 6, no. 1, hal. 1–5, 2020.
- [9]. G. T. Gunawan, S. Nurhaji, dan S. Suadi, 2023, *Analisis Kebocoran Sistem Rem Hidrolik Pada Mobil Toyota Avanza Tipe Veloz*, Mot. Bakar J. Tek. Mesin, vol. 7, no. 2, hal. 47–56, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.umt.ac.id/index.php/mjtm/article/view/9906>
- [10]. N. Grimaldi dan F. Millo, *Internal Combustion Engine (ICE) Fundamentals*, vol. 21. 2015. doi: 10.1002/9781118991978.hces077.
- [11]. N. Mei, M. Hasbi, dan B. Sudia, 2016, *Studi Gejala Kerusakan Pada Mesin Toyota Avanza Berteknologi Vvt-I Tipe Mesin K3-Ve 1300 Cc*, vol. 1, no. 1, hal. 30–34.
- [12]. T. Sugiarto, D. S. Putra, W. Purwanto, dan W. Wagino, 2018, *Analisis Perubahan Output Sensor Terhadap Kerja Aktuator pada Sistem EFI (Electronic Fuel Injection)*, INVOTEK J. Inov. Vokasional dan Teknol., vol. 18, no. 2, hal. 91–100, 2018, doi: 10.24036/invotek.v18i2.418.
- [13]. W. W. Pulkrabek, 2013, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, J. Chem. Inf. Model., vol. 53, no. 9, hal. 1689–1699.
- [14]. Syahbana dan G. R. F. Syahrillah, 2018, *Kajian Teoritis Tentang Spesifikasi Engine INr-Ve*, Al-Jazari J. Ilm. Tek. Mesin, vol. 3, no. 1, hal. 94–98, 2018, doi: 10.31602/al-jazari.v3i1.1400.
- [15]. R. Jangra, 2017, *Analysis of Energy Storage from Exhaust of an Internal Combustion Engine*, Int. J. Eng. Res. Technol. Icadems, vol. 5, no. 03, hal. 3–5, 2017.