

2. DASAR TEORI

2.1 Motor Automatic

Sejarah motor matic dimulai pada awal abad ke-20 ketika industri otomotif mulai berkembang pesat. Pada saat itu, mayoritas kendaraan bermotor masih menggunakan transmisi manual yang dioperasikan oleh pengendara dengan menggunakan tuas gigi. Namun, pada tahun 1909, perusahaan otomotif Prancis bernama *Société Française de Vélocipèdes et Automobiles* (SFA) memperkenalkan sebuah konsep baru yaitu sebuah kendaraan bermotor dengan transmisi otomatis. Kendaraan tersebut diberi nama "Motorette" dan memiliki transmisi otomatis yang disebut "Variator". Meskipun konsep ini terdengar menjanjikan, namun saat itu teknologi masih belum cukup matang sehingga pengembangan kendaraan bermotor dengan transmisi otomatis terhenti.

Baru pada tahun 1946, Honda Motor Company memperkenalkan sepeda motor Honda Type A, yang merupakan salah satu motor matic pertama di dunia. Meskipun Honda Type A menggunakan mesin dengan kapasitas kecil (50cc), namun motor ini menjadi populer karena dilengkapi dengan transmisi otomatis yang membuat pengendara tidak perlu repot lagi mengoper gigi secara manual. Sejak saat itu, motor matic mulai populer di Jepang dan Asia Tenggara sebagai pilihan kendaraan yang praktis dan nyaman untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Pada tahun 1983, Yamaha Motor Corporation memperkenalkan sepeda motor Yamaha Jog, yang merupakan salah satu motor matic pertama yang dilengkapi dengan teknologi CVT (Continuously Variable Transmission). Teknologi ini memungkinkan pengendara untuk mengubah rasio gigi secara otomatis tanpa perlu mengoper gigi secara manual.

Sejak saat itu, motor matic semakin populer di seluruh dunia, termasuk di Indonesia. Kendaraan ini menjadi pilihan populer bagi masyarakat yang mencari kendaraan yang praktis, nyaman, dan mudah digunakan. Dalam beberapa tahun terakhir, motor matic semakin ditingkatkan kualitas dan teknologinya, sehingga semakin menarik perhatian konsumen. Motor matic telah mengalami perkembangan yang signifikan sejak pertama kali diperkenalkan pada tahun 1946. Berikut adalah contoh beberapa perkembangan motor matic di dunia:

- Kemajuan Teknologi CVT

Sejak Yamaha Jog memperkenalkan teknologi Continuously Variable Transmission (CVT) pada tahun 1983, teknologi ini telah mengalami perkembangan yang signifikan. CVT sekarang telah menjadi standar pada hampir semua motor matic modern, dan telah diupgrade dengan

fitur-fitur canggih seperti Electronic Control Units (ECU) untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi bahan bakar.

- Ukuran Mesin yang Lebih Besar

Pada awalnya, motor matic umumnya memiliki mesin dengan kapasitas kecil. Namun, seiring dengan berkembangnya teknologi, mesin motor matic semakin besar dan semakin bertenaga. Saat ini, motor matic tersedia dalam berbagai kapasitas mesin, mulai dari 50cc hingga lebih dari 700cc.

- Fitur Keselamatan yang Lebih Canggih

Motor matic modern telah dilengkapi dengan fitur-fitur keselamatan yang lebih canggih, seperti sistem pengereman ABS (Anti-lock Braking System), kontrol traksi, dan sistem keamanan immobilizer. Fitur ini membantu mengurangi risiko kecelakaan dan memberikan rasa aman dan nyaman bagi pengendara.

- Teknologi Hybrid dan Listrik

Seiring dengan tuntutan untuk mengurangi emisi dan penggunaan bahan bakar fosil, beberapa produsen telah memperkenalkan motor matic hybrid dan motor listrik. Motor matic hybrid menggunakan bahan bakar dan tenaga listrik untuk menghasilkan tenaga, sedangkan motor listrik sepenuhnya mengandalkan tenaga listrik. Teknologi ini memungkinkan motor matic menjadi lebih ramah lingkungan dan hemat energi.

- Desain yang Lebih Stylish

Selain kinerja dan teknologi, desain motor matic juga telah mengalami perkembangan yang signifikan. Produsen sekarang lebih memperhatikan desain yang lebih modern dan stylish untuk menarik perhatian konsumen. Motor matic sekarang tersedia dalam berbagai warna, grafis, dan aksesoris untuk memberikan pengalaman berkendara yang lebih personal dan stylish. Perkembangan motor matic di dunia terus berlanjut, dengan banyak produsen terus melakukan inovasi dan peningkatan teknologi untuk memenuhi kebutuhan dan tuntutan konsumen.

2.2 Kendaraan Honda Vario 125cc Tahun 2014

Kendaraan Honda Vario merupakan salah satu jenis skuter matik yang cukup populer di Indonesia. Kendaraan ini diproduksi oleh PT Astra Honda Motor dan telah dilengkapi dengan teknologi canggih seperti sistem injeksi bahan bakar, teknologi Idling Stop System (ISS), dan lain sebagainya. Honda Vario pertama kali diluncurkan pada tahun 2006 dan sejak itu telah mengalami beberapa pembaruan dan penyempurnaan teknologi.

Honda Vario dirancang sebagai kendaraan yang nyaman dan praktis untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Dilengkapi dengan mesin berkapasitas 110cc atau 125cc, Honda Vario mampu menghasilkan tenaga yang cukup untuk menaklukkan jalanan perkotaan. Selain itu, Honda Vario juga dilengkapi dengan sistem transmisi otomatis Continuously Variable Transmission (CVT), yang memungkinkan pengendara untuk mengubah rasio gigi secara otomatis tanpa perlu mengoper gigi secara manual seperti pada kendaraan dengan transmisi manual.

Fitur-fitur lain pada Honda Vario meliputi sistem pengereman yang efisien, suspensi depan teleskopik, rangka tulang punggung, dan lain sebagainya. Honda Vario juga dilengkapi dengan sistem pengamanan yang canggih seperti Immobilizer System, yang membantu mencegah pencurian kendaraan. Honda Vario menjadi salah satu pilihan populer bagi masyarakat Indonesia yang mencari kendaraan yang nyaman, efisien, dan praktis untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Spesifikasi Honda vario yang masuk pada Indonesia juga bervariasi, namun yang akan saya gunakan kali ini yaitu Honda Vario 125cc Tahun 2014. Dimana spesifikasi pabrik honda vario kurang lebih sebagai berikut :

1. Mesin: 4 tak, SOHC, 2 katup, eSP
2. Kapasitas Mesin: 124.8cc
3. Daya Maksimum: 8.64 kW, 11.66 HP / 8,500 rpm
4. Torsi Maksimum: 11.6 Nm / 6,500 rpm
5. Sistem Pembakaran: PGM-FI
6. Sistem Starter: Electric dan Kick Starter
7. Transmisi: Otomatis, V-Matic
8. Sistem Pendingin: Udara
9. Suspensi Depan: Teleskopik
10. Suspensi Belakang: Lengan Ayun, Suspensi Ganda
11. Rem Depan: Cakram Hidrolik dengan Piston Ganda
12. Rem Belakang: Tromol
13. Ban Depan: 80/90-14 M/C 40P
14. Ban Belakang: 90/90-14 M/C 46P
15. Panjang x Lebar x Tinggi: 1,907 mm x 679 mm x 1,107 mm
16. Jarak Sumbu Roda: 1,276 mm
17. Jarak Terendah ke Tanah: 133 mm
18. Berat Kosong: 108 kg

19. Kapasitas Tangki Bahan Bakar: 5.2 liter

20. Tipe Kelistrikan: DC 12 V, 3,5 A

Perlu diingat bahwa spesifikasi diatas bisa berbeda-beda tergantung pada negara, tahun produksi, atau variasi yang tersedia. Spesifikasi diatas hanya untuk Honda Vario 125cc tahun 2014 untuk wilayah Indonesia.

2.3 Juken

Juken adalah istilah slang yang berkembang di kalangan penggemar otomotif di Jepang. Istilah ini berasal dari kata "JUICAN," yang merupakan kependekan dari "SUKU-CADANG" (spare parts) dalam bahasa Jepang. Secara harfiah, istilah juken ini mengacu pada suku cadang atau komponen-komponen yang digunakan dalam modifikasi atau tuning kendaraan, terutama untuk meningkatkan performa mesin atau kinerja kendaraan. Dalam penggunaannya, istilah juken sering kali merujuk pada suku cadang performa yang digunakan untuk meningkatkan akselerasi, respons mesin, kecepatan maksimum, atau aspek-aspek tertentu lainnya dari sebuah kendaraan. Juken dapat mencakup berbagai komponen seperti CDI (Capacitor Discharge Ignition), karburator racing, knalpot khusus, kopling yang dioptimalkan, atau modifikasi pada ECU (Electronic Control Unit) untuk mencapai tujuan tertentu dalam modifikasi performa kendaraan.

Istilah ini telah menjadi bagian dari budaya modifikasi otomotif di Jepang dan digunakan secara luas dalam komunitas penggemar kendaraan bermotor di seluruh dunia. Juken menjadi salah satu cara bagi penggemar otomotif untuk menyesuaikan atau memodifikasi kendaraan mereka sesuai dengan preferensi dan keinginan mereka, mengoptimalkan performa atau karakteristik berkendara kendaraan yang mereka miliki.

Tujuan utama penggunaan juken adalah meningkatkan performa mesin, merubah karakteristik pengendalian, serta memperbaiki efisiensi bahan bakar. Berbagai jenis juken tersedia untuk modifikasi, masing-masing dengan peran dan pengaruh yang berbeda terhadap kinerja mesin.

Pertama-tama, CDI (Capacitor Discharge Ignition) merupakan komponen utama dalam sistem pengapian pada sepeda motor. Juken CDI yang dimodifikasi berperan dalam mengatur waktu dan tingkat pengapian. Dengan memodifikasi kurva pengapian, CDI dapat mempengaruhi momen pengapian busi untuk meningkatkan efisiensi pembakaran, hasilnya adalah daya jelajah yang lebih baik dan respons mesin yang lebih cepat pada putaran mesin tertentu. Selanjutnya, karburator racing juga menjadi pilihan umum dalam modifikasi performa. Karburator ini

dirancang untuk meningkatkan aliran bahan bakar dan udara ke dalam mesin. Dengan memodifikasi ukuran jetting, campuran udara dan bahan bakar dapat diatur untuk memaksimalkan pembakaran di dalam ruang bakar, menghasilkan performa yang lebih baik pada berbagai kecepatan mesin. Knalpot racing adalah juken lain yang sering dimodifikasi. Knalpot ini didesain untuk meningkatkan aliran gas buang dari mesin dengan lebih lancar. Desain yang dioptimalkan dapat mengurangi hambatan aliran gas buang, yang pada gilirannya meningkatkan efisiensi mesin serta memberikan karakter suara yang berbeda dan lebih sporty. Tidak hanya komponen utama, komponen seperti kopling racing juga menjadi fokus dalam modifikasi performa. Kopling yang lebih responsif, seringkali menggunakan bahan yang lebih ringan atau desain yang lebih presisi, memungkinkan tenaga yang lebih besar untuk ditransfer dari mesin ke transmisi. Akibatnya, akselerasi motor dapat ditingkatkan secara signifikan. Terakhir, ECU (*Electronic Control Unit*) merupakan pusat kendali elektronik yang mengatur sebagian besar fungsi mesin. Sedangkan sistem injeksi elektronis atau yang lebih dikenal dengan Electronic Fuel Injection (EFI), volume dan waktu penyemprotannya dilakukan secara elektronik. Sistem EFI kadang disebut juga dengan EGI (Electronic Gasoline Injection), EPI (Electronic Petrol Injection), dan PGM-FI (Programmed Fuel Injection) (Nugraha, 2007). Teknologi injeksi memasukkan bahan bakar ke dalam ruang bakar sesuai perintah dari *Engine Control Unit* (ECU) yang mendapatkan informasi kebutuhan dan keadaan mesin secara aktual dari sensor-sensor. Melalui proses ECU flashing, parameter di ECU bisa diubah dengan memanfaatkan perangkat lunak tertentu. ECU flashing memungkinkan pengguna untuk mengoptimalkan kembali pengaturan mesin seperti pengapian, aliran bahan bakar, atau bahkan kecepatan maksimum mesin, memberikan tingkat fleksibilitas yang tinggi dalam modifikasi performa.

Dalam praktiknya, penggunaan juken ini seringkali melibatkan penyesuaian kombinasi beberapa komponen untuk mencapai performa yang diinginkan. Pengguna motor bisa memilih berbagai kombinasi juken yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi mereka, namun penting untuk memahami bahwa setiap modifikasi dapat memengaruhi keseimbangan keseluruhan sistem mesin, dan perubahan yang signifikan memerlukan penyesuaian yang cermat serta pengujian yang teliti. Hal ini penting untuk menjaga keamanan dan stabilitas motor dalam kondisi yang optimal.

Pada penelitian kali ini akan dilakukan pada modifikasi ECU Juken dan dilakukannya ECU Flashing untuk pengoptimalan mesin, dimana akan menggunakan bantuan dari AI seperti Neural Network dan menggunakan metode GA dan PSO sebagai pengoptimalan parameternya.

2.3.1 Parameter Pengaturan *Ignition Timing*

Pengubahan parameter waktu pengapian pada mesin kendaraan merupakan proses kritis dalam mengoptimalkan performa mesin. Waktu pengapian adalah momen krusial saat busi memicu percikan api yang membakar campuran udara dan bahan bakar dalam ruang bakar mesin. Ketepatan waktu pengapian memastikan bahwa pembakaran terjadi pada titik yang paling optimal dalam siklus mesin, memaksimalkan tenaga yang dihasilkan dan efisiensi bahan bakar. Dalam proses ini, ECU (Electronic Control Unit) memainkan peran vital dengan mengatur waktu pengapian berdasarkan sejumlah variabel, termasuk putaran mesin, beban kerja mesin, dan suhu operasional.

Pengaturan yang tepat pada waktu pengapian bisa memiliki dampak yang signifikan pada performa mesin (Setiyo & Utoro, 2017). Ketika waktu pengapian diatur secara presisi, mesin mampu menghasilkan tenaga yang lebih besar dan torsi yang lebih tinggi, terutama pada rentang putaran tertentu. Selain itu, waktu pengapian yang tepat juga memengaruhi respons mesin terhadap permintaan akselerasi. Pengubahan parameter waktu pengapian yang disesuaikan dengan karakteristik mesin dan kondisi penggunaan tertentu dapat meningkatkan responsivitas mesin, memungkinkan percepatan yang lebih lincah dan respons yang lebih cepat terhadap perubahan tingkat gas dari pengendara. Keselarasan yang baik antara waktu pengapian yang optimal dan kondisi operasional mesin merupakan salah satu kunci utama dalam mengoptimalkan kinerja mesin secara menyeluruh, baik dari segi tenaga, torsi, maupun responsivitas.

2.3.2 Parameter Pengaturan *Injector Timing*

Injector timing pada Juken yang menggunakan satuan derajat mengacu pada waktu dalam siklus mesin ketika injektor bahan bakar mulai menyembrotkan bahan bakar ke dalam silinder. Ini biasanya diukur dalam derajat rotasi poros engkol (*crankshaft degrees*) relatif terhadap posisi piston, seperti sebelum atau setelah Titik Mati Atas (TMA) atau Titik Mati Bawah (TMB). Beberapa alasan mengapa *Injector Timing* merupakan sebuah parameter yang cukup penting yaitu:

- Efisiensi Pembakaran: *Timing* yang tepat memastikan campuran bahan bakar dan udara optimal, meningkatkan efisiensi pembakaran.
- Kinerja Mesin: Pengaturan yang akurat dapat meningkatkan daya, torsi, dan respons throttle.

- Emisi: *Timing* yang baik membantu mengurangi emisi berbahaya dengan memastikan pembakaran yang lebih lengkap.
- Ekonomi Bahan Bakar: *Timing* yang optimal membantu menghemat bahan bakar.

Pengaturan *Injector Timing* yang tepat sangat berpengaruh terhadap performa mesin (Setiyo & Utoro., 2017). Ketika pembakaran berlangsung efisien, tenaga yang dihasilkan oleh mesin bisa menjadi lebih besar dan torsi mesin meningkat pada putaran tertentu. Dengan pembakaran yang lebih efisien dan optimal, mesin dapat menggunakan bahan bakar dengan lebih efisien dan optimal.

2.3.3 Parameter Pengaturan *Ignition Dwell*

Parameter ignition dwell adalah pengaturan yang mengontrol durasi arus listrik yang dialirkan ke koil pengapian sebelum menciptakan loncatan api di busi. Pengaturan ini mempengaruhi kinerja mesin dengan memastikan loncatan api yang optimal untuk pembakaran bahan bakar yang efisien. Dwell time yang tepat penting untuk mencegah kelebihan panas pada koil pengapian dan memaksimalkan kinerja mesin.

2.4 ECU Flashing

ECU flashing atau reflash adalah proses modifikasi pada ECU (Electronic Control Unit) yang bertanggung jawab mengatur sebagian besar fungsi mesin pada kendaraan modern. Dasar teori di balik ECU flashing melibatkan pemrograman ulang atau memodifikasi firmware di dalam ECU menggunakan perangkat lunak khusus, dengan tujuan mengubah parameter atau pengaturan yang memengaruhi kinerja mesin. Pada dasarnya, ECU adalah otak kendaraan yang mengatur berbagai aspek, termasuk pengapian, aliran bahan bakar, pengaturan katup, dan parameter mesin lainnya berdasarkan berbagai sensor yang terpasang pada kendaraan. Dengan melakukan ECU flashing, parameter ini dapat disesuaikan atau diubah untuk meningkatkan performa mesin, responsivitas gas, atau bahkan efisiensi bahan bakar (Setiyo & Purnomo., 2010).

Proses ECU flashing biasanya melibatkan akses ke ECU menggunakan alat atau perangkat tertentu yang terhubung ke port di kendaraan. Melalui perangkat lunak khusus, pengguna dapat membaca firmware yang ada di dalam ECU, mengubah parameter atau pengaturan, dan memprogram ulang ECU sesuai dengan kebutuhan atau preferensi pengguna. Eksplorasi dasar teori di balik ECU flashing melibatkan pemahaman yang mendalam tentang cara

kerja sistem elektronik dalam kendaraan modern. Ini termasuk pengetahuan tentang bagaimana sensor bekerja, bagaimana ECU menerjemahkan data dari sensor tersebut, serta bagaimana parameter dalam ECU dapat memengaruhi kinerja mesin secara keseluruhan.

Beberapa parameter yang sering diubah atau disesuaikan saat melakukan ECU flashing antara lain:

1. Pengaturan Pengapian (Ignition Timing)

Perubahan pada waktu pengapian sangat umum dilakukan saat ECU flashing. Mengubah timing pengapian bisa memengaruhi pembakaran bahan bakar di ruang bakar mesin, yang pada gilirannya mempengaruhi performa mesin dan responsivitas gas.

2. Pengaturan Bahan Bakar (Fuel Mapping)

Penyesuaian pada campuran udara-bahan bakar juga sering dilakukan. Pengaturan ini dapat memengaruhi efisiensi pembakaran dan daya akselerasi mesin.

3. Batasan Kecepatan Maksimum (Rev Limiter)

ECU flashing juga bisa memungkinkan pengguna untuk mengubah batasan kecepatan maksimum yang telah diatur sebelumnya. Ini bisa membuka potensi kecepatan maksimum mesin.

4. Respons Gas (Throttle Response)

Pengaturan respons gas bisa diubah untuk membuat gas menjadi lebih responsif terhadap input dari pengendara. Hal ini dapat meningkatkan kecepatan respons mesin terhadap perubahan tingkat gas.

5. Pengaturan Katup (Valve Timing)

Beberapa ECU memungkinkan pengaturan ulang pada katup, yang memengaruhi aliran udara ke dalam ruang bakar. Pengaturan ini dapat mempengaruhi kinerja mesin pada berbagai putaran mesin.

6. Pengaturan Karakteristik Transmisi (Transmission Characteristics)

Pada sepeda motor dengan transmisi otomatis atau semi-otomatis, ECU flashing bisa memungkinkan penyesuaian pada karakteristik transmisi. Ini bisa memengaruhi cara perpindahan gigi dan respons mesin saat percepatan.

7. Pengaturan Sensor dan Pemantauan (Sensor and Monitoring Adjustments)

Beberapa penggunaan ECU flashing melibatkan penyesuaian pada sensor-sensor mesin dan sistem pemantauan lainnya, yang dapat membantu dalam mengoptimalkan kinerja mesin secara keseluruhan.

Selain itu, pemahaman tentang risiko dan batasan dalam melakukan ECU flashing juga penting. Salah satu risiko utama adalah kemungkinan kehilangan garansi kendaraan jika ECU diubah. Selain itu, perubahan yang tidak tepat pada parameter ECU bisa berpotensi merusak komponen mesin atau menyebabkan ketidakstabilan dalam kinerja kendaraan jika tidak dilakukan dengan hati-hati. Meskipun ECU flashing dapat memberikan peningkatan performa yang signifikan, baik dalam hal daya akselerasi, responsivitas mesin, atau bahkan efisiensi bahan bakar, penting untuk memahami bahwa setiap modifikasi pada ECU harus dilakukan dengan hati-hati dan dengan pemahaman yang baik tentang bagaimana hal itu dapat memengaruhi keseluruhan kinerja kendaraan.

2.5 Artificial Intelligence (AI)

Kecerdasan Buatan, atau *Artificial Intelligence (AI)*, adalah bidang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem yang dapat melakukan tugas-tugas yang biasanya memerlukan kecerdasan manusia. Tugas-tugas ini mencakup berbagai aktivitas seperti pemahaman bahasa alami, pengenalan gambar, pengambilan keputusan, dan pemecahan masalah. AI berusaha untuk menciptakan mesin yang dapat berpikir, belajar, dan beradaptasi seperti manusia. Dengan AI, komputer dan mesin dapat memproses informasi, mengenali pola, dan membuat keputusan berdasarkan data yang tersedia. AI telah berkembang pesat dalam beberapa dekade terakhir, didorong oleh peningkatan kemampuan komputasi, ketersediaan data dalam jumlah besar, dan kemajuan dalam algoritma pembelajaran mesin (*machine learning*).

Neural network adalah salah satu metode utama yang digunakan dalam pembelajaran mesin (*machine learning*) untuk mengimplementasikan AI. Terinspirasi oleh struktur dan fungsi otak manusia, neural network terdiri dari lapisan-lapisan neuron buatan yang terhubung satu sama lain. Setiap neuron menerima input, melakukan perhitungan berdasarkan bobot yang diberikan, dan kemudian mengirim output ke neuron berikutnya. Neural network digunakan untuk memodelkan hubungan yang kompleks dalam data, memungkinkan mesin untuk mengenali pola dan membuat prediksi. Dalam konteks AI, neural network sangat efektif untuk berbagai aplikasi, termasuk pengenalan gambar, pemrosesan bahasa alami, dan deteksi anomali. Misalnya, dalam pengenalan gambar, neural network dapat dilatih untuk mengidentifikasi objek dalam gambar dengan akurasi yang sangat tinggi. Demikian pula, dalam pemrosesan bahasa alami, neural network dapat digunakan untuk menerjemahkan teks atau mengenali ucapan.

Neural network juga memainkan peran penting dalam pengembangan AI yang lebih canggih, seperti deep learning. Deep learning adalah cabang dari pembelajaran mesin yang menggunakan neural network dengan banyak lapisan (dikenal sebagai deep neural networks) untuk mempelajari representasi data yang lebih abstrak dan kompleks. Dengan menggunakan arsitektur yang dalam, neural network mampu menangani masalah-masalah yang sangat kompleks dan menghasilkan hasil yang sangat akurat. Secara keseluruhan, neural network adalah komponen kunci dari AI yang memungkinkan mesin untuk belajar dari data, mengenali pola, dan membuat keputusan cerdas. Penggunaan neural network dalam AI telah membuka pintu bagi berbagai aplikasi inovatif yang terus berkembang seiring dengan kemajuan teknologi.

2.6 Neural Network

Neural Network atau Jaringan Saraf Tiruan adalah sebuah metode komputasi yang terinspirasi dari cara kerja otak manusia. Neural Network terdiri dari banyak neuron atau sel saraf buatan yang saling terhubung dan dapat belajar untuk mengenali pola-pola tertentu dari data yang diberikan sehingga dapat digunakan untuk membuat prediksi atau pengambilan keputusan. Pada dasarnya, neural network terdiri dari tiga jenis layer, yaitu input layer, hidden layer, dan output layer. Input layer adalah layer pertama pada neural network yang menerima input data mentah atau sinyal. Hidden layer adalah layer yang terletak di antara input layer dan output layer, dan biasanya terdiri dari beberapa layer yang terhubung secara vertikal. Sedangkan output layer adalah layer terakhir pada neural network yang memberikan hasil atau output berupa prediksi atau pengambilan keputusan. Neuron pada setiap layer pada neural network memiliki bobot atau weight yang mewakili tingkat kepentingan dari setiap input data. Bobot ini akan diatur dan disesuaikan secara otomatis pada saat pelatihan neural network, sehingga dapat menghasilkan hasil yang akurat dan optimal. Dahulu neural network juga digunakan untuk tugas pengenalan gambar-gambar lalu mereka memperkenalkan jaringan saraf konvensional yang sangat dalam dan berhasil mencapai kinerja yang jauh lebih baik dari pendekatan konvensional dalam tugas-tugas pengenalan gambar (Krizhevsky et al., 2017).

Neural network pada umumnya dilatih menggunakan metode backpropagation, yaitu sebuah metode yang digunakan untuk menghitung dan menyesuaikan bobot pada setiap neuron berdasarkan error yang terjadi pada saat melakukan prediksi atau pengambilan keputusan. Proses pelatihan ini berlangsung berulang-ulang hingga nilai error yang dihasilkan sudah cukup kecil atau di bawah batas toleransi yang ditentukan. Pada saat itu, metode-metode pembelajaran yang ada belum mampu memecahkan masalah dalam permainan Atari dengan

baik. Artikel ini memperkenalkan jaringan saraf yang mampu belajar dan memecahkan masalah permainan Atari dengan menggunakan pendekatan pembelajaran penguatan (reinforcement learning) dan berhasil mencapai tingkat keakuratan yang signifikan dalam waktu singkat (Mnih et al., 2013).

Penerapan neural network dalam modifikasi ECU juken pada sepeda motor melibatkan penggunaan model jaringan saraf tiruan untuk menganalisis respons mesin terhadap perubahan parameter. Neural network mampu mempelajari pola dan tren dari data yang diberikan, seperti informasi dari sensor-sensor mesin, tingkat gas, atau putaran mesin, dan kemudian menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana perubahan parameter dapat memengaruhi kinerja mesin. Penggunaan neural network dalam konteks ini melibatkan tahap pelatihan (training) di mana jaringan saraf tiruan diberi data masukan (input) dan hasil yang diharapkan (output). Jaringan ini belajar dari data tersebut dan menyesuaikan bobot (weights) dan hubungan antar neuronnya untuk memberikan prediksi yang semakin akurat terhadap respons mesin terhadap setiap perubahan parameter yang dilakukan pada ECU juken.

Penggunaan neural network untuk pengoptimalan parameter ECU juken pada sepeda motor, inputnya bisa berupa berbagai parameter yang dapat diubah pada ECU, seperti waktu pengapian, pengaturan bahan bakar, atau parameter lain yang memengaruhi performa mesin. Sementara itu, outputnya dapat berupa respons mesin, seperti daya akselerasi, responsivitas gas, atau efisiensi bahan bakar, yang diukur atau diamati setelah perubahan parameter dilakukan. Contohnya, sebagai input:

- Waktu Pengapian: Nilai yang menentukan kapan busi akan menyala untuk membakar campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar. Nilai ini bisa berupa derajat sudut sebelum TDC (Top Dead Center) pada siklus pembakaran mesin.
- Waktu Injeksi: kapan bahan bakar akan disemprotkan biasanya dalam bentuk derajat sebelum atau sesudah Titik Mati Atas (TMA).

Sebagai output:

- Daya Akselerasi: Kemampuan kendaraan untuk meningkatkan kecepatan dari keadaan diam atau kecepatan rendah ke kecepatan yang lebih tinggi dalam rentang waktu tertentu.
- Responsivitas Gas: Kecepatan tanggapan mesin terhadap peningkatan atau penurunan tingkat gas yang diberikan oleh pengendara.
- Efisiensi Bahan Bakar: Jumlah bahan bakar yang digunakan untuk menjalankan mesin dalam rentang waktu tertentu atau jarak yang ditempuh.

Dalam kasus penggunaan neural network, data masukan (input) akan terdiri dari berbagai nilai yang mewakili parameter ECU yang diubah, sedangkan data keluaran (output) akan mencerminkan respons mesin yang diukur setelah perubahan parameter tersebut diterapkan pada mesin.

Neural network kemudian menggunakan data ini untuk belajar hubungan antara berbagai input dan output. Setelah proses training selesai, neural network diharapkan mampu memberikan prediksi atau rekomendasi tentang konfigurasi parameter ECU yang dapat menghasilkan respons mesin yang diinginkan, seperti daya akselerasi yang lebih baik atau efisiensi bahan bakar yang lebih tinggi.

Dalam konteks pengoptimalan parameter ECU juken, neural network dapat digunakan untuk memodelkan kompleksitas hubungan antara parameter-parameter yang diubah dan respons mesin. Hal ini memungkinkan untuk melakukan eksplorasi dan analisis yang lebih mendalam terhadap pengaruh setiap perubahan parameter terhadap performa mesin, dan membantu dalam menemukan kombinasi parameter yang lebih optimal dengan bantuan GA dan PSO. Dalam skenario ini, neural network berperan sebagai alat yang mampu membantu dalam memahami pola-pola kompleks dari data mesin yang dihasilkan dari perubahan juken dan ECU. Dengan memanfaatkan kemampuannya untuk belajar dan beradaptasi dari data yang diberikan, neural network menjadi salah satu pendekatan yang kuat dalam mendukung proses pengoptimalan parameter ECU untuk meningkatkan performa mesin pada sepeda motor.

2.7 Genetic Algorithm (GA)

Genetic algorithm (GA) adalah salah satu algoritma optimisasi yang terinspirasi dari teori evolusi dalam alam (Gutama, 2016). GA pertama kali diperkenalkan oleh John Holland pada tahun 1975, yang pada awalnya dikembangkan untuk memodelkan proses evolusi biologis. Sejak saat itu, GA telah menjadi salah satu metode optimisasi yang paling populer dalam bidang kecerdasan buatan dan optimisasi. Prinsip utama dari GA adalah menggunakan teknik seleksi alamiah, persilangan dan mutasi untuk mencari solusi yang optimal dari suatu masalah optimisasi. GA bekerja dengan cara menyeleksi kandidat solusi yang memiliki kualitas terbaik, kemudian melakukan persilangan antar solusi untuk menghasilkan solusi baru yang lebih baik (Septyanto et al., 2017). Selanjutnya, proses mutasi dilakukan untuk memperkenalkan variasi dan menghindari kejenuhan dalam pencarian solusi.

Secara umum, GA dapat digunakan untuk mencari solusi terbaik pada masalah yang kompleks dan multi-dimensi. GA telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, seperti

manajemen produksi, perancangan mesin, optimasi investasi, dan pengendalian proses. GA memiliki beberapa kelebihan, seperti kemampuan untuk menemukan solusi yang optimal dan robust pada masalah yang kompleks, dan kemampuan untuk menangani banyak variabel dalam suatu masalah optimasi. Namun, GA juga memiliki beberapa kelemahan, seperti kecepatan pencarian solusi yang lambat pada masalah yang sangat kompleks, dan kemungkinan terjebak pada lokal optimum pada masalah yang multi-modal.

Dalam konteks pengoptimalan parameter juken pada kendaraan Honda Vario, GA digunakan untuk mencari kombinasi parameter juken yang optimal. GA akan mencari kombinasi parameter juken yang memiliki performa terbaik dalam menyelesaikan masalah optimasi yang diberikan. Sebagai contoh, GA dapat digunakan untuk menentukan kombinasi nilai-nilai parameter juken yang optimal untuk meningkatkan performa mesin kendaraan. Proses optimasi GA pada dasarnya dilakukan dengan cara mengaplikasikan teknik seleksi alamiah, persilangan, dan mutasi pada solusi kandidat yang mewakili kombinasi nilai parameter juken. Dengan menggunakan GA, diharapkan hasil dari optimasi parameter juken dapat menghasilkan performa mesin kendaraan yang lebih baik dan optimal.

Berikut sebagai contoh bahwa GA juga sangat bisa dan menjanjikan untuk digunakan pada bidang-bidang lainnya, salah satu contoh penerapan metode GA yang dilakukan oleh (Wahyuningsih & Helmud, 2020) dengan judul "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penjadwalan pada MTS Negeri 1 Pangkalpinang". Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan algoritma genetika dalam mengoptimalkan pembuatan jadwal dengan waktu yang singkat. Algoritma genetika merupakan algoritma yang efektif dalam mengatasi pembuatan jadwal.

2.8 Particle Swarm Optimization (PSO)

Particle Swarm Optimization (PSO) adalah salah satu metode optimasi yang berdasarkan pada prinsip perilaku kelompok dalam mencari sumber daya. Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Eberhart dan Kennedy pada tahun 1995. PSO didasarkan pada konsep koloni serangga atau kelompok burung yang bergerak bersama-sama untuk mencari sumber daya, seperti makanan atau tempat tinggal. PSO dapat digunakan untuk mencari solusi optimal pada masalah kompleks dengan memanfaatkan konsep partikel yang bergerak dan mengubah posisinya dalam mencari solusi terbaik. (Borowska, 2022). Dalam PSO, sebuah populasi partikel yang merepresentasikan solusi potensial dipertimbangkan. Setiap partikel memiliki posisi dan kecepatan yang diperbarui selama proses pencarian. Proses pencarian dimulai dengan menginisialisasi posisi dan kecepatan partikel secara acak. Setiap partikel dievaluasi untuk

menghitung nilai fungsinya, yang merupakan kriteria untuk menentukan kualitas solusi. Kemudian, posisi partikel diperbarui berdasarkan informasi lokal dan global yang diperoleh dari partikel lain dalam populasi. Informasi lokal didasarkan pada posisi partikel terbaik dalam tetanggaannya, sedangkan informasi global didasarkan pada posisi partikel terbaik dalam seluruh populasi. Kecepatan partikel juga diperbarui dengan mempertimbangkan informasi lokal dan global, serta parameter inersia yang menentukan seberapa cepat partikel dapat bergerak.

Proses ini berulang-ulang hingga kriteria berhenti tercapai, seperti mencapai nilai fungsinya yang diinginkan atau mencapai jumlah iterasi tertentu. Sejak pertama kali diperkenalkan, PSO telah digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti optimasi fungsi matematika, pengolahan citra, jaringan saraf tiruan, dan pengendalian mesin. Metode ini memiliki beberapa keunggulan, seperti kemampuan untuk menghindari terjebak pada minimum lokal dan kemampuan untuk menemukan solusi yang lebih cepat daripada metode optimasi lainnya.

Namun, PSO juga memiliki kekurangan, seperti sensitivitas terhadap ukuran populasi dan parameter inersia yang tepat. Oleh karena itu, penggunaan PSO harus dipertimbangkan dengan hati-hati dan disesuaikan dengan aplikasi yang akan digunakan. PSO memiliki masalah dengan terjebak dalam minimum lokal dan konvergensi lambat saat digunakan untuk menyelesaikan masalah optimisasi kombinatorial.

Salah satu contoh penggunaan metode PSO yaitu Algoritme Particle Swarm Optimization (PSO) untuk Optimasi Perencanaan Produksi Agregat Multi-Site pada Industri Tekstil Rumahan. Metode PSO dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah ini dengan mencari solusi yang optimal. Dalam dunia industri, perusahaan perlu mengelola area produksinya dengan baik. Salah satu caranya adalah dengan menerapkan perencanaan produksi agregat. Hal ini bertujuan agar biaya produksi yang dikeluarkan perusahaan dapat terkontrol dengan baik. Namun, perencanaan produksi tidak dapat dirumuskan dengan cepat. Problem tersebut akan bertambah jika perusahaan memiliki beberapa lokasi produksi. Perbedaan lokasi juga mempengaruhi acuan produksi dan standar yang diterapkan di setiap lokasi. Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis mengusulkan untuk menerapkan algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) untuk menyelesaikan masalah perencanaan produksi agregat sehingga didapatkan solusi yang optimal untuk setiap lokasi produksi. PSO dapat digunakan untuk mencari solusi yang optimal pada studi kasus tersebut sesuai yang dilakukan oleh (Rizki & Nurlaili, 2020).

Pada konteks penggunaan ECU Juken pada Honda Vario, PSO dapat digunakan sebagai metode optimalisasi parameter pada ECU Juken Honda Vario 125cc. Dalam hal ini, PSO akan digunakan untuk mencari nilai optimum dari parameter pada juken ECU yang akan digunakan untuk mengoptimalkan kinerja mesin Honda Vario 125cc. Parameter pada juken ECU yang dapat dioptimalkan meliputi pengaturan bahan bakar, pengaturan waktu pengapian, pengaturan tekanan udara pada ruang bakar, dan lain-lain. Dalam penggunaan PSO, populasi partikel yang merepresentasikan setiap kombinasi nilai parameter akan diinisialisasi secara acak. Setiap partikel akan dievaluasi dengan menjalankan mesin Honda Vario 125cc dan mengukur kinerjanya. Kemudian, nilai fungsi kinerja akan digunakan untuk memperbarui posisi dan kecepatan partikel dengan mempertimbangkan informasi lokal dan global dalam populasi.

Proses ini berulang-ulang hingga nilai kinerja mencapai nilai yang diinginkan atau mencapai jumlah iterasi yang telah ditentukan. Hasil akhir dari proses ini adalah kombinasi nilai parameter yang paling optimal untuk mengoptimalkan kinerja mesin Honda Vario 125cc. Dengan menggunakan PSO sebagai metode optimalisasi parameter pada juken ECU Honda Vario 125cc, diharapkan kinerja mesin dapat ditingkatkan secara signifikan dalam performa mesin. Namun, hasil akhir dari penggunaan PSO juga dipengaruhi oleh berbagai faktor lainnya, seperti kondisi mesin dan lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan PSO harus dipertimbangkan dengan hati-hati dan diuji secara teliti sebelum diimplementasikan pada kendaraan sebenarnya.

2.9 Optimalisasi Parameter

Optimalisasi parameter adalah proses mencari nilai parameter yang optimal untuk memaksimalkan atau meminimalkan suatu fungsi atau kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Tujuan dari optimalisasi parameter adalah untuk meningkatkan performa suatu sistem atau model dengan menentukan nilai parameter yang paling sesuai (Pachbhai, 2014). Optimalisasi parameter dapat dilakukan dengan berbagai metode, seperti grid search, random search, hill climbing, simulated annealing, GA, dan PSO. Metode yang digunakan tergantung pada kompleksitas masalah, jumlah parameter yang harus dioptimalkan, dan ukuran dataset yang digunakan. Dalam konteks penggunaan juken ECU pada kendaraan, optimalisasi parameter bertujuan untuk mencari nilai parameter yang paling sesuai untuk meningkatkan performa mesin kendaraan secara signifikan (Afwan & Rahardjo, 2020). Dalam hal ini, parameter yang perlu dioptimalkan bisa berupa injeksi bahan bakar, waktu pengapian, tekanan udara, dan sebagainya.

Dalam penggunaan neural network untuk optimalisasi parameter, tujuan utama adalah untuk menentukan bobot dan bias yang optimal untuk mencapai performa jaringan neural yang terbaik. Sedangkan, dalam penggunaan GA dan PSO, tujuan utama adalah untuk mencari kombinasi nilai parameter yang paling optimal dalam ruang pencarian yang telah ditentukan.

Secara umum, optimalisasi parameter adalah proses penting dalam pengembangan sistem atau model, terutama dalam kasus di mana ada banyak variabel dan faktor yang harus dipertimbangkan untuk mencapai performa terbaik. Mencari parameter yang optimal dapat menjadi sangat sulit dan memakan waktu. Oleh karena itu, penelitian tentang teknik optimalisasi parameter menjadi sangat penting dalam pengembangan model machine learning. Banyaknya variabel dan faktor yang harus dipertimbangkan dalam mencapai performa terbaik dari suatu sistem atau model, tergantung pada jenis masalah yang ingin diselesaikan. Beberapa contoh variabel dan faktor yang dapat mempengaruhi performa suatu sistem atau model adalah sebagai berikut:

- Jumlah dan tipe input yang digunakan: Jumlah dan tipe input yang digunakan pada suatu sistem atau model dapat berpengaruh pada performa sistem atau model tersebut.
- Bobot dan bias pada jaringan neural: Bobot dan bias pada jaringan neural harus dipilih dengan cermat untuk mencapai performa terbaik dari jaringan neural tersebut.
- Parameter mesin kendaraan: Parameter mesin kendaraan, seperti injeksi bahan bakar, waktu pengapian, dan tekanan udara, dapat mempengaruhi performa mesin kendaraan.
- Jenis algoritma dan parameter pada algoritma: Pemilihan jenis algoritma dan parameter pada algoritma dapat mempengaruhi performa dari sistem atau model yang digunakan.
- Ukuran dataset: Ukuran dataset dapat mempengaruhi performa suatu sistem atau model. Dataset yang terlalu kecil atau terlalu besar dapat menyebabkan overfitting atau underfitting.
- Parameter pada algoritma machine learning: Parameter pada algoritma machine learning, seperti learning rate, epoch, dan batch size, dapat mempengaruhi performa dari model machine learning.
- Fitur yang digunakan pada model machine learning: Pemilihan fitur yang tepat dapat mempengaruhi performa model machine learning.
- Arsitektur model machine learning: Arsitektur model machine learning, seperti jumlah layer, jumlah neuron pada setiap layer, dan jenis layer yang digunakan, dapat mempengaruhi performa model machine learning.

- Parameter pada algoritma optimasi: Parameter pada algoritma optimasi, seperti konstanta akselerasi pada PSO atau probabilitas crossover pada GA, dapat mempengaruhi performa dari algoritma optimasi.
- Kriteria performa yang digunakan: Kriteria performa yang digunakan untuk mengevaluasi sistem atau model dapat mempengaruhi performa dari sistem atau model tersebut.

Itulah beberapa contoh variabel dan faktor yang harus dipertimbangkan dalam mencapai performa terbaik dari suatu sistem atau model.

2.10 Penggunaan Neural Network, GA, dan PSO Dalam Optimalisasi Parameter

Neural Network (jaringan saraf) adalah model matematis yang terinspirasi oleh struktur dan fungsi sistem saraf biologis. Dalam optimalisasi parameter, Neural Network digunakan sebagai alat untuk memodelkan hubungan antara variabel masukan dan keluaran dengan cara menyesuaikan bobot (weight) dan bias (bias) dalam model. Pada umumnya, Neural Network digunakan dalam metode pengoptimalan Black Box (kotak hitam), di mana tidak diketahui persis hubungan matematis antara variabel masukan dan keluaran. Dalam hal ini, Neural Network digunakan untuk mempelajari pola dan hubungan antara variabel masukan dan keluaran dari data yang diberikan. Neural Network juga dapat digunakan untuk memprediksi harga saham. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, parameter dalam neural network harus disesuaikan dengan data. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Botunac et al., 2020) digunakan untuk memprediksi harga saham.

Genetic Algorithm (GA) adalah teknik optimasi yang terinspirasi dari teori evolusi Darwin, yang didasarkan pada konsep seleksi alam dan reproduksi. Dalam optimalisasi parameter, GA digunakan untuk mencari kombinasi terbaik dari parameter dalam suatu model dengan cara menirukan proses seleksi alam dan reproduksi dalam alam semesta. GA menghasilkan serangkaian solusi kandidat (populasi), yang dievaluasi dengan menggunakan fungsi tujuan (objective function) yang diinginkan. GA dapat digunakan untuk mencari solusi optimal pada masalah kompleks dengan memanfaatkan konsep seleksi, crossover, dan mutasi. Solusi kandidat kemudian dievaluasi dengan menggunakan teknik crossover dan mutasi, yang menghasilkan solusi baru dengan kualitas yang lebih baik. Proses ini terus berulang hingga ditemukan solusi yang optimal atau cukup baik.

Particle Swarm Optimization (PSO) adalah teknik optimasi yang terinspirasi dari gerakan kelompok serangga, di mana setiap individu dalam kelompok bergerak ke arah makanan atau

sumber cahaya terbaik yang ditemukan oleh anggota kelompok lainnya. Dalam optimalisasi parameter, PSO menghasilkan sejumlah partikel (individu), di mana setiap partikel mewakili satu solusi kandidat dalam ruang parameter. Setiap partikel memiliki posisi dan kecepatan yang diperbarui secara iteratif berdasarkan informasi terbaik yang diperoleh dari partikel sebelumnya dan terbaik yang ditemukan oleh seluruh kelompok. Proses ini terus berulang hingga ditemukan solusi yang optimal atau cukup baik.

Ketiga teknik tersebut dapat digunakan dalam optimalisasi parameter karena masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan yang berbeda. Neural Network dapat digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel masukan dan keluaran secara akurat, tetapi memerlukan waktu dan sumber daya yang besar untuk melatih model dengan data yang besar. GA dapat menemukan solusi optimal atau cukup baik dengan waktu yang relatif cepat dan tanpa melihat hubungan matematis antara variabel masukan dan keluaran, tetapi mungkin memerlukan banyak iterasi dan populasi yang besar. PSO dapat menemukan solusi optimal atau cukup baik dengan waktu yang relatif cepat dan tanpa memerlukan informasi yang cukup tentang hubungan antara variabel masukan dan keluaran, tetapi mungkin rentan terhadap masalah lokal minimum dan konvergensi prematur.

Penggunaan Neural Network, GA, dan PSO dalam optimalisasi parameter pada kendaraan Honda Vario dapat dilakukan dengan tujuan untuk meningkatkan performa kendaraan yaitu pada daya dan torsi kendaraan. Pertama-tama, Neural Network dapat digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel masukan dan keluaran pada kendaraan Honda Vario, seperti ignition timing, ignition dwell, dan injector timing. Dengan demikian, Neural Network dapat digunakan untuk memprediksi efek dari variasi parameter kendaraan pada performa kendaraan.

Kemudian, GA dapat digunakan untuk mencari nilai optimal dari kombinasi parameter hasil dari pelatihan neural network. Fungsi tujuan dalam GA dapat diatur untuk memaksimalkan performa kendaraan daya dan torsi.

Selanjutnya, PSO digunakan untuk mencari nilai optimal dari kombinasi parameter hasil dari pelatihan neural network. Setiap partikel dapat mewakili suatu kombinasi parameter pada kendaraan Honda Vario. Posisi dan kecepatan partikel dapat diperbarui secara iteratif berdasarkan informasi terbaik dari partikel sebelumnya dan terbaik yang ditemukan oleh seluruh kelompok. Fungsi tujuan dalam PSO dapat diatur untuk memaksimalkan performa kendaraan dalam daya dan torsi.

Dengan penggunaan Neural Network, GA, dan PSO dalam optimalisasi parameter ECU Juken pada kendaraan Honda Vario agar dapat meningkatkan performa mesin. Namun, parameter dalam ECU Juken harus disesuaikan dengan karakteristik mesin dan kondisi jalan agar dapat meningkatkan performa mesin secara optimal (Sujono, 2010). Hasil optimalisasi parameter juga dapat digunakan untuk meningkatkan desain kendaraan baru dan pengembangan teknologi kendaraan yang lebih baik di masa depan.

2.11 Penelitian Terdahulu

Jurnal yang ditulis oleh (Paridawati & Sinaga, 2015) dengan judul "Penurunan Konsumsi Bahan Bakar Sepeda Motor Sistem Injeksi Menggunakan Metode Optimasi Artificial Neural Network dengan Algoritma Back-Propagation". Pada jurnal ini melakukan pengujian optimasi pada juken memfokuskan terhadap konsumsi bahan bakar. Dalam penelitian ini, penulis mengatur waktu pengapian dan waktu injeksi sebagai parameter yang akan dilakukan optimasi. Pada penelitian ini optimasi juga dibantu menggunakan ANN untuk melakukan pelatihan dan mendapatkan nilai input yang tepat untuk mendapatkan hasil konsumsi bahan bakar terbaik. Dalam penelitian ini, penulis berhasil membuat konsumsi bahan bakar menjadi 14% lebih efisien.

Jurnal yang ditulis oleh (Wahyudi et al., 2024) dengan judul "Pengaruh Variasi Jenis Busi dan Variasi ECU Terhadap Performa Engine Motor 4 Langkah 155 CC". Pada jurnal ini membahas mengenai penggunaan Electronic Control Unit (ECU) dan busi yang dapat memaksimalkan kinerja mesin. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan ECU Aftermarket. Kelebihan menggunakan ECU ini adalah tenaga dan torsi yang meningkat secara signifikan. Namun perlu diperhatikan bahwa peningkatan tenaga dan torsi yang signifikan tanpa adanya pengaturan campuran yang tepat juga mempengaruhi banyaknya bahan bakar yang terpakai. Tinjauan ini menunjukkan bahwa busi aftermarket tidak selalu memberikan efek yang positif pada kinerja mesin, namun penggunaan ECU Aftermarket dapat memaksimalkan kinerja mesin dengan baik.

Jurnal yang ditulis oleh (Handoko & Arifin, 2018) dengan judul "Pengaruh Perubahan Durasi Injeksi dan Timing Pengapian terhadap Performa Mesin Honda Vario 125 Menggunakan ECU Programmable Juken 2 Yamaha Vixion pada Mobil Hybrid H15 Garuda UNY". Pada jurnal ini melakukan pengujian terhadap penggunaan juken pada motor, dengan melakukan optimasi ulang terhadap waktu pengapian dan durasi injeksi.

Jurnal yang ditulis oleh (Setiyo & Utoro, 2017) dengan judul "RE-MAPPING ENGINE CONTROL UNIT (ECU) UNTUK MENAIKKAN UNJUK KERJA MESIN SEPEDA MOTOR". Pada jurnal

ini membahas mengenai Remapping Electronic Control Unit (ECU) yang ditujukan untuk mengoptimalkan kinerja mesin pada motor 130cc. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan ECU BRT, yang dimana pada instalasinya hanya plug n play atau dapat langsung digunakan tanpa harus di program. Pada penelitian ini ditujukan untuk mendapatkan hasil performa daya dan torsi yang paling maksimal dan optimal. Tinjauan ini menunjukkan bahwa pola bahan bakar yang lebih kurus (*Lean Combustion*) dan juga waktu pengapian yang dimajukan (*Advanced Timing Ignition*) dapat mendapatkan daya dan torsi yang paling maksimal dan optimal.