



Analisis pengaturan sudut pengapian dan durasi injeksi terhadap torsi motor bensin 2013 volume 2000 cm³

M. Bayu Satrio Widjatmiko¹, Listiyono²

^{1,2}Politeknik Negeri Malang

¹bayusatriowidjatmiko@gmail.com, ²listiyono@polinema.ac.id

Info Artikel :

Diterima :

5 Februari 2023

Disetujui :

15 Februari 2023

Dipublikasikan :

25 Februari 2023

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui apakah ada pengaruh yang signifikan dengan dilakukannya kalibrasi atau *remapping* ECU standar pabrikan terhadap daya dan torsi pada motor bensin 4 silinder 2000 cc. Penelitian ini menggunakan metode desain eksperimental. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *remapping* sudut pengapian dan durasi injeksi. Variabel terkontrol pada penelitian ini adalah putaran mesin 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500, dan 6000 yang diterapkan pada saat pengujian daya dan torsi. Sedangkan variabel terikat pada penelitian ini adalah Daya dan Torsi. Hasil penelitian diperoleh nilai data daya tertinggi sebesar 124,56 HP dicapai pada rpm 5500 saat menggunakan ECU standar, sedangkan daya tertinggi setelah *remapping* ECU adalah 128,76 HP dicapai pada rpm 5500, artinya terdapat peningkatan daya sebesar 4,2 HP. Untuk nilai data torsi tertinggi saat menggunakan ECU standar sebesar 173,79 Nm dicapai pada rpm 4000, sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 178,35 Nm dicapai pada rpm 4000, artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 4,56 Nm.

Kata kunci: Daya dan torsi, *Electronic control unit*, *Multi purpose vehicle*, *Remapping*

ABSTRACT

The purpose of this study is to find out whether there is a significant effect by calibrating or remapping the manufacturer's standard ECU on the power and torque of a 2000 cc 4 cylinder petrol engine. This study uses an experimental design method. The independent variables in this study are remapping the ignition angle and injection duration. The controlled variables in this study were engine speed 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500 and 6000 which were applied when testing power and torque. While the dependent variable in this study is Power and Torque. The results showed that the highest power data value was 124.56 HP achieved at 5500 rpm when using a standard ECU, while the highest power after ECU remapping was 128.76 HP achieved at 5500 rpm, meaning that there was an increase in power of 4.2 HP. The highest torque data value when using the standard ECU is 173.79 Nm achieved at 4000 rpm, while ECU remapping produces a torque 178.35 Nm achieved at 4000 rpm, meaning that there is an increase in torque of 4.56 Nm.

Keywords : *Electronic control unit*, *Multipurpose vehicle*, *Power and torque*, *Remapping*



©2022 Penulis. Diterbitkan oleh Arka Institute. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang otomotif mendorong masyarakat untuk menciptakan berbagai inovasi salah satunya alat transportasi yaitu kendaraan *Multi Purpose Vehicle* (MPV). Banyaknya perusahaan otomotif yang mengeluarkan berbagai jenis kendaraan *multi purpose vehicle*, mulai dari konvensional, sistem karburator hingga teknologi terkini yaitu EFI atau *Electronic system* Injeksi Bahan Bakar.

Istilah EFI adalah teknologi yang dapat mengontrol campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar dengan tepat dan dikontrol secara elektronik. Teknologi EFI memiliki keunggulan dibandingkan dengan sistem karburator, antara lain pada proses pencampuran bahan bakar dan udara yang lebih baik karena dikendalikan menggunakan *Electronic Control Unit* (ECU). Menurut Wahyudi (2016) pada sistem *Electronic Fuel Injection*, campuran bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dikendalikan sesuai dengan lama penginjeksian melalui komponen injektor. Prinsip injektor berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar menjadi partikel sehingga proses pembakaran menjadi lebih optimal. Campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke ruang bakar dikontrol melalui *Electronic Control Unit*. Perhitungan ini didapat dari sensor yang mendeteksi kondisi dan suhu mesin.

Dalam dunia otomotif, banyak bermunculan berbagai cara untuk meningkatkan kinerja mesin injeksi. Salah satunya adalah dengan menata ulang atau *remapping* data ECU. Pengaturan – pengaturan atau penataan ulang dalam ECU disebut *engine remapping*, hal ini penting dilakukan untuk mesin yang sudah digunakan lebih dari 5 tahun, atau terjadi hal – hal kerusakan pada sensor dan *actuator* pada mesin sehingga performa mesin mengalami penurunan serta konsumsi bahan bakarnya yang boros, atau meningkatkan performa mesin lebih meningkat dari setingan awal pabrik. Dalam melakukan *remapping* ECU perlu tindakan khusus, baik secara mekanis maupun secara komputasi.

Peningkatan performa mesin dapat dilakukan dengan cara mereset ECU standar yaitu melalui *remapping* ECU atau bisa dikatakan dengan mereset *setting* pabrik sesuai dengan yang diinginkan pengguna sehingga mendapatkan performa dan konsumsi bahan bakar yang terbaik. Sampai saat ini belum didapatkan *remapping* ECU yang tepat dan dapat menghasilkan performa mesin yang terbaik. Banyak orang yang memodifikasi kendaraan MPV dengan mengganti komponen atau *remapping* ECU tanpa mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap performa yang dihasilkan dan konsumsi bahan bakar. Dengan melakukan pemetaan ulang maka akan diperoleh hasil yang maksimal dan performa ECU akan mempengaruhi mesin baik pada putaran mesin rendah maupun putaran mesin tinggi dengan melihat spesifikasi kendaraan dan jenis mesin yang digunakan.

Berdasarkan uraian di atas maka untuk mengatasi permasalahan tersebut, peneliti tertarik melakukan penelitian dengan judul Analisis Pengaturan Sudut Pengapian Dan Durasi Injeksi terhadap Torsi Motor Bensin 2013 Volume 2000 cm³. Peneliti akan melakukan pengujian dengan cara membandingkan antara ECU standar dengan ECU standar yang telah di *remapping*. Tetapi apakah dengan penataan ulang data ECU tersebut akan langsung berpengaruh terhadap peningkatan performa kendaraan MPV tersebut, atau harus ada penyesuaian lagi yang merupakan suatu permasalahan.

Setiyo & Utoro (2017) menyimpulkan dalam penelitiannya. Bahwa pola *mapping* BRT 3 dengan pola bahan bakar yang cenderung kurus (*lean combustion*) dan pengapian yang tepat, akan menghasilkan kerja mesin yang optimal, daya tertinggi 19,6 HP dan torsi tertingginya adalah 11,57 Nm. Penelitian Mintoro (2017) menjelaskan bahwa *remapping* pada derajat pengapian yang tepat dapat mengoptimalkan kinerja ECU pada kendaraan untuk meningkatkan performa mesin, dan menghemat pemakaian bahan bakar sampai 25 %.

Majid et al. (2022) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa terdapat peningkatan daya maksimum yang didapatkan pada ECU standar *remapping* yaitu daya maksimum 14,1 HP sedangkan pada ECU standar yaitu 12,7 HP. Widiyanto et al. (2022) menyimpulkan bahwa Sepeda motor menggunakan ECU Standar RPM 11000 menghasilkan daya tertinggi 14,7 HP pada putaran mesin 9500 RPM dan torsi tertinggi 13,21 Nm pada putaran mesin 7000 RPM. Setelah ECU diremapping daya tertinggi 15,3 HP pada RPM 9500 dan torsi tertinggi 13,65 Nm pada RPM 7000 pada variasi perubahan 1 yaitu 11500 RPM. Ada perbedaan kenaikan daya sebesar 0,6 HP dan torsi sebesar 0.41 Nm.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *remapping* sudut pengapian dan durasi injeksi pada mesin bensin 4 silinder 2000 cc terhadap daya. Untuk mengetahui pengaruh *remapping* sudut pengapian dan durasi injeksi pada mesin bensin 4 silinder 2000 cc terhadap torsi. Untuk mengetahui data apa saja yang di *remapping* untuk menghasilkan daya dan torsi terbaik.

METODE PENELITIAN

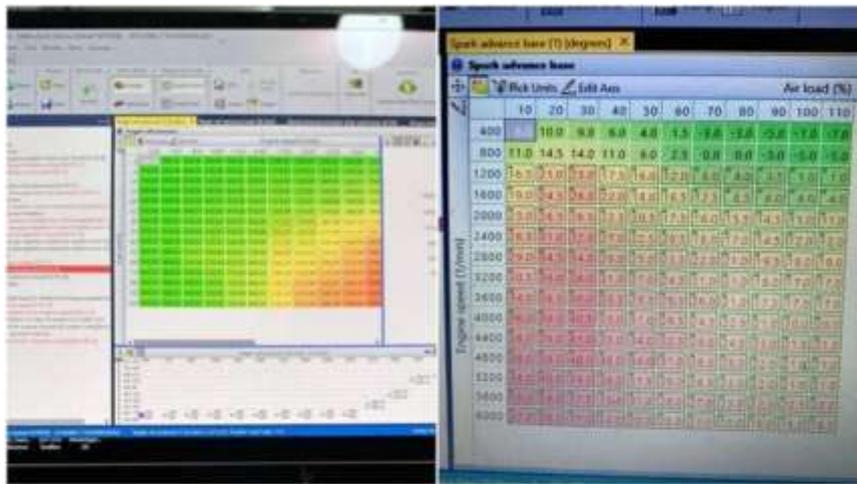
Jenis penelitian pada penelitian ini adalah desain eksperimental. Penelitian dilakukan dengan menguji kendaraan MPV Bensin 2000 cc yang diuji dengan *dynotest*, dalam penelitian ini akan digunakan metode penelitian eksperimental yaitu metode yang dapat digunakan untuk menguji pengaruh dari suatu perlakuan atau desain baru dengan cara membandingkan satu atau lebih kelompok dengan perlakuan baru dengan satu atau lebih kelompok lain tanpa perlakuan sebagai *control* atau pembanding.

Dalam penelitian ini memiliki 3 jenis variabel yaitu variabel bebas, variabel terkontrol, dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu *remapping* sudut pengapian dan durasi injeksi Pada ECU mobil Bensin 2000 cc. Variable terkontrol pada penelitian ini adalah Putaran Mesin (2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 4500, 5000, 5500, dan 6000). Kemudian variable terikat pada penelitian ini adalah Daya dan Torsi. Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah hipotesis penelitian, Hipotesis penelitian merupakan anggapan dasar peneliti terhadap suatu masalah yang sedang dikaji, dengan dibuktikan melalui hipotesis dengan mempergunakan data yang diperoleh selama penelitian. Berikut ada dua macam hipotesis dalam penelitian sebagai berikut :

1. Hipotesis Null (H_0)
Tidak adanya pengaruh yang signifikan dengan dilakukannya *mapping* sudut pengapian dan durasi injeksi pada ECU terhadap daya dan torsi pada mesin berbahan bakar bensin 4 silinder 2000 cc.
2. Hipotesis Alternatif (H_1)
Adanya pengaruh yang signifikan dengan dilakukannya *mapping* sudut pengapian dan durasi injeksi pada ECU terhadap daya dan torsi pada mesin berbahan bakar bensin 4 silinder 2000 cc.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil pengujian yang telah dilakukan, beberapa pengujian seperti *dynotest* pada pengujian daya untuk mengetahui kinerja motor bensin 2000 cc setelah dilakukan *remapping* di bengkel Telo Racing Jl. Raya Karangsono, Karang Sono, Kebonagung, Kec. Pakisaji, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Setelah dilakukan percobaan kalibrasi atau *remapping* ECU, ditemukan data kalibrasi atau *remapping* terbaik. *mapping* terbaik ini menghasilkan putaran mesin yang stabil (mesin tidak mati dan pincang), mesin tidak *knocking*, serta menghasilkan daya dan torsi terbaik. Untuk waktu pengapian atau *timing advance* adalah maju 4° dari settingan standarnya, sedangkan durasi injeksinya adalah ditambah 2 Ms.



Gambar 1. *Mapping* ECU Kendaraan

Hasil Pengujian Daya

Pengujian daya dilakukan *running* sebanyak tiga kali guna memperoleh data yang akurat, berikut adalah data hasil uji daya:

Tabel 1. Hasil Pengujian Daya

RPM	Pengulangan	ECU Standar Daya (HP)	ECU <i>Remapping</i> Daya (HP)
2000	1	21	33,6
	2	25,8	34,1
	3	14,6	33,8
Rata-Rata		20,46	33,83
2500	1	58,3	60,8
	2	59,5	60,9
	3	58,9	61,6
Rata-Rata		58,9	61,1
3000	1	71,3	73,9
	2	72,6	73,6
	3	72,4	74,2
Rata-Rata		72,1	73,9
3500	1	84	87,2
	2	85,4	87,2
	3	86,5	87,7
Rata-Rata		85,3	87,36

RPM	Pengulangan	ECU Standar Daya (HP)	ECU Remapping Daya (HP)
4000	1	96,4	101,7
	2	98,2	101,1
	3	99,2	101,5
Rata-Rata		97,93	101,43
4500	1	107,7	113
	2	109,3	112,9
	3	110,3	113,5
Rata-Rata		109,1	113,13
5000	1	116,8	122
	2	118,5	121,5
	3	119,8	122,3
Rata-Rata		118,36	121,93
5500	1	122,3	128,9
	2	124,9	128,5
	3	126,5	128,9
Rata-Rata		124,56	128,76
6000	1	111	117,7
	2	112,4	117,3
	3	112,9	117
Rata-Rata		112,1	117,33

Hasil Pengujian Torsi

Pengujian torsi dilakukan running sebanyak tiga kali guna memperoleh data yang akurat, berikut adalah data hasil pengujian torsi:

Tabel 2. Hasil Pengujian Torsi

RPM	Pengulangan	ECU Standar Torsi (N.m)	ECU Remapping Torsi (N.m)
2000	1	74,71	117,96
	2	91,71	119,63
	3	51,83	118,92
Rata-Rata		72,75	118,83
2500	1	165,33	171,23
	2	168,78	170,98
	3	166,93	172,87
Rata-Rata		167,01	171,69
3000	1	168,54	172,93
	2	171,40	172
	3	171,58	173,73
Rata-Rata		170,50	172,88
3500	1	170,32	175,48
	2	172,95	174,78
	3	175,08	176,24
Rata-Rata		172,78	175,5
4000	1	170,97	178,67
	2	174,21	177,87
	3	176,19	178,52
Rata-Rata		173,79	178,35
4500	1	170,17	176,60
	2	172,73	176,42
	3	173,93	177,50
Rata-Rata		172,27	176,84
5000	1	166,02	171,76
	2	168,42	171,16
	3	170,04	172,21

RPM	Pengulangan	ECU Standar Torsi (N.m)	ECU Remapping Torsi (N.m)
Rata-Rata		168,16	171,71
5500	1	157,98	164,84
	2	161,35	164,55
	3	163,26	164,83
Rata-Rata		160,86	164,74
6000	1	131,65	138,19
	2	133,11	137,55
	3	133,65	137,21
Rata-Rata		132,80	137,65

Pengolahan Data

Pengolahan Data Daya Kendaraan

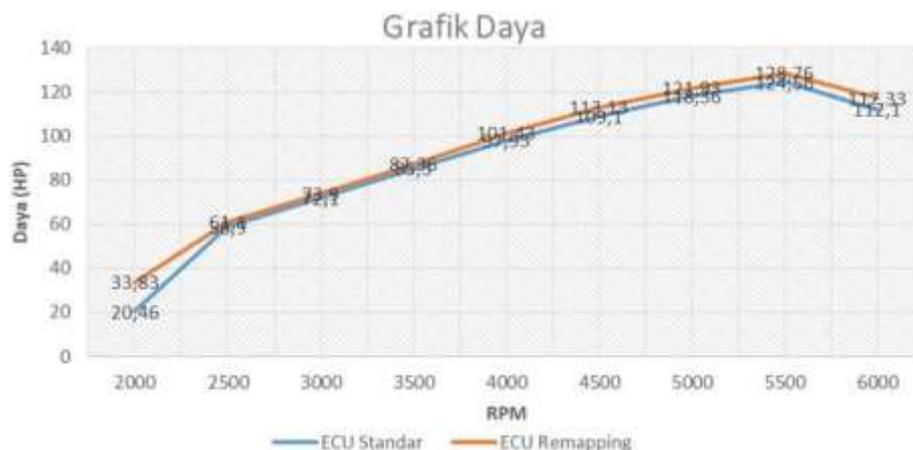
Setelah mendapatkan data uji daya pada kendaraan, dilakukan pengolahan data serta pengambilan nilai tertinggi antara ECU standar dan ECU standar yang telah dikalibrasi atau *diremapping*. Berikut adalah tabel nilai pengujian daya menggunakan alat uji *dynamometer*:

Nilai daya

Tabel 3. Pengolahan Data Daya

RPM	ECU Standar Daya (HP)	ECU Remapping Daya (HP)
2000	20,46	33,83
2500	58,9	61,1
3000	72,1	73,9
3500	85,3	87,36
4000	97,93	101,43
4500	109,1	113,13
5000	118,36	121,93
5500	124,56	128,76
6000	112,1	117,33

Grafik daya kendaraan

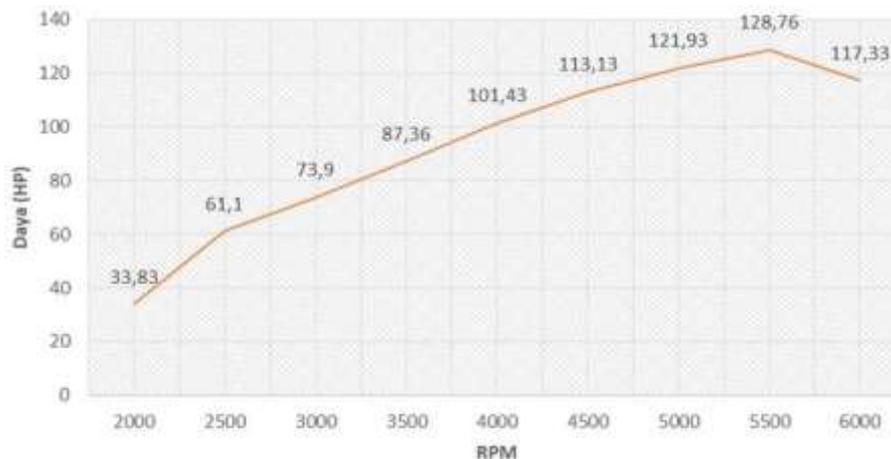


Gambar 2. Grafik Daya Kendaraan

Dari gambar 2, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap putaran mesin. Pada rpm 2000 ECU standar menghasilkan daya sebesar 20,46 HP sedangkan ECU *remapping* menghasilkan daya sebesar 33,83 HP artinya terdapat peningkatan daya sebesar 13,37 HP; Pada rpm 2500 ECU standar menghasilkan daya sebesar 58,9 HP sedangkan ECU *remapping* menghasilkan daya sebesar 61,1 HP artinya terdapat peningkatan daya sebesar 2,2 HP; Pada rpm 3000 ECU standar menghasilkan daya sebesar 72,1 HP sedangkan ECU *remapping* menghasilkan daya sebesar 73,9 HP artinya terdapat peningkatan daya sebesar 1,8 HP; Pada rpm 3500 ECU standar menghasilkan daya

sebesar 85,3 HP sedangkan ECU *remapping* menghasilkan daya sebesar 87,36 HP artinya terdapat peningkatan daya sebesar 2,06 HP; Pada rpm 4000 ECU standar menghasilkan daya sebesar 97,93 HP sedangkan ECU *remapping* menghasilkan daya sebesar 101,43 HP artinya terdapat peningkatan daya sebesar 3,5 HP; Pada rpm 4500 ECU standar menghasilkan daya sebesar 109,1 HP sedangkan ECU *remapping* menghasilkan daya sebesar 113,13 HP artinya terdapat peningkatan daya sebesar 4,03 HP; Pada rpm 5000 ECU standar menghasilkan daya sebesar 118,36 HP sedangkan ECU *remapping* menghasilkan daya sebesar 121,93 HP artinya terdapat peningkatan daya sebesar 3,57 HP; Pada rpm 5500 ECU standar menghasilkan daya sebesar 124,56 HP sedangkan ECU *remapping* menghasilkan daya sebesar 128,76 HP artinya terdapat peningkatan daya sebesar 4,2 HP; Pada rpm 6000 ECU standar menghasilkan daya sebesar 112,1 HP sedangkan ECU *remapping* menghasilkan daya sebesar 117,33 HP artinya terdapat peningkatan daya sebesar 5,23 HP.

Grafik daya tertinggi



Gambar 3. Grafik Daya Tertinggi

Dari gambar 2 dan gambar 3 dapat dilihat bahwa perbandingan antara ECU standar dan ECU *remapping*, yang mendapatkan daya tertinggi yaitu ECU *remapping* dengan nilai daya 128,76 HP dicapai pada RPM 5500.

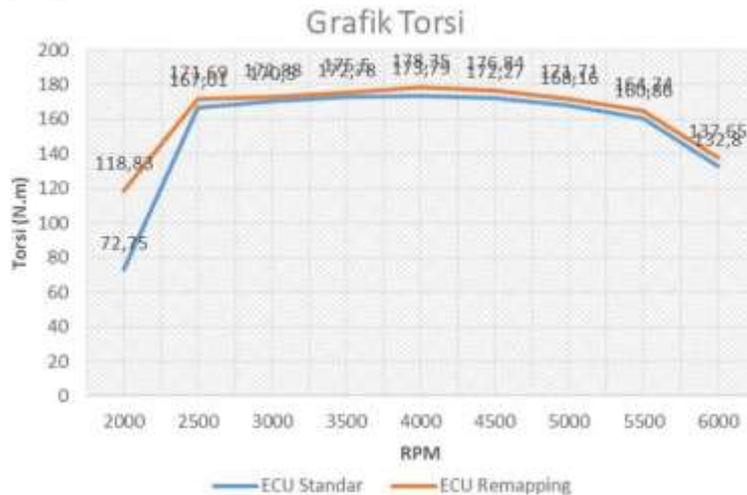
Pengolahan Data Torsi Kendaraan

Setelah mendapatkan data uji torsi pada kendaraan, dilakukan pengolahan data serta pengambilan nilai tertinggi antara ECU standar dan ECU standar yang telah dikalibrasi atau *diremapping*. Berikut adalah tabel nilai pengujian torsi menggunakan alat uji *dynamometer*:

Nilai torsi

Tabel 4. Pengolahan Data Torsi		
RPM	ECU Standar Torsi (N.m)	ECU <i>Remapping</i> Torsi (N.m)
2000	72,75	118,83
2500	167,01	171,69
3000	170,50	172,88
3500	172,78	175,5
4000	173,79	178,35
4500	172,27	176,84
5000	168,16	171,71
5500	160,86	164,74
6000	132,80	137,65

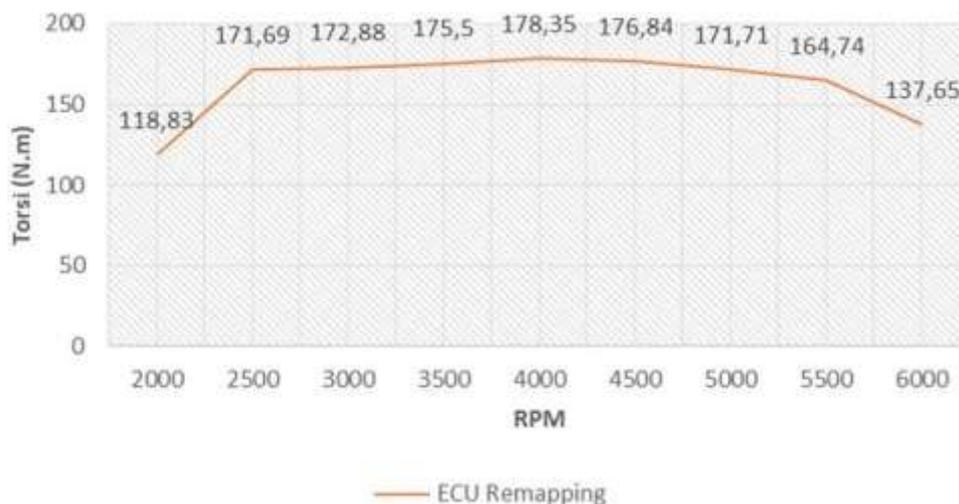
Grafik torsi kendaraan



Gambar 4. Grafik Torsi Kendaraan

Dari gambar 4 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada setiap putaran mesin. Pada rpm 2000 ECU standar menghasilkan torsi sebesar 72,75 Nm sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 118,83 Nm artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 46,08 Nm; Pada rpm 2500 ECU standar menghasilkan torsi sebesar 167,01 Nm sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 171,69 Nm artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 4,68 Nm; Pada rpm 3000 ECU standar menghasilkan torsi sebesar 170,50 Nm sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 172,88 Nm artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 2,38 Nm; Pada rpm 3500 ECU standar menghasilkan torsi sebesar 172,78 Nm sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 175,5 Nm artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 2,72 Nm; Pada rpm 4000 ECU standar menghasilkan torsi sebesar 173,79 Nm sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 178,35 Nm artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 4,56 Nm; Pada rpm 4500 ECU standar menghasilkan torsi sebesar 172,27 Nm sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 176,84 Nm artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 4,57 Nm; Pada rpm 5000 ECU standar menghasilkan torsi sebesar 168,16 Nm sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 171,71 Nm artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 3,55 Nm; Pada rpm 5500 ECU standar menghasilkan torsi sebesar 160,86 Nm sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 164,74 Nm artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 3,88 Nm; Pada rpm 6000 ECU standar menghasilkan torsi sebesar 132,80 Nm sedangkan ECU *remapping* menghasilkan torsi sebesar 137,65 Nm artinya terdapat peningkatan torsi sebesar 4,85 Nm.

Grafik torsi tertinggi



Gambar 5. Grafik Torsi Tertinggi

Dari gambar 4.4 dan gambar 4.5 dapat dilihat bahwa perbandingan antara ECU standar dan ECU *remapping*, yang mendapatkan torsi tertinggi yaitu ECU *remapping* dengan nilai torsi 178,35 Nm dicapai pada RPM 4000.

Analisis Data

Analisis Data Anova Daya Kendaraan

Tabel 5. Anova Daya Kendaraan

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
2000	2	54,29	27,145	89,378
2500	2	120	60	2,42
3000	2	146	73	1,62
3500	2	172,66	86,33	2,1218
4000	2	199,36	99,68	6,125
4500	2	222,23	111,115	8,12
5000	2	240,29	120,145	6,372
5500	2	253,32	126,66	8,819
6000	2	229,43	114,715	13,676
ECU Standar	9	798,81	88,756	1130,79
ECU <i>Remapping</i>	9	838,77	93,196	1012,36

ANOVA							
<i>Source</i>	<i>of</i>	<i>SS</i>	<i>Df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows		17095,3	8	2136,92	342,295	2,5E-09	3,438
Columns		88,711	1	88,711	14,209	0,00546	5,317
Error		49,943	8	6,242			
Total		17234,03	17				

Berdasarkan tabel anova diatas diketahui nilai *p-value* mempengaruhi analisis data tersebut, dengan metode hipotesis untuk mendapatkan kesimpulan dari tabel diatas tentang seberapa besar pengaruh penggunaan ECU standar yang telah *remapping* terhadap daya kendaraan berdasarkan nilai *p-value*.

Hipotesis pengaruh penggunaan ECU *remapping* terhadap daya kendaraan. Penjelasan hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Null (H_0)
Tidak adanya pengaruh yang signifikan dengan dilakukannya *mapping* sudut pengapian dan durasi injeksi pada ECU terhadap daya pada mesin berbahan bakar bensin 4 silinder 2000 cc.
2. Hipotesis Alternatif (H_1)
Adanya pengaruh yang signifikan dengan dilakukannya *mapping* sudut pengapian dan durasi injeksi pada ECU terhadap daya pada mesin berbahan bakar bensin 4 silinder 2000 cc.
3. Tingkat signifikan alfa (α) = 0,05
4. H_1 diterima jika *p-value* > alfa (α) = 0,05
5. H_1 ditolak jika *p-value* < alfa (α) = 0,05

Perhitungan pengambilan keputusan hipotesis berdasarkan data pada tabel anova. Jika *p-value* > nilai probabilitas (α) = 0,05, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak, jika *p-value* < nilai probabilitas (α) = 0,05, maka H_1 ditolak dan H_0 diterima. Data *p-value rows* anova = 2,5E-09, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak, artinya terdapat perbedaan yang signifikan pada daya antara ECU standar dan ECU *remapping*. Sedangkan data *p-value columns* anova = 0,00546, maka H_1 ditolak dan H_0 diterima, artinya dengan *remapping* ECU tidak ada pengaruh yang signifikan terhadap daya pada setiap RPMnya.

Analisis Data Anova Torsi Kendaraan

Tabel 6. Anova Torsi Kendaraan

<i>SUMMARY</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
2000	2	191,58	95,79	1061,68
2500	2	338,7	169,35	10,9512
3000	2	343,38	171,69	2,8321
3500	2	348,28	174,14	3,6992
4000	2	352,14	176,07	10,3968
4500	2	349,11	174,555	10,44245
5000	2	339,87	169,935	6,3012
5500	2	325,6	162,8	7,527
6000	2	270,45	135,225	11,76125
ECU Standar	9	1390,92	154,546	1101,939
ECU Remapping	9	1468,19	163,132	428,611

ANOVA							
<i>Source</i>	<i>of</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Rows		11450,5	8	1431,3	14,423	0,000527	3,438
Columns		331,702	1	331,702	3,342	0,1049	5,317
Error		793,891	8	99,236			
Total		12576,11	17				

Berdasarkan tabel anova diatas diketahui nilai *p-value* mempengaruhi analisis data tersebut, dengan metode hipotesis untuk mendapatkan kesimpulan dari tabel diatas tentang seberapa besar pengaruh penggunaan ECU standar yang telah *remapping* terhadap torsi kendaraan berdasarkan nilai *p-value*.

Hipotesis pengaruh penggunaan ECU *remapping* terhadap torsi kendaraan. Penjelasan hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hipotesis Null (H_0)
Tidak adanya pengaruh yang signifikan dengan dilakukannya *mapping* sudut pengapian dan durasi injeksi pada ECU terhadap torsi pada mesin berbahan bakar bensin 4 silinder 2000 cc.
2. Hipotesis Alternatif (H_1)
Adanya pengaruh yang signifikan dengan dilakukannya *mapping* sudut pengapian dan durasi injeksi pada ECU terhadap torsi pada mesin berbahan bakar bensin 4 silinder 2000 cc.
3. Tingkat signifikan alfa (α) = 0,05
4. H_1 diterima jika *p-value* > alfa (α) = 0,05
5. H_1 ditolak jika *p-value* < alfa (α) = 0,05

Perhitungan pengambilan keputusan hipotesis berdasarkan data pada tabel anova. Jika *p-value* > nilai probabilitas (α) = 0,05, maka H_1 diterima dan H_0 ditolak, jika *p-value* < nilai probabilitas (α) = 0,05, maka H_1 ditolak dan H_0 diterima. Data *p-value rows* anova = 0,000527 maka H_1 ditolak dan H_0 diterima, artinya tidak ada perbedaan yang signifikan pada torsi antara ECU Standar dan ECU *remapping*. Sedangkan data *p-value columns* anova = 0,1049 maka H_1 diterima dan H_0 ditolak, artinya terdapat perbedaan yang signifikan pada torsi pada setiap RPMnya dengan dilakukannya *remapping* ECU motor bakar 2000 cc (tarikan menjadi lebih responsive).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang analisis pengaturan sudut pengapian dan durasi injeksi terhadap daya serta torsi pada motor bensin 2000 cc yang telah dilakukan mulai dari pengambilan data, pengolahan data, hingga analisis data dapat diambil simpulan yaitu dengan dilakukannya kalibrasi atau *remapping* sudut pengapian dan durasi injeksi terdapat peningkatan daya yang signifikan pada setiap putaran mesin. Daya tertinggi saat menggunakan ECU standar adalah 124,56 HP pada rpm 5500, sedangkan daya tertinggi setelah *remapping* ECU adalah 128,76 HP pada rpm 5500. Kemudian dengan dilakukannya kalibrasi atau *remapping* sudut pengapian dan durasi injeksi terdapat peningkatan torsi yang signifikan pada setiap putaran mesin. Torsi tertinggi saat menggunakan ECU standar adalah

173,79 Nm pada rpm 4000, sedangkan torsi tertinggi setelah *remapping* ECU adalah 178,35 Nm pada rpm 4000. Serta dengan memajukan waktu pengapian atau *timing advance* sebesar 4° serta penambahan durasi injeksi sebesar 2 Ms pada setiap putaran mesinnya, maka diperoleh daya dan torsi maksimalnya. *Mapping* ini adalah *mapping* terbaik setelah dilakukan percobaan *mapping* beberapa kali, sehingga walaupun hanya menggunakan ECU standar pabrikan, motor bensin 2000 cc dapat menghasilkan daya dan torsi terbaiknya tanpa ada permasalahan pada ECU dan mesin (mesin tidak pincang, putaran mesin stabil, dan tidak mati saat putaran *idle*).

DAFTAR PUSTAKA

- Arends, Berenschot. (1980). *Motor Bensin*. Erlangga.
- Arismandar W. (1998). *Penggerak Mula Motor Bakar Torak*. Institut Teknologi Bandung.
- Aziz, S. A. F. (2020). *Studi Eksperimental Pengaruh Mapping Sudut Pengapian Dan Bahan Bakar Terhadap Performa Mesin Motor Matic Injeksi* (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- Budianto, B., Ismet, F., & Fernandez, D. (2015). Pengaruh Perubahan Waktu Pengapian Terhadap Daya Dengan Menggunakan Bahan Bakar Premium dan Pertamina Pada Mobil Toyota Kijang Krista 1 RZ 2.0 EFI. *Automotive Engineering Education Journals*, 4(3).
- Hidayat, Wahyu ST. (2012). *Motor Bensin Modern*. Rineka Cipta.
- Majid, M. A., Saputra, T. J., & Dewi, R. P. (2022). Analisis Performa Sepeda Motor Trail 150 Cc dengan Menggunakan Electronic Control Unit (ECU) Standar dan Electronic Control Unit (ECU) Standar Remapping. *SEMASTER" Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan"*, 3(1).
- Mintoro, S. (2017). Optimasi Kinerja ECU (Electronic Control Unit) Melalui Pemrograman Remapping Pada Mesin EFI. *Prosiding Seminar Nasional Darmajaya*, 1(1), 458–471.
- Putra, W. T. (2017). Pengaruh Jenis Busi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Honda Revo Fit 110 cc. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 5(2).
- Seto, H. P. (2015). Peningkatan Pemahaman Materi Pembelajaran tentang Sistem EFI (Electronic Fuel Injection) Menggunakan Media Elektronik Berbasis Android pada Siswa Kelas XII TKR SMK Negeri 1 Tengaran. *Universitas Negeri Semarang*.
- Setiyo, M., & Utoro, L. (2017). Re-mapping Engine Control Unit (ECU) Untuk Menaikkan Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor. *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(2), 62–68.
- Wahyudi, N. (2016). Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Perubahan Sudut Injektor pada System EFI Terhadap Performa Motor 4 Langkah. *Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE)*, 1(1), 47–52.
- Widianto, A., Winardi, Y., & Malyadi, M. (2022). Pengaruh perubahan remapping ecu terhadap torsi dan daya pada sepeda motor honda cb 150 r. *AutoMech: Jurnal Teknik Mesin*, 2(02), 19–23.
- Winoko, Y. A., & Kasjianto, S. (2017). *Pengujian Daya dan Emisi Gas Buang*. Politeknik Negeri Malang Press.
- Winoko, Y. A., & Kasjianto, S. (2018). *Pengujian Daya dan Emisi Gas Buang (Edisi Revisi)*. Politeknik Negeri Malang Press.
- Winoko, Y. A., & Santoso, N. (2019). *Motor Bakar*. Politeknik Negeri Malang Press.