

Analisa *re-mapping* ECU terhadap performa dan emisi gas buang pada motor injeksi Scoopy 110

Rian Handriyanto^{1*}, Ponidi²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya

Email: * rianhandriyanto@gmail.com

Abstrak

Menanggapi kemajuan pengetahuan otomotif yang semakin meningkat dan meningkatnya rasa ketidakpuasan terhadap peningkatan performa sepeda motor diatas standar. Pengendara sepeda motor biasanya memodifikasi sepedanya untuk meningkatkan performa. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh *re-mapping* ECU (*Engine Control Unit*) terhadap performa dengan memajukan *ignition timing* sebesar 0.5°, 1°, 1.5°, 2°, 2.5°, 3° pada putaran 1500 – 9500 RPM dan emisi gas buangnya. ECU yang digunakan ECU standar pabrik kemudian dilakukan *re-mapping* pada *ignition timing*. Hasil pengujian didapatkan torsi dan daya terbaik sepeda motor Scoopy dengan memajukan *ignition timing* sebesar 1° dengan hasil daya 7,4 HP pada 7000 RPM meningkat 0,4 HP, torsi 10,45 N.m pada 4500 RPM meningkat 0,77 N.m. Dimana Scoopy 110 dengan ECU standar memiliki daya 7,0 HP pada 7000 RPM, torsi 9,68 N.m pada 4500 RPM. *Fuel consumption* terbaik dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° senilai 0,297 (kg/h). *Spesific fuel consumption* terbaik dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° senilai 0,413 (kg/HP.h). Efisiensi *termal* terbaik dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° senilai 1,471%. Emisi gas buang terendah dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° senilai CO 0,34% dan HC 127 PPM.

Kata kunci: emisi gas buang, *re-mapping* ECU, scoopy 110

Abstract

To respond to the increasing progress of automotive knowledge and dissatisfaction with motorbike performance above standards. Motorcyclists usually modify their bikes to improve performance. This research aims to determine the effect of ECU re-mapping on performance by advancing the ignition timing by 0.5°, 1°, 1.5°, 2°, 2.5°, 3° at 1500 – 9500 RPM and exhaust emissions. The ECU used is a standard factory ECU, then re-mapping the ignition timing. The test results showed that the best torque and power for the Scoopy motorbike was by advancing the ignition timing by 1° with power results of 7.4 HP at 7000 RPM, an increase of 0.4 HP, torque of 10.45 N.m at 4500 RPM, an increase of 0, 77 N.m. However, the Scoopy 110 with standard ECU has a power of 7.0 HP at 7000 RPM and torque of 9.68 N.m at 4500 RPM. The best fuel consumption by advancing the ignition timing by 3° is 0.297 (kg/h). The best specific fuel consumption by advancing the ignition timing by 3° is 0.413 (kg/HP.h). The best *termal* efficiency advanced the ignition timing by 3° worth 1.471%. The lowest exhaust emissions were advancing ignition timing by 3° with CO 0.34% and HC 127 PPM.

Keywords: exhaust gas emission, re-mapping ECU, scoopy 110

1. PENDAHULUAN

Sistem PGM-FI adalah suatu sistem suplai bahan bakar dengan menggunakan teknologi kontrol secara elektronik yang mampu mengatur suplai bahan bakar dan udara secara optimal sesuai dengan kebutuhan mesin pada setiap keadaan yang berbeda. Secara umum, konstruksi EFI

(*Electronic Fuel Injection*) terdiri tiga sistem yaitu: sistem bahan bakar, sistem kontrol elektronik dan sistem pemasukan udara [1].

Teknologi EFI memiliki keunggulan pada konsumsi bahan bakar yang lebih irit. Tetapi performa mesin sepeda motor injeksi cenderung kurang maksimal dengan pasokan bahan bakar yang sedikit. Hal ini disebabkan kurangnya bahan bakar yang disemprotkan ke ruang bakar oleh injektor dan pendeknya waktu injeksi bahan bakar karena ECU standar serta pada mode standar [2].

Menanggapi kemajuan pengetahuan otomotif yang semakin meningkat dan meningkatnya rasa ketidakpuasan terhadap peningkatan performa sepeda motor di atas kondisi standar. Pengendara sepeda motor biasanya memodifikasi sepedanya. Hal ini dilakukan untuk meningkatkan torsi, tenaga dan efisiensi bahan bakar lebih optimal. Biasanya pengguna memodifikasi sepeda motor dengan mengganti lubang hisap dan buang di kepala silinder, mengganti komponen, bahkan mengganti sistem pengapian [3].

Re-mapping ECU standar memberikan performa mesin yang lebih baik. Saat kecepatan mesin meningkat, semakin banyak bahan bakar yang diinjeksikan melalui injektor dan diimbangi dengan sudut pengapian yang dipetakan ulang program di dalam ECU. Pemetaan ulang bahan bakar dan pengapian menghasilkan proses pembakaran yang optimal sehingga meningkatkan performa yang dicapai. Besarnya daya suatu mesin sebanding dengan torsi yang dihasilkannya. Seiring bertambahnya putaran mesin, daya mesin juga meningkat. Hal ini karena daya merupakan hasil kali torsi dan putaran poros engkol [4].

Emisi gas buang merupakan sisa hasil pembakaran bahan bakar yang berupa air (H_2O), gas CO (karbon monoksida) yang beracun, CO_2 (karbon dioksida) yang merupakan gas rumah kaca, NOx (nitrogen oksida), serta HC (hidro karbon). Gas buang sepeda motor yang termasuk dalam pencemaran antara lain karbon monoksida (CO), berbagai senyawa hidrokarbon, berbagai oksidanitrogen (NOx) dan sulfur dioksida (SOx), dan partikel debu termasuk timbal (Pb) [5].

Peraturan ambang batas emisi gas buang di tempat Pengujian Kendaraan Bermotor Wiyung Surabaya standar terbaru yang berlaku yaitu:

- Kendaraan bermesin bensin 4 langkah tahun produksi dibawah 2007, batas maksimum kadar karbon monoksida (CO) yaitu 4,5 % serta kadar hidrokarbon (HC) tidak lebih dari 1.200 ppm.
- Kendaraan bermesin bensin 4 langkah tahun produksi diatas 2007, batas maksimum kadar karbon monoksida (CO) yaitu 1,5 % serta kadar hidrokarbon (HC) tidak lebih dari 200 ppm [6].

Setiyo and Utoro [7] melakukan pengujian *re-mapping engine control unit* (ECU) untuk meningkatkan performa mesin sepeda motor. Berdasarkan hasil penelitian ini, jika menggunakan ECU standar torsi yang dicapai sebesar 11,28 N.m pada putaran 11.000 rpm, dan setelah menggunakan ECU *re-mapping* BRT tenaga maksimum yang dihasilkan sebesar 19,6 HP pada putaran 12.750 rpm (pengapian sama pada pengujian ke-3 polanya). Pada pengujian kedua, torsi maksimum dicapai 11,58 NM pada 11.000 rpm. ECU Juken BRT (*aftermarket*) digunakan dalam pengujian ini.

2. METODE PENELITIAN

Penulisan karya ilmiah ini dilakukan dengan menggunakan metodologi penelitian kuantitatif yang disebut analisis deskriptif dan penyelidikan eksperimental. Penelitian ini dilakukan pada sepeda motor Honda yaitu Scoopy 110 standar, kemudian lakukan proses *dynotest* dan emisi gas buang dengan kondisi ECU standar. Tahap berikutnya lakukan pengujian *dynotest* pada sepeda motor dengan kondisi ECU yang sudah diatur menggunakan 6 variasi *ignition timing* serta mengukur emisi gas buang tiap variasi perubahan pada ECU. Pengujian konsumsi bahan bakar dengan menghitung

waktu yang dibutuhkan mesin untuk menghabiskan 30 ml bahan bakar untuk setiap varian *re-mapping*.

Variasi perubahan yang akan dilakukan di antaranya:

1. Memajukan *ignition timing* sebesar 0.5° pada putaran 1500 – 9500 RPM.
2. Memajukan *ignition timing* sebesar 1° pada putaran 1500 – 9500 RPM.
3. Memajukan *ignition timing* sebesar 1.5° pada putaran 1500 – 9500 RPM.
4. Memajukan *ignition timing* sebesar 2° pada putaran 1500 – 9500 RPM.
5. Memajukan *ignition timing* sebesar 0.5° pada putaran 1500 – 9500 RPM.
6. Memajukan *ignition timing* sebesar 3° pada putaran 1500 – 9500 RPM.

Tahap berikutnya lakukan pengujian *dynotest* pada sepeda motor dengan kondisi ECU yang sudah diatur menggunakan 6 variasi *ignition timing* serta mengukur emisi gas buang di tiap variasi perubahan pada ECU. Berdasarkan perubahan *re-mapping* program ECU tersebut akan diuji daya, torsi, FC (*fuel consumption*), SFC (*specific fuel consumption*) dan efisiensi termal menggunakan dinamometer inersia serta perubahan emisi gas buang (CO dan HC).

Performa mesin bensin untuk mengetahui performa *engine*, maka diperlukan parameter seperti torsi, daya, FC, SFC dan efisiensi termal.

Torsi adalah gaya rotasi yang diberikan oleh motor atau mesin yang berputar. Torsi ditentukan oleh daya pembakaran piston dikalikan radius poros engkol mesin. Torsi adalah hasil kali gaya dan jarak. Persamaan yang digunakan adalah persamaan 1 [8].

$$T = f \times s \quad (1)$$

Di mana T = torsi (N.m), F = gaya (N), s = jarak (m).

Daya motor atau *output* mesin merupakan bagian dari parameter yang dapat menentukan performa mesin. Definisi *output* mesin adalah kecepatan operasi mesin pada interval waktu tertentu. Untuk menghitung *output* mesin empat langkah, digunakan persamaan 2 [8].

$$P = \frac{2 \pi \times n \times T \times 1,34}{60000} \text{ HP} \quad (2)$$

Di mana P = daya motor (HP), n = putaran mesin (RPM), T = torsi (Nm)

Secara umum, pengukuran kebutuhan *fuel consumption* dilakukan untuk menentukan berapa banyak bahan bakar yang digunakan suatu mesin untuk menghasilkan daya pada kecepatan tertentu. Pengujian konsumsi bahan bakar dengan menghitung waktu yang dibutuhkan mesin untuk menghabiskan 30 ml bahan bakar untuk setiap varian *re-mapping*. *Fuel consumption* diukur menggunakan persamaan 3 [8].

$$FC = \frac{3600 \times \rho_{bb} \times V_{bb}}{t} \text{ (kg/h)} \quad (3)$$

Di mana FC = *fuel consumption* (kg/h), ρ_{bb} = berat jenis bahan bakar (kg/m^3) = 715 kg/m^3 untuk pertalite, V_{bb} = ukuran bahan bakar yang digunakan (m^3), t = durasi waktu yang digunakan (s).

Specific Fuel Consumption adalah ukuran yang dibutuhkan bahan energi dalam hitungan satuan waktu. Kebutuhan bahan bakar spesifik adalah data bahan yang dipakai per satuannya. Perhitungan

dilakukan guna mengetahui konsumsi bahan bakar untuk menghasilkan daya. SFC diukur menggunakan persamaan 4 [8].

$$SFC = \frac{FC}{P} \quad (\text{kg/HP.h}) \quad (4)$$

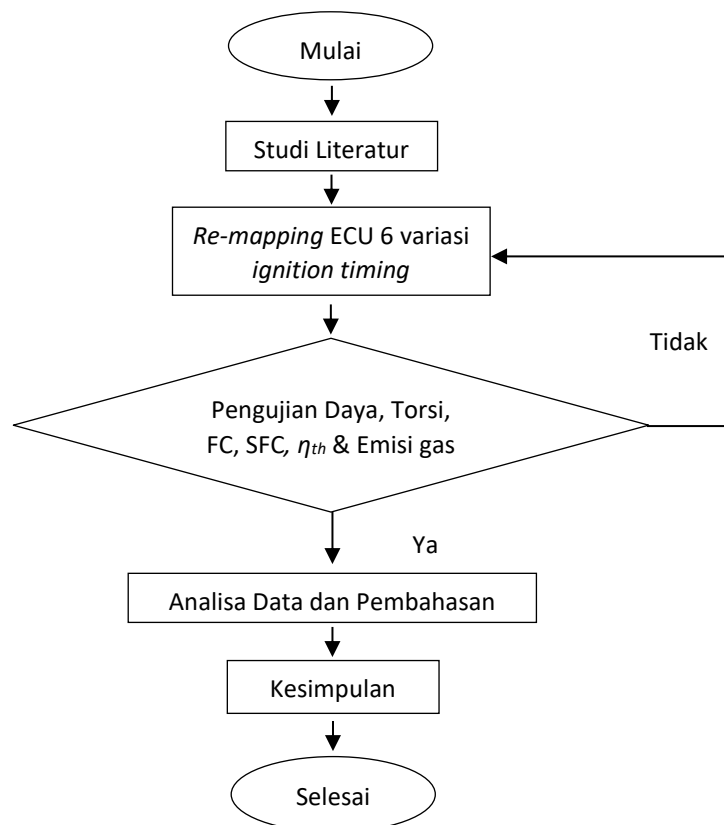
Di mana FC = *fuel consumption* (kg/h), P = daya motor (HP)

Efisiensi termal adalah sebagai pemaksimalan di mana panas bahan bakar digunakan dengan cara mengubahnya untuk memperoleh tenaga mekanik (poros). Perhitungan dilakukan untuk mengetahui efisiensi bahan bakar dari unjuk kerja mesin. Efisiensi termal dihitung menggunakan persamaan 5 [8].

$$\eta_{th} = \frac{3600 \times P}{FC \times LHV} \times 100\% \quad (5)$$

Di mana η_{th} = efisiensi *termal* (%), P = daya motor (kW), FC = *fuel consumption* (kg/h), LHV = angka kalor (kJ/kg) – nilai LHV Pertalite 44260,12 kJ/kg.

Tahapan penelitian dapat dilihat pada diagram alir penelitian (Gambar 1).



Gambar 1 Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapat data hasil penelitian berupa daya, torsi, FC, SFC dan emisi gas buang dari memajukan *ignition timing* sebesar 0.5° , 1° , 1.5° , 2° , 2.5° , 3° pada putaran 1500 – 9500 RPM serta visualisasi aktivitas pengujian meliputi *dynotest* (*Sportdyno38*), test *fuel consumption* dan emisi gas buang (Tabel 1 dan 2).

Hasil penelitian yang diperoleh kemudian dilakukan pengolahan data untuk menghitung nilai daya, torsi, FC, SFC sesuai dengan rumus. Setelah dilakukan pengolahan data maka diperoleh data berupa grafik hubungan daya terhadap putaran mesin, torsi terhadap putaran mesin, dan grafik hubungan FC terhadap kecepatan mesin.



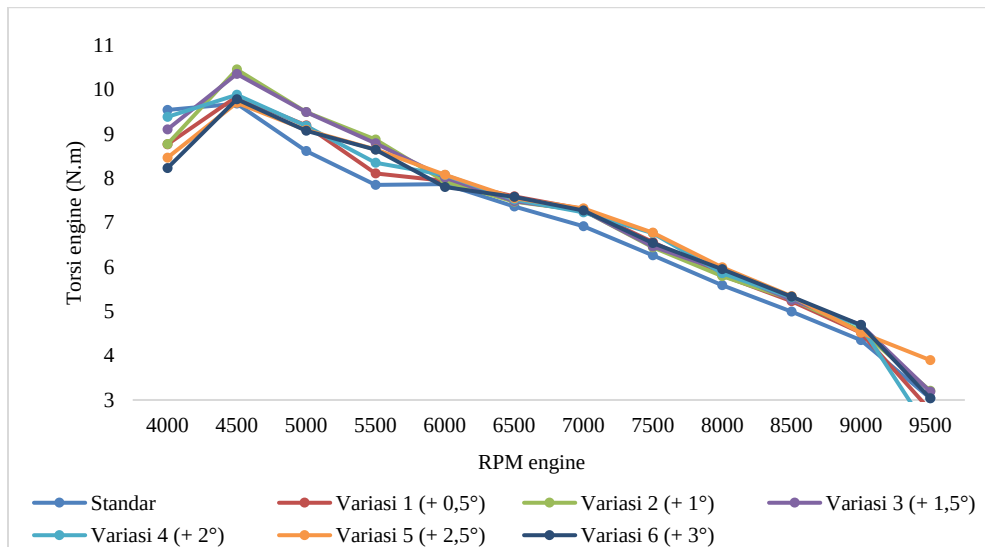
Gambar 2 Proses *re-mapping* ECU dan *dynotest*

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Daya dan Torsi ECU Standar, Variasi 1 (+ 0.5°), Variasi 2 (+ 1°), Variasi 3 (+ 1.5°)

RPM	Standar		Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3	
	Daya (HP)	Torsi (N.m)	Daya (HP)	Torsi (N.m)	Daya (HP)	Torsi (N.m)	Daya (HP)	Torsi (N.m)
4000	5.4	9.54	5.0	8.76	5.0	8.77	5.1	9.10
4500	5.7	9.68	6.0	9.84	6.4	10.45	6.3	10.35
5000	6.0	8.61	6.5	9.19	6.7	9.49	6.7	9.49
5500	6.1	7.85	6.2	8.11	6.8	8.87	6.8	8.79
6000	6.6	7.87	6.7	7.94	6.7	7.93	6.8	8.01
6500	6.8	7.36	6.9	7.59	6.8	7.47	6.8	7.48
7000	7.0	6.95	7.2	7.25	7.4	7.26	7.3	7.25
7500	6.6	6.26	6.9	6.56	6.6	6.44	6.8	6.46
8000	6.3	5.59	6.5	5.81	6.3	5.79	6.7	5.92
8500	6.0	4.99	6.2	5.23	6.0	5.27	6.3	5.26
9000	5.5	4.35	5.7	4.52	5.5	4.56	5.9	4.69
9500	4.1	3.04	3.7	2.77	4.1	3.21	4.3	3.19

Tabel 2 Data Hasil Pengujian Daya dan Torsi ECU Variasi 4 (+ 2°), Variasi 5 (+ 2.5°), Variasi 6 (+ 3°)

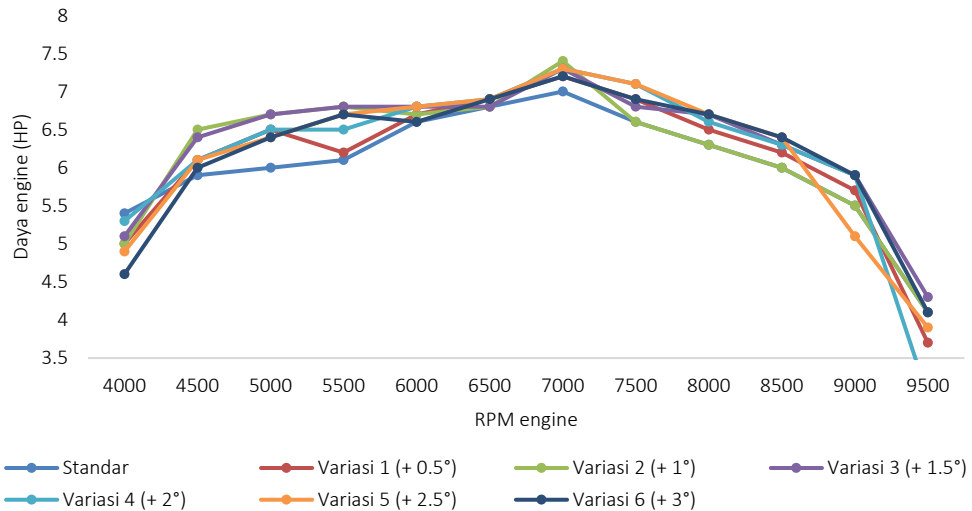
RPM	Variasi 4		Variasi 5		Variasi 6	
	Daya (HP)	Torsi (N.m)	Daya (HP)	Torsi (N.m)	Daya (HP)	Torsi (N.m)
4000	5.3	9.38	4.9	8.46	4.6	8.23
4500	5.9	9.88	6.0	9.70	6.3	10.35
5000	6.5	9.18	6.4	9.09	6.7	9.49
5500	6.5	8.35	6.7	8.65	6.8	8.79
6000	6.8	8.07	6.8	8.08	6.8	8.01
6500	6.9	7.52	6.9	7.55	6.8	7.48
7000	7.3	7.14	7.3	7.12	7.3	7.25
7500	7.1	6.76	7.1	6.77	6.8	6.46
8000	6.6	5.86	6.7	5.99	6.7	5.92
8500	6.3	5.31	6.4	5.34	6.3	5.26
9000	5.9	4.67	5.1	4.52	5.9	4.69
9500	3.0	2.27	3.9	3.9	4.3	3.19



Gambar 3 Grafik torsi engine

Gambar 3 menunjukkan bahwa *ignition timing* yang menghasilkan torsi terbaik adalah variasi 2 dengan memajukan *ignition timing* sebesar 1° dengan torsi puncak 10,45 N.m pada 4500 RPM atau mengalami kenaikan 0,77 N.m (8%) dari torsi puncak *engine ignition timing* standar sebesar 9.68 N.m pada 4500 RPM. Pada *ignition timing* variasi 1, 3, 4, 5, 6 torsi lebih rendah dari *ignition timing* variasi 2, akan tetapi torsi variasi tersebut lebih tinggi dari *ignition timing* ECU standar.

Grafik torsi setelah melewati 4500 RPM (torsi puncak), torsi menurun setelah karena peningkatan kecepatan piston tidak memungkinkan bahan bakar terbakar secara sempurna. Hal ini terjadi saat beban konstan, yaitu kuantitas bahan bakar dan udara tetap konstan [9].



Gambar 4 Grafik daya engine

Gambar 4 menunjukkan bahwa *ignition timing* yang menghasilkan daya terbaik adalah variasi 2 dengan memajukan *ignition timing* sebesar 1° dengan daya puncak 7,4 HP pada 7000 RPM atau mengalami kenaikan 0,4 HP (5,7%) dari daya puncak *engine ignition timing* standar sebesar 7 HP pada 7000 RPM. Pada *ignition timing* variasi 1, 3, 4, 5, 6 daya lebih rendah dari *ignition timing* variasi 2, akan tetapi daya variasi tersebut lebih tinggi dari *ignition timing* ECU standar.

Grafik daya setelah melewati 7000 RPM (daya puncak), daya menurun karena RPM yang semakin tinggi menyebabkan efisiensi volumetrik mencapai maksimum, namun kemudian menurun, kondisi ini diakibatkan karena fenomena *choked flow* (aliran cekik). Aliran tercekik adalah kondisi batas yang terjadi bila laju aliran tidak akan meningkat dengan semakin menurunnya tekanan masuk. Oleh karena itu, ketika fenomena ini terjadi, efisiensi volumetrik menurun secara signifikan sehingga mengakibatkan penurunan *output* [10].

Tabel 3 Data Hasil Pengujian Fuel Consumption, Spesific Fuel Consumption dan Efisiensi Termal ECU Standar, Variasi 1 (+ 0.5°), Variasi 2 (+ 1°)

RPM	Standar			Variasi 1 (+ 0.5°)			Variasi 2 (+ 1°)		
	FC kg/h	SFC kg/HP.h	η_{th} %	FC kg/h	SFC kg/HP.h	η_{th} %	FC kg/h	SFC kg/HP.h	η_{th} %
4000	0,281	0,0579	1,048	0,275	0,0610	0,994	0,300	0,0601	1,010
4500	0,306	0,0553	1,097	0,299	0,0515	1,179	0,304	0,0475	1,277
5000	0,336	0,0530	1,146	0,329	0,0479	1,267	0,306	0,0457	1,327
5500	0,373	0,0525	1,155	0,364	0,0506	1,198	0,310	0,0456	1,330

Lanjutan Tabel 3

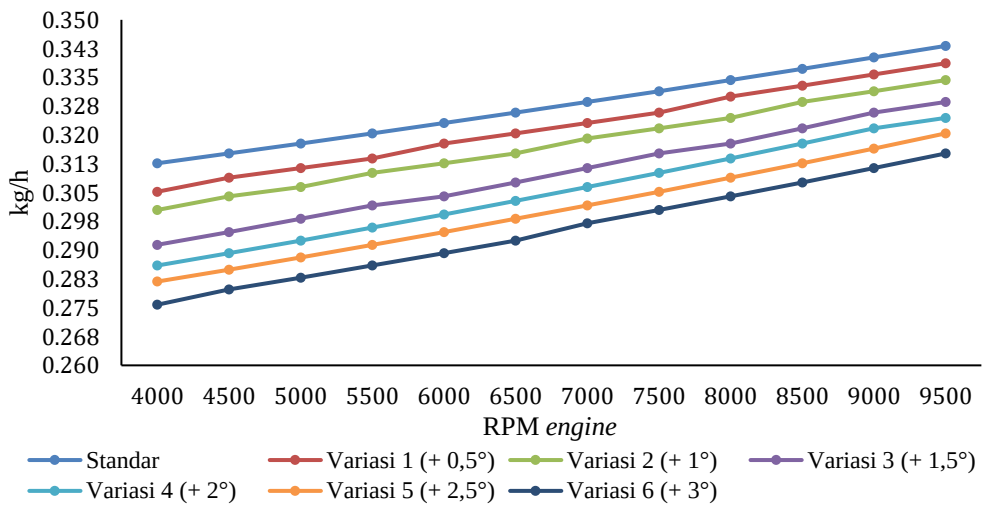
RPM	Standar			Variasi 1 (+ 0.5°)			Variasi 2 (+ 1°)		
	FC kg/h	SFC kg/HP.h	η_{th} %	FC kg/h	SFC kg/HP.h	η_{th} %	FC kg/h	SFC kg/HP.h	η_{th} %
6000	0,417	0,0490	1,239	0,409	0,0474	1,279	0,313	0,0467	1,300
6500	0,477	0,0479	1,266	0,465	0,0464	1,307	0,315	0,0464	1,309
7000	0,552	0,0469	1,293	0,536	0,0449	1,352	0,319	0,0431	1,407
7500	0,638	0,0502	1,208	0,623	0,0472	1,285	0,322	0,0488	1,245
8000	0,689	0,0531	1,144	0,677	0,0508	1,195	0,324	0,0515	1,178
8500	0,750	0,0562	1,080	0,735	0,0537	1,130	0,329	0,0548	1,108
9000	0,821	0,0619	0,981	0,813	0,0589	1,030	0,331	0,0603	1,007
9500	0,908	0,0837	0,725	0,898	0,0915	0,663	0,334	0,0815	0,744

Tabel 4 Data Hasil Pengujian *Fuel Consumption*, *Spesific Fuel Consumption* dan Efisiensi *Termal* ECU Variasi 3 (+ 1.5°), Variasi 4 (+ 2°), Variasi 5 (+ 2.5°)

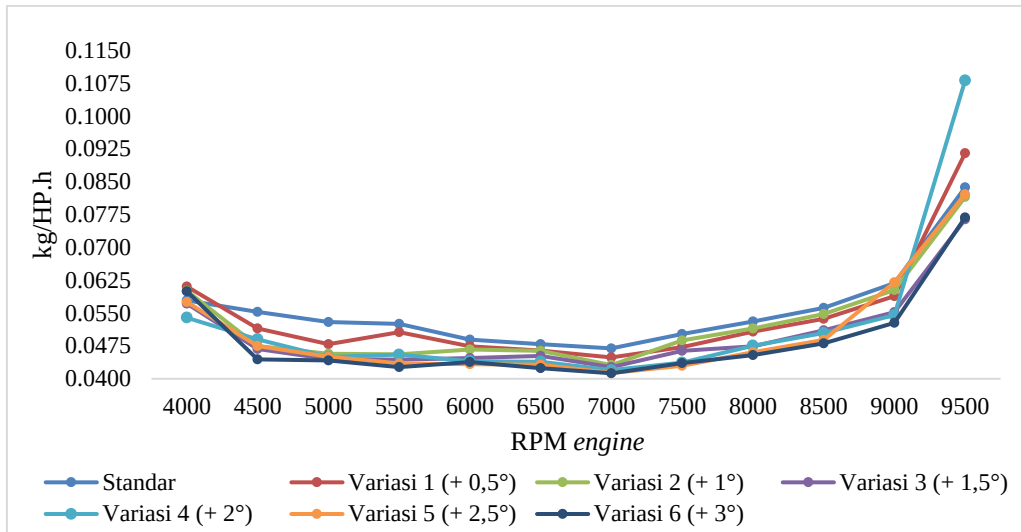
RPM	Variasi 3 (+ 1.5°)			Variasi 4 (+ 2°)			Variasi 5 (+ 2.5°)		
	FC kg/h	SFC kg/HP.h	η_{th} %	FC kg/h	SFC kg/HP.h	η_{th} %	FC kg/h	SFC kg/HP.h	η_{th} %
4000	0,291	0,0571	1,062	0,286	0,0540	1,124	0,282	0,0575	1,055
4500	0,295	0,0468	1,297	0,289	0,0490	1,238	0,285	0,0475	1,278
5000	0,298	0,0445	1,364	0,293	0,0450	1,348	0,288	0,0450	1,348
5500	0,302	0,0444	1,368	0,296	0,0455	1,333	0,291	0,0435	1,395
6000	0,304	0,0447	1,357	0,299	0,0440	1,379	0,295	0,0433	1,400
6500	0,308	0,0452	1,341	0,303	0,0439	1,383	0,298	0,0432	1,404
7000	0,311	0,0427	1,423	0,306	0,0420	1,446	0,302	0,0413	1,468
7500	0,315	0,0464	1,309	0,310	0,0437	1,389	0,305	0,0430	1,411
8000	0,318	0,0474	1,279	0,314	0,0476	1,276	0,309	0,0461	1,316
8500	0,322	0,0511	1,188	0,318	0,0504	1,203	0,313	0,0488	1,242
9000	0,326	0,0552	1,099	0,322	0,0545	1,113	0,316	0,0621	0,978
9500	0,329	0,0764	0,794	0,324	0,1082	0,561	0,320	0,0822	0,739

Tabel 5 Data Hasil Pengujian *Fuel Consumption*, *Spesific Fuel Consumption* dan Efisiensi Termal ECU Variasi 6 (+ 3°)

RPM	Variasi 6 (+ 3°)		
	FC (kg/h)	SFC (kg/HP.h)	(η_{th} %)
4000	0,276	0,0600	1,012
4500	0,280	0,0444	1,366
5000	0,283	0,0442	1,373
5500	0,286	0,0427	1,421
6000	0,289	0,0438	1,385
6500	0,293	0,0424	1,431
7000	0,297	0,0413	1,471
7500	0,300	0,0435	1,393
8000	0,304	0,0454	1,337
8500	0,308	0,0481	1,262
9000	0,311	0,0528	1,150
9500	0,315	0,0769	0,789

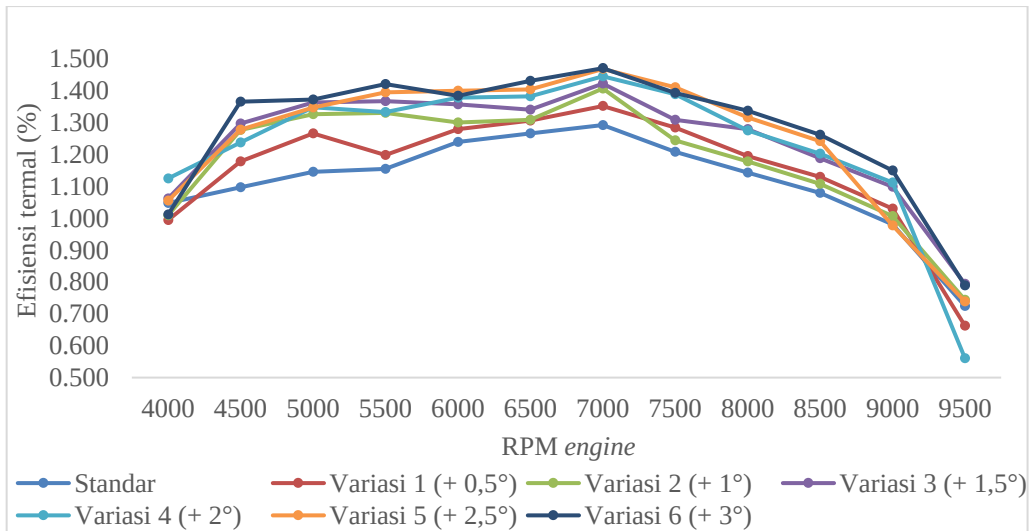
Gambar 5 Grafik *fuel consumption*

Gambar 5 menunjukkan bahwa *ignition timing* yang menghasilkan *fuel consumption* terbaik adalah variasi 6 dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° dengan *fuel consumption* 0,297 (kg/h) pada 7000 RPM atau mengalami penurunan konsumsi bahan bakar 0,032 (kg/h) 9,7% dari *fuel consumption ignition timing* standar 0,329 (kg/h) pada 7000 RPM.



Gambar 6. Grafik *specific fuel consumption*

Grafik *specific fuel consumption* pada Gambar 6, menunjukkan bahwa *ignition timing* yang menghasilkan *specific fuel consumption* terbaik adalah variasi 6 dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° dengan *specific fuel consumption* 0,297 (kg/h) pada 7000 RPM atau mengalami penurunan konsumsi bahan bakar spesifik 0,0413 (kg/HP.h) 11,9% dari *specific fuel consumption* *ignition timing* standar 0,0469 (kg/HP.h) pada 7000 RPM.



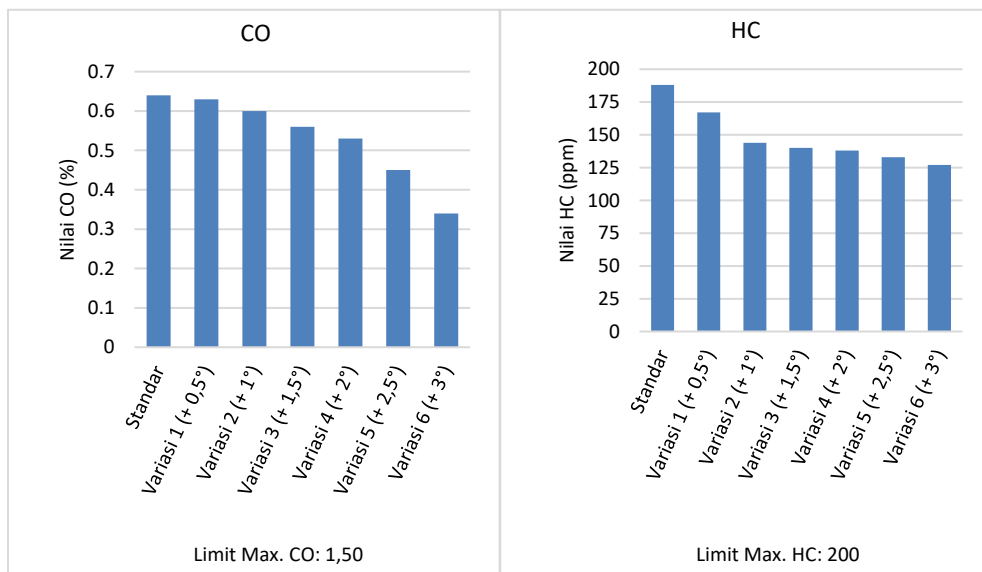
Gambar 7. Grafik efisiensi termal

Grafik efisiensi *termal* pada Gambar 7, menunjukkan bahwa *ignition timing* yang menghasilkan efisiensi *termal* terbaik adalah variasi 6 dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° dengan efisiensi *termal* 1,471% pada 7000 RPM atau mengalami kenaikan 13,8% dari efisiensi *termal* *ignition timing* standar 1,293% pada 7000 RPM.

Grafik efisiensi termal setelah melewati 7000 RPM, efisiensi *termal* menurun karena pada kecepatan tinggi, efisiensi konversi energi dari pembakaran bahan bakar menjadi tenaga mekanik menurun. Mesin mungkin tidak dapat mengubah energi pembakaran menjadi tenaga mekanik seefisien pada kecepatan lebih rendah, menyebabkan penurunan efisiensi termal secara keseluruhan.

Tabel 6 Data Hasil Pengujian Emisi Gas Buang (*Idle Test*)

Variasi <i>re-mapping</i> ECU	CO (%)	HC (PPM)
	Max. 1,5%	Max. 200 PPM
Standar	0.64	188
Variasi 1 (+ 0.5°)	0.63	167
Variasi 2 (+ 1°)	0.60	144
Variasi 3 (+ 1.5°)	0.56	140
Variasi 4 (+ 2°)	0.53	138
Variasi 5 (+ 2.5°)	0.45	133
Variasi 6 (+ 3°)	0.34	127



Gambar 8 Grafik CO dan HC

Grafik CO dan HC mesin pada Gambar 8, menunjukkan bahwa *ignition timing* yang menghasilkan emisi gas buang terbaik adalah variasi 6 dengan emisi gas buang terbaik adalah memajukan emisi gas buang sebesar 3° menghasilkan CO 0,34% dan HC 127 PPM pada 1600 RPM, dimana *ignition timing* standar menghasilkan CO 0,64% dan HC 188 PPM pada 1600 RPM.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian analisa *re-mapping* ECU terhadap performa dan emisi gas buang pada motor injeksi Scoopy 110 diperoleh suatu kesimpulan bahwa:

1. Mengubah variasi waktu pengapian (*ignition timing*) meningkatkan performa mesin berupa daya dan torsi dan mengurangi konsumsi bahan bakar serta emisi gas buang.
2. Data pengujian diperoleh dari 6 variasi *ignition timing*, didapatkan bahwa memajukan *ignition timing* sebesar 1° pada putaran 1500 – 9500 RPM merupakan *ignition timing* terbaik dengan torsi dan daya mesin tertinggi.
3. Torsi dan daya terbaik sepeda motor Scoopy setelah *dire-mapping* yaitu dengan memajukan sudut *ignition timing* sebesar 1° pada putaran 1500 – 9500 RPM, dengan hasil daya puncak 7,4 HP pada 7000 RPM meningkat 0,4 HP (5,7%), torsi puncak 10,45 N.m pada 4500 RPM meningkat 0,77 N.m (8%). Dimana sepeda motor Scoopy 110 dengan ECU standar memiliki daya puncak 7,0 HP pada 7000 RPM, torsi puncak 9,68 N.m pada 4500 RPM.
4. *Fuel consumption* terbaik dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° pada putaran 1500 – 9500 RPM, dengan hasil 0,297 (kg/h) pada 7000 RPM. *Spesific fuel consumption* terbaik dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° pada putaran 1500 – 9500 RPM, dengan hasil 0,0413 (kg/HP.h) pada 7000 RPM.
5. Efisiensi *thermal* terbaik dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° pada putaran 1500 – 9500 RPM 1,471% pada 7000 RPM.
6. Emisi gas buang terbaik setelah *dire-mapping* yaitu dengan memajukan *ignition timing* sebesar 3° pada putaran 1500 – 9500 RPM, dengan hasil CO 0,34% dan HC 127 PPM pada 1600 RPM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. M. Al Fikri, "Analisa Sistem Kerja Electrical Fuel Injection (EFI) pada Motor Honda CBR 150," *Majamecha*, vol. 1, no. 1, pp. 36–47, 2019, doi: <https://doi.org/10.36815/majamecha.v1i1.366>.
- [2] M. A. Afwan and W. D. Rahardjo, "Pengaruh penggunaan ECU Standar dan ECU Juken dengan variasi injektor terhadap torsi dan daya sepeda motor Yamaha V-ixion," *Automotive Science Education Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 25-30, 2020.
- [3] R. Sukarno, D. R. B. Syaka, and A. R. Asier, "Pengaruh Perubahan Ignition Timing Terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor Automatic 115CC," *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 1, pp. 45-50, 2017.
- [4] F. Fatra, S. Mahendra, and I. Setiawan, "Analisis re-mapping ECU terhadap performa mesin sepeda motor injeksi 4 tak 150cc," *Jurnal Taman Vokasi*, vol. 11, no. 1, pp. 41-49, 2023, doi: <https://doi.org/10.30738/jtvok.v11i1.14499>.
- [5] J. Winarno, "Studi emisi gas buang kendaraan bermesin bensin pada berbagai merk kendaraan dan tahun pembuatan," *Jurnal Teknik*, vol. 4, no. 1, 2014.
- [6] Kementerian Negara Lingkungan Hidup. (2006). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 05 Tahun 2006 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*.
- [7] M. Setiyo and L. Utoro, "Re-mapping Engine Control Unit (ECU) Untuk Meningkatkan Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor," *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 62-68, 2017.
- [8] A. Rais and M. A. Batutah, "Analisa Performa Bahan Bakar PERTALITE Dan PERTAMAX Pada Mesin Honda Beat," *Indonesian Journal of Energy and Mineral*, vol. 1, no. 2, pp. 38-47, 2022.

- [9] D. Wahyu, "Uji Kinerja mesin fiat 4-tak dengan Kapasitas 1.100 cc menggunakan automotive engine test bed T101D," *Jurnal Tekni Mesin ITP*, vol. 9, no. 2, pp. 2-11, 2019.
- [10] S. A. Yudistirani, K. H. Mahmud, F. A. Ummay, and A. I. Ramadhan, "Analisa Performa Mesin Motor 4 Langkah 110Cc Dengan Menggunakan Campuran Bioetanol-Pertamax," *Jurnal teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 85-90, 2019, doi: <https://doi.org/10.24853/jurtek.11.1.85-90>.