

**PENGARUH TEMPERATUR UDARA TERHADAP PRESTASI MESIN
BENSIN 4-LANGKAH PADA MOTOR 4-TAK 1 SILINDER DENGAN
METODE *CHASSIS DYNAMOMETER***

(Skripsi)

Oleh

ANAS REZA PALAKA

1715021023



**TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

**PENGARUH TEMPERATUR UDARA TERHADAP PRESTASI MESIN
BENSIN 4-LANGKAH PADA MOTOR 4-TAK 1 SILINDER DENGAN
METODE CHASSIS DYNAMOMETER**

Oleh:

**ANAS REZA PALAKA
1715021023**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar
SARJANA TEKNIK

Pada
Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Lampung



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

PENGARUH TEMPERATUR UDARA TERHADAP PRESTASI MESIN BENSIN 4-LANGKAH PADA MOTOR 4-TAK 1 SILINDER DENGAN METODE CHASSIS DYNAMOMETER

Oleh

Anas Reza Palaka

Temperatur pada saat proses pembakaran di ruang bakar mempengaruhi performa dan emisi motor bakar. Berdasarkan penelitian dan literatur sebelumnya, Nazmi, dkk. (2021) meneliti bahwa performa dan emisi mesin diesel berjalan lebih baik pada saat temperatur ruang bakar yang rendah dari rentang 60⁰C sampai dengan 75⁰C. Berdasarkan penelitian sebelumnya, dilakukan penelitian lanjutan untuk membahas pengaruh temperatur yang masuk ke dalam *intake manifold* terhadap prestasi mesin dan emisi mesin bensin 4-langkah. Parameter yang digunakan pada penelitian ini diantara lain adalah temperatur yang divariasikan menggunakan *hair dryer* yang ditiupkan menuju *intake manifold*. Variasi putaran pada penelitian ini 4500 RPM, 6000 RPM, dan 7500 RPM. Pengujian menggunakan alat *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898* sebagai alat ukur emisi gas buang dan *Dynozet Software* sebagai alat ukur performa motor bakar. Berdasarkan pengujian, temperatur 35⁰C menghasilkan nilai terbaik dimana pada putaran mesin 7500 RPM menghasilkan daya terbaik dengan peningkatan dari nilai putaran sebelumnya sebesar 16%. Pada variasi temperatur yang sama, torsi terbaik didapat pada putaran mesin 6000 RPM dimana peningkatan nilai dari pengujian sebelumnya sebesar 17%. Variasi temperatur 35⁰C juga dapat menekan emisi gas buang pada motor bakar diesel 4 langkah. Variasi temperatur 35⁰C mendapat nilai terbaik karena temperatur udara masuk yang optimal, tidak mempengaruhi performa mesin secara signifikan sehingga performa mesin stabil. Variasi 35⁰C menghasilkan nilai terbaik karena temperatur yang tidak terlalu tinggi dapat mengikat emisi gas buang saat proses pembakaran dan menekan emisi yang keluar.

Kata kunci: *Torsi, daya, Emisi, Temperatur, Putaran Mesin.*

ABSTRACT

THE EFFECT OF AIR TEMPERATURE ON THE PERFORMANCE OF A 4-STROKE GASOLINE ENGINE IN A 4-STROKE 1-CYLINDER MOTOR WITH THE CHASSIS DYNAMOMETER METHOD

By

Anas Reza Palaka

The temperature during the combustion process in the combustion chamber affects the performance and emissions of the combustion motor. Based on previous research and literature, Nazmi, et al. (2021) researched that diesel engine performance and emissions run better when the combustion chamber temperature is low from the range of 60⁰C to 75⁰C. Based on previous research, further research was conducted to discuss the influence of temperature entering the intake manifold on engine performance and emissions of 4-stroke gasoline engines. The parameters used in this study include the temperature that is varied using a hair dryer that is blown towards the intake manifold. The variation of rotation in this study was 4500 RPM, 6000 RPM, and 7500 RPM. The test uses the Stargas 898 Exhaust Gas Analyzer as an exhaust gas emission measurement tool and Dynozet Software as a combustion motor performance measurement tool. Based on the test, the temperature of 35⁰C produces the best value where at 7500 RPM engine rotation produces the best power with an increase from the previous rev value of 16%. At the same temperature variation, the best torque is obtained at 6000 RPM engine rotation which is an increase in the value from the previous test by 17%. The temperature variation of 35⁰C can also reduce exhaust emissions in 4-stroke diesel fuel motors. The 35⁰C temperature variation gets the best value because the optimal intake air temperature does not significantly affect the engine performance so that the engine performance is stable. The 35⁰C variation produces the best value because the temperature is not too high and can bind the exhaust gas emissions during the combustion process and reduce the emissions that come out.

Keywords: Temperature, engine revolution speed, torque, power, emissions.

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi

**: PENGARUH TEMPERATUR UDARA
TERHADAP PRESTASI MESIN BENSIN
4-LANGKAH PADA MOTOR 4-TAK 1
SILINDER DENGAN METODE CHASSIS
DYNAMOMETER**

Nama Mahasiswa

: Anas Reza Palaka

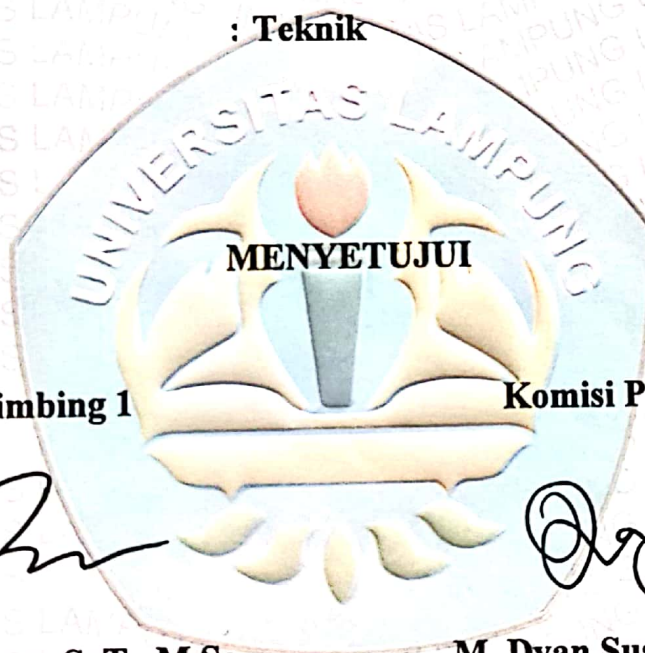
Nomor Pokok Mahasiswa : 1715021023

Program Studi

: Teknik Mesin

Fakultas

: Teknik



Komisi Pembimbing 1

Komisi Pembimbing 2

Dr. Ir. Martinus, S. T., M.Sc.

NIP. 197908212003121003

M. Dyan Susila ES, S. T., M. Eng

NIP 198010012008121001

Ketua Jurusan

Teknik Mesin

Ketua Program Studi S1

Teknik Mesin

Dr. Gusri Akhyar Ibrahim , S.T., M.T.
NIP 197108171998021003

Dr. Ir. Martinus, S. T., M.Sc.
NIP 197908212003121003

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Martinus, S. T., M.Sc.**

Sekretaris : **M. Dyan Susila ES, S. T., M. Eng**

Penguji : **Ir. Herry Wardono., S.T., M.Sc., IPM.,
ASEAN Eng.**

2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. }
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Juni 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENGARUH TEMPERATUR UDARA TERHADAP PRESTASI MESIN BENSIN 4-LANGKAH PADA MOTOR 4-TAK 1 SILINDER DENGAN METODE CHASSIS DYNAMOMETER”** merupakan hasil dari karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Juni 2024

Yang membuat pernyataan,



Anas Reza Palaka

1715021023

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Metro, pada tanggal 18 Desember 1999, anak dari pasangan Bapak Ir. Banu Palaka, M.M, M.T dan Ibu Ibu Wuri Hastuti S.H.

Pendidikan Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SD Kartika II-5 pada tahun 2011, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP N 2 Bandar Lampung pada tahun 2014, Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA N 9 Bandar Lampung pada tahun 2017.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri) pada tahun 2017. Selama menjadi mahasiswa penulis tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin (HIMATEM) sebagai anggota Divisi Kaderisasi pada periode 2018. Pada tahun 2022, penulis melakukan Kerja Praktik (KP) di PT. Wijaya Karya Beton (PPWB)..

PERSEMBAHAN



Saya ucapkan puji syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala rahmat dan hidayah-Nya serta shalawatku kepada Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wa sallam yang telah menjadi pedoman hidupku. Saya persembahkan karya ini dengan penuh rasa hormat, cinta dan kasih sayang.

*Kepada:
Ayahanda dan Ibunda tercinta*

*Bapak Ir. Banu Palaka, M.M, M.T dan
Ibu Wuri Hastuti S.H*

*sebagai wujud bakti, cinta, kasih sayang dan terimakasih
atas segala yang telah diberikan.*

*Dosen Pembimbing, lembaga yang telah mendidik,
mendewasakan, dan mencerdaskanku, dalam berpikir dan
bertindak.*

*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Lampung*

Motto

"Tidak ada kata terlambat untuk menyelesaikan semua yang sudah dimulai"

"Setiap rintangan adalah kesempatan untuk belajar dan menjadi lebih kuat, pasti terjatuh dan harus bangkit kembali"

(Anas Reza Palaka)

"Dan Kami perintahkan kepada manusia (berbuat baik) kepada dua orang ibu-bapak; ibunya telah mengandungnya dalam keadaan lemah yang bertambah-tambah, dan menyapihnya dalam dua tahun, bersyukurlah kepadaku dan kepada dua orang ibu bapakmu, hanya kepada-Kulah kembalimu."

(QS Luqman: 14)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Kelembapan Udara Terhadap Prestasi Mesin Bensin-4 Langkah Pada Motor 4-Tak 1 Silinder Dengan Metode Chassis Dynamometer” yang merupakan salah satu syarat untuk dapat memperoleh gelar Sarjana Teknik di Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapat masukan, bantuan, dorongan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Maka, dengan segala kerendahan penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Ir. Martinus, S. T., M.Sc., selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung dan selaku dosen Pembimbing Utama skripsi yang telah memberikan banyak arahan dan motivasi dalam perkuliahan dan penyusunan laporan skripsi.
5. Bapak M. Dyan Susila ES, S. T., M. Eng, selaku dosen pembimbing pendamping yang telah memberikan banyak arahan dan motivasi dalam perkuliahan dan penyusunan laporan skripsi.
6. Bapak Ir. Herry Wardono., S.T., M.Sc., IPM., ASEAN Eng., selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, arahan, masukan, motivasi dalam penyusunan laporan skripsi.

7. Bapak Dr. Harmen, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu, bimbingan, bantuan, arahan, masukan, motivasi dalam penyusunan laporan skripsi.
8. Bapak Dr. Amrul, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah sabar untuk membimbing mahasiswa nya dan memberikan motivasi dalam perkuliahan.
9. Kepada Prof. Irza Sukmana S.T., M.T., Ph.D. atas bantuan, doa dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Seluruh Dosen dan Karyawan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Lampung atas segala ilmu yang diberikan baik dalam perkuliahan dan yang lainnya, dukungan, dan bantuan kepada penulis selama ini.
11. Kepada Papa Banu Palaka, Mama Wuri Hastuti selaku Orang Tua yang selalu ada dalam susah senangku, keluh kesahku, yang tiada henti-hentinya memberikan doa, dukungan, semangat dan nasihat selama menempuh perkuliahan ini.
12. Teknik Mesin Angkatan 2017 Universitas Lampung selaku teman yang memberikan semangat, bantuan dan motivasi serta canda tawa selama masa kuliah ini.
13. Teman teman seperjuanganku Fachri Muhammad, Miftahudin Maulana Ramadhan, Denny Saputra, Ganang Setya, Dandi Yogo Suyoto, Muhammad Toby Algazali, Mudrick Farhan, atas bantuan, doa dan motivasi serta kebersamaannya selama ini.
14. Teman-teman DAJA, PT.SAMARATA SINERGI atas bantuan, doa dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
15. Untuk kalian teman teman ku yang sudah pernah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini Andrian Hasbi dan Daud Yos Aruan terima kasih atas arahan, ilmu, bantuan, dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.
16. Teman-teman 88 Karting, atas bantuan, doa dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
17. Dilla Nandya Oksitania atas bantuan, doa dan motivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

18. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan kerja praktek dan penulisan ini masih banyak terdapat kekurangan yang harus dilengkapi. maka, berbagai kritik, saran dan tanggapan dari pembaca penulis harapkan untuk kesempurnaan laporan ini. Terakhir penulis mohon maaf jika terdapat kesalahan dalam penulisan laporan ini.

Bandar Lampung, 20 Juni 2024

Anas Reza Palaka

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	4
1.3. Batasan Masalah.....	5
1.4. Sistematika Penulisan.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Motor Bakar.....	6
2.2. Mesin Bensin (Otto)	8
2.3. Motor Diesel.....	13
2.4. Proses Pembakaran.....	14
2.5. Parameter Prestasi Mesin	15
2.6. Pengkondisian Udara.....	16
2.7. Pengaruh Temperatur Pada Bahan Bakar.....	20
2.8. <i>Dynotest</i>	20
III. METODE PENELITIAN.....	22
3.1. Alat Penelitian	22
3.2. Persiapan Pengujian.....	25
3.3. Prosedur Pengujian.....	25
3.4. Tabel Pengujian.....	28
3.5. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	29
3.6. Diagram Alir Penelitian Pengujian Prestasi Mesin	30
DAFTAR PUSTAKA	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Motor bakar pembakaran luar	7
Gambar 2. 2 Mesin pembakaran dalam.....	8
Gambar 2. 3 Diagram P-V siklus otto	9
Gambar 2. 4 Motor bensin 2-langkah	10
Gambar 2. 5 Motor bensin 4-langkah	11
Gambar 2.6. Heating Coils	17
Gambar 2.7. Proses Pendinginan.	17
Gambar 2.8. Pemanasan dengan Humidifikasi.	18
Gambar 2.9. Bagan Skema dan Diagram Psychometric Pendinginan	19
 Gambar 3.1. Dynamometer	 22
Gambar 3.2. Dynozet Software	23
Gambar 3.3. Heater Pengering Rambut.	23
Gambar 3.4. Termometer Digital.	24
Gambar 3.5 Exhaust Gas Analyzer Stargas 898	24
Gambar 3.6. Skema selang modifikasi untuk pengujian.....	25
Gambar 3.7. Diagram alir penelitian.....	30
 Gambar 4. 1 Pengaruh temperatur udara masuk terhadap torsi motor.....	 33
Gambar 4. 2 Pengaruh temperatur udara masuk terhadap daya motor	34
Gambar 4. 3 Pengaruh temperatur udara masuk terhadap kadar emisi CO dan CO ₂	35
Gambar 4. 4 Pengaruh temperatur udara masuk terhadap kadar emisi HC	36

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Tabel Pengujian prestasi mesin dengan menggunakan Dynotest.	28
Tabel 3. 2 Emisi gas buang	28
Tabel 4. 1 Data hasil uji prestasi mesin.....	31
Tabel 4. 2 Data hasil uji emisi gas buang.....	32

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan kendaraan bermotor pada saat ini baik kendaraan roda dua roda empat, ataupun selebihnya sudah menjadi kebutuhan sekunder sehari-hari sebagai penunjang kemudahan dan kualitas hidup kebanyakan individu maupun kelompok. Penggunaan sehari-hari baik kendaraan pribadi ataupun industri harus di tunjang dengan performa yang baik, terutama penduduk Indonesia golongan menengah kebawah menggunakan kendaraan sepeda motor sebagai kebutuhan primer. Karena faktor harga dan kemudahan mendapatkannya dengan berbagai cara baik secara tunai maupun kredit.

Pada dasarnya motor bensin atau biasa disebut *Otto* adalah salah satu jenis mesin yang cara kerjanya menggunakan energi panas di mana energi panas di hasilkan dari reaksi pembakaran bahan bakar dan udara di dalam ruang silinder, hasil pembakaran tersebutlah yang kemudian dapat menimbulkan gerak. Motor bensin empat langkah merupakan salah satu dalam jenis motor pembakaran dalam atau *Internal Combustion Engine*. Pada motor bensin, bahan bakar bensin dibakar untuk memperoleh panas, kemudian panas ini mengubah energi gerak oleh suatu mekanisme tertentu yang dapat menggerakkan kendaraan. Pada motor bensin empat langkah, torak bergerak bolak balik di dalam silinder. Motor bensin empat langkah melakukan 4 gerakan atau langkah torak dalam satu siklus kerja. Langkah kerja dalam satu siklus kerja tersebut terdiri dari langkah hisap, langkah

kompresi, langkah usaha, dan langkah buang. Proses pembakaran dapat terjadi dikarenakan adanya campuran bahan bakar dengan udara di dalam ruang bakar yang kemudian dipercikkan oleh api yang dihasilkan dari busi sebelum torak mencapai titik mati atas.

Pada proses pembakaran, suhu udara yang masuk juga dapat mempengaruhi terjadinya proses pembakaran, karena semakin tinggi suhu yang masuk maka semakin mudah untuk menyalakan percikkan api dan juga bahan bakar yang ada, sehingga suhu sangat mempengaruhi terhadap proses pembakaran. Suhu udara yang masuk ke dalam ruang bakar juga dapat mempengaruhi kinerja mesin serta pemakaian bahan bakar yang digunakan pada mesin sesuai dengan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Pada penelitian yang akan dilakukan yaitu pengaruh suhu udara yang masuk dengan cara mengkondisikan suhu udara yang masuk ke dalam ruang bakar. Untuk memasukkan udara dingin akan diturunkan suhu udara dengan menggunakan kipas pendingin *peltier*; sedangkan untuk memasukkan udara panas akan dinaikkan suhu dengan menggunakan *heater* yang diambil dari alat pengering rambut.

Pan, dkk.(2015) melakukan studi eksperimen tentang dampak suhu udara masuk pada kinerja dan emisi gas buang dari mesin bahan bakar ganda metanol diesel dengan hasil eksperimen menunjukkan bahwa ada hubungan yang kuat antara suhu udara masuk dan fraksi methanol terhadap kinerja dan emisi mesin. Pada mode operasi bahan bakar ganda, penurunan suhu udara masuk mengurangi efisiensi termal yang ditunjukkan dan suhu gas buang dan trennya lebih jelas ketika fraksi energi metanol meningkat. Penurunan suhu udara masuk juga memperpanjang penundaan pengapian, yang menyebabkan fase pembakaran yang lebih lambat dan tekanan silinder puncak yang lebih kecil. Dengan induksi metanol, NO_x , NO dan emisi asap menurun tajam, sedangkan NO_2 , CO, total hidrokarbon (THC), formaldehida dan emisi metanol meningkat. Namun, peningkatan suhu udara masuk akan menghambat emisi NO_2 , THC, CO, formaldehida dan methanol dan meningkatkan emisi NO, NO_x dan jelaga (Pan, dkk., 2015).

Parthasarathy, dkk. (2020) melakukan sebuah penelitian tentang analisis performa pada mesin HCCI bertenaga *tamanu methyl ester* dengan berbagai rasio resirkulasi suhu udara masuk dan gas buang. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan mesin CI konvensional dan mode operasi HCCI berbahan bakar *tamanu methyl ester* (TME). Mesin HCCI dijalankan pada berbagai temperatur udara masuk (IAT) (80°C, 90°C, dan 100°C) karena *tamanu methyl ester* tidak dapat diuapkan pada suhu kamar. Hasil menunjukkan bahwa mesin CI yang dioperasikan TME memperhatikan efisiensi termal rem (BTE) dan penghematan bahan bakar yang lebih tinggi serta emisi karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon yang tidak terbakar (UBHC) yang lebih rendah daripada mesin HCCI. Mesin HCCI dengan peningkatan IAT menunjukkan emisi NO_x dan asap yang lebih rendah dari pada mesin konvensional. Dari hasil tersebut didapatkan IAT optimum sebesar 90°C, sehingga dilakukan percobaan lebih lanjut dengan menggunakan IAT 90°C pada berbagai resirkulasi gas buang (Parthasarathy, dkk., 2020)

Nazmi, dkk., (2021) juga melakukan penelitian yang serupa tentang pengaruh suhu udara masuk terhadap prestasi mesin mobil penumpang. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa perbedaan suhu udara yang masuk mempengaruhi konsumsi bahan bakar dan prestasi mesin kendaraan. Pengujiannya dilakukan dengan dua jenis percobaan dengan memasukkan suhu udara yang berbeda yaitu 35°C, 40°C, 45°C, 50°C, 55°C, 60°C, 65°C dan 70°C untuk mengetahui pengaruh kenaikan suhu terhadap konsumsi bahan bakar dan prestasi mesin yang dihasilkan. Secara umum, konsumsi bahan bakar berkurang ketika suhu udara masuk meningkat baik pada kondisi *idle* maupun *running*.

Faktor tersebut dipengaruhi karena ketersediaan oksigen yang rendah di udara panas dibandingkan udara dingin sehingga diperlukan sedikit bahan bakar untuk pembakarannya. Hal ini mengakibatkan lebih rendahnya jumlah torsi dan tenaga yang dihasilkan mesin ketika suhu pemasukan

udara meningkat. Hasil keseluruhan menunjukkan bahwa kinerja mesin lebih baik pada temperatur pemasukan udara rendah dibandingkan suhu pemasukan udara tinggi.

Berdasarkan literatur diatas telah menjelaskan studi eksperimental dan numerik tentang pengaruh bahan bakar pada mesin diesel, perbedaan udara yang masuk ke dalam *intake manifold* terhadap emisi gas buang mesin diesel. Namun belum ada penelitian tentang analisis pengaruh temperatur udara terhadap prestasi mesin motor bensin 4-langkah pada metode *chassis dynamometer*. Oleh karena itu, pada penelitian ini secara eksperimen akan melakukan pengujian pengaruh temperatur udara masuk terhadap prestasi mesin dengan menggunakan *dynamometer* pada motor bensin 4-langkah.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun yang menjadi tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur udara terhadap prestasi mesin dan emisi gas buang dengan metode chasiss dynamometer berdasarkan:

1. Mengetahui pengaruh suhu yang masuk pada *intake manifold* terhadap prestasi mesin bensin 4-langkah
2. Mengetahui pengaruh suhu udara pada konsumsi bahan bakar spesifikasi motor bensin 4-langkah.
3. Mengetahui pengaruh suhu udara pada metode *chassis dynamometer*
4. Pengaruh terhadap emisi gas buang

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Mesin yang digunakan pada penelitian ini adalah motor bensin 4-langkah dengan metode chassis dynamometer
2. Pengkondisian kelembapan udara.
3. Prestasi mesin setelah dilakukan pengkondisian udara.
4. Suhu panas digunakan *heating coil* untuk menaikkan suhu.

1.4. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian ini adalah sebagai berikut:

I. PENDAHULUAN

Berisi uraian latar belakang, tujuan, batasan masalah dalam penulisan laporan penelitian serta sistematika yang digunakan penulis dalam menyusun laporan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam tinjauan penelitian ini berisikan teori-teori dasar mengenai hal-hal yang berkaitan dengan penelitian ini.

III. METODE PENELITIAN

Dalam metode penelitian ini berisikan alat dan bahan penelitian, persiapan penelitian, prosedur pengujian, waktu dan lokasi penelitian serta diagram alir dari penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Berisi sumber dan referensi yang digunakan oleh penulis dalam menyusun laporan penelitian ini.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Motor Bakar

Motor bakar merupakan jenis mesin kalor yang merubah energi kimia atau bahan bakar menjadi energi termal yang selanjutnya menjadi tenaga mekanis. Energi kimia atau bahan bakar tersebut dirubah terlebih dahulu menjadi tenaga termal melalui proses pembakaran. Terjadinya energi termal karena adanya proses pembakaran bahan bakar dengan udara dalam sistem pengapian. Dengan adanya suatu konstruksi mesin akan memungkinkan terjadinya siklus kerja mesin untuk usaha dan tenaga dorong dari hasil ledakan pembakaran diubah oleh konstruksi mesin menjadi energi mekanik atau tenaga penggerak yang menghasilkan langkah usaha (Wardono, dkk., 2020).

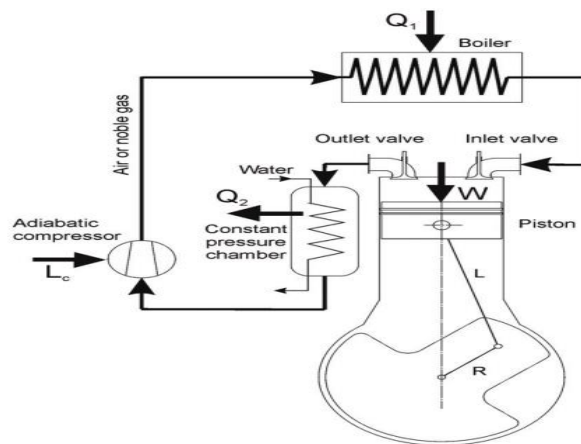
Motor bakar torak terbagi menjadi dua jenis utama ialah motor bensin dan motor diesel. Perbedaan yang utama dari kedua jenis motor bakar torak tersebut ialah pada sistem penyalanya. Pada motor bensin, bahan bakar dinyalakan dengan loncatan bunga api listrik. Proses pembakaran yang terjadi pada motor bensin sedikit berbeda dengan pada motor diesel. Karena penyalanya terjadi dengan cara diberikannya percik api kepada campuran bahan bakar dan udara yang bertekanan dan suhu tinggi, proses pembakaran terjadi sangat cepat. Sebaliknya, pada mesin diesel, proses penyalan bahan bakar terjadi dengan menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang silinder yang berisi udara panas dengan suhu melebihi titik nyala bahan bakar. Jadi saat bahan bakar diinjeksikan, bahan bakar bercampur dengan udara panas dan penyalan terjadi seketika. Namun, pembakaran semua bahan bakar tidak

bisa seketika karena proses injeksi bahan bakar membutuhkan waktu yang relatif lama. Selama injeksi bahan bakar, piston menjauh dari titik mati atas (TMA) (Tasliman & Soekarno, 2010).

Berdasarkan sistem pembakaran dapat klasifikasikan menjadi 2 sistem yaitu sebagai berikut:

1. Motor bakar pembakaran luar (*External Combustion Engine*)

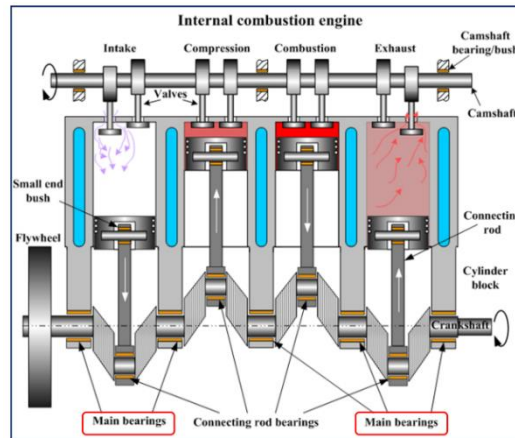
Motor bakar pembakaran luar merupakan jenis motor bakar yang dimana proses pembakaran terjadi di luar dari konstruksi mesin, sehingga untuk terjadinya proses pembakaran diperlukan adanya mesin yang berbeda. Contohnya adalah pada proses pembakaran yang terjadi pada ketel uap, turbin gas dll. Motor pembakaran luar dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Motor bakar pembakaran luar (Mitianiec,2013)

2. Motor bakar pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*)

Motor bakar pembakaran dalam merupakan jenis motor bakar yang proses pembakarannya dilakukan di dalam motor itu sendiri tepatnya terjadi pada ruang bakar. Contohnya motor diesel dan motor bensin. Motor pembakaran dalam dapat dilihat pada gambar 2.2.



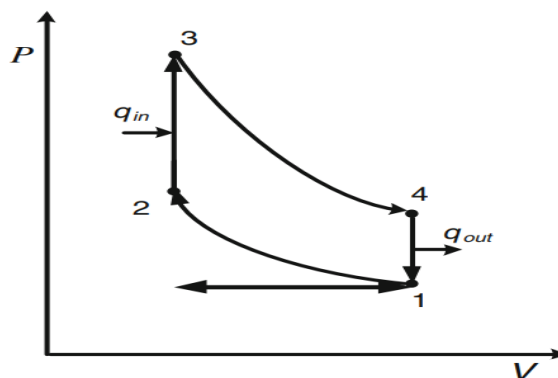
Gambar 2. 2 Mesin pembakaran dalam
(Reddy, dkk., 2017)

2.2. Mesin Bensin (Otto)

Motor bensin atau mesin otto adalah sebuah tipe mesin pembakaran dengan jenis pembakaran dalam dimana dalam pembakarannya selalu menggunakan busi sebagai pemercik bunga api awal dan juga dirancang untuk menggunakan bahan bakar berjenis bensin atau yang sejenisnya. Motor bensin sering disebut sebagai *spark ignition engine* yang berarti bahwa untuk mengawali pembakaran di ruang silinder maka dibutuhkan percikan bunga api sebagai panas awal. Bunga api dipercikan ke dalam ruang bakar ketika piston beberapa derajat sebelum mencapai titik mati atas (TMA) sehingga energi kalor mengalami kenaikan. Dalam ruang bakar energi diubah menjadi energi mekanik yang akan digunakan untuk menggerakkan poros engkol. Unjuk kerja dari motor bensin dapat dipengaruhi oleh beberapa hal seperti besarnya perbandingan kompresi dan tingkat homogenitas campuran bahan bakar dengan udara yang ada. Bilangan oktana atau angka oktan dari bahan bakar bensin dan tekanan udara masuk ruang bakar juga mempengaruhi unjuk kerja dari motor bensin.

Semakin besar perbandingan bahan bakar dengan udara yang digunakan maka mesin akan semakin efisien akan tetapi semakin besar perbandingan dari kompresi tentu akan menimbulkan *knocking* pada mesin yang menyebabkan bunyi berisik sehingga untuk memperbaiki kualitas dari campuran bahan bakar dengan udara maka alirannya harus dibuat turbulen agar tingkat homogenitas campuran akan lebih baik (Basyirun, dkk., 2008).

Motor bensin tentu berbeda dengan motor diesel. Perbedaan dari keduanya terdapat pada metode pencampuran antara bahan bakar dengan udara. Perbedaan yang signifikan dari motor diesel dan motor bensin adalah pada saat langkah hisap. Ketika langkah hisap terjadi pada motor diesel, hanya udara saja yang dihisap ke dalam ruang bakar untuk kemudian udara tersebut dikompresi hingga mencapai suhu dan tekanan yang cukup tinggi dan kemudian akan disemprotkan bahan bakar (solar) ke dalam ruang bakar ketika piston hampir akan mencapai TMA, sedangkan ketika langkah hisap pada motor bensin, udara dan bahan bakar telah dicampur sebelum masuk ke ruang bakar (Basyirun, dkk., 2008).



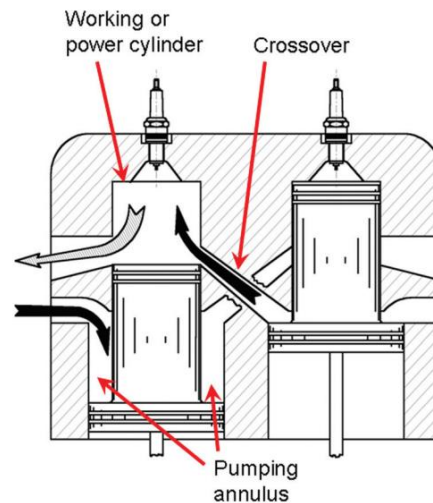
Gambar 2. 3 Diagram P-V siklus otto
(Demirel, 2012)

Adapun prinsip kerja dari motor bensin dibagi menjadi dua, yaitu :

1. Motor bensin 2-langkah

Proses motor bensin dua langkah adalah proses mesin pembakaran dalam

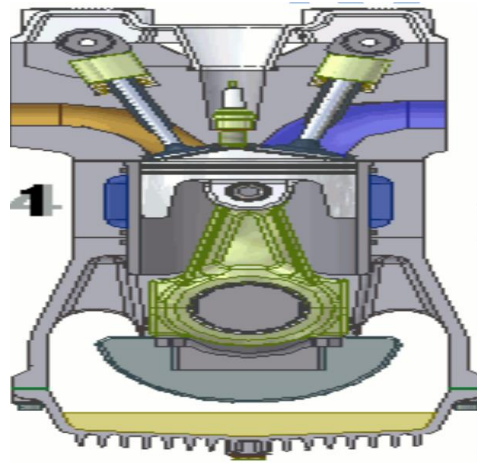
yang satu siklus pembakaran akan mengalami dua langkah piston, yang artinya dilaksanakan dalam satu kali putaran poros engkol, terlihat pada gambar 2.4.



Gambar 2. 4 Motor bensin 2-langkah
(Hooper, dkk., 2011)

2. Motor bensin 4-langkah

Motor bensin 4-langkah adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*), dimana dalam satu kali siklus pembakaran akan mengalami empat langkah piston yang beroperasi menggunakan udara bercampur dengan bensin sebagai bahan bakarnya untuk memperoleh tenaga. Pada motor bensin 4 langkah, torak bergerak bolak-balik didalam silinder. Titik terjauh (atas) yang dapat dicapai oleh piston (torak) tersebut dinamakan Titik Mati Atas (TMA), sedangkan titik terdekat disebut (bawah) Titik Mati Bawah (TMB)



Gambar 2. 5 Motor bensin 4-langkah
(Subham, dkk., 2016)

Adapun langkah-langkah mengenai proses-proses pada siklus udara volume konstan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut (Wardono, 2004):

1. Langkah hisap (0-1)

Langkah hisap merupakan langkah awal dimana torak akan bergerak dari titik mati atas (TMA) menuju ke titik mati bawah (TMB). Udara dan bahan bakar yang dihisap akan masuk melalui katup hisap, sehingga katup hisap dalam kondisi awal terbuka dan katup buang dalam kondisi tertutup. Tekanan dalam silinder turun akibat gerakan piston dan akan menyebabkan adanya perbedaan tekanan di luar silinder dengan tekanan di dalam silinder sehingga campuran bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder. Katup hisap akan tertutup secara otomatis pada akhir dari langkah hisap

2. Langkah kompresi (1-2)

Pada langkah kompresi, kondisi kedua katup (katup hisap dan katup buang) adalah tertutup. Pada langkah ini piston bergerak dari TMB menuju TMA sehingga udara dan bahan bakar yang dihisap pada langkah sebelumnya dikompresikan atau dimampatkan sehingga menjadi campuran yang sangat mudah terbakar bersamaan dengan bergeraknya piston menuju TMA sehingga temperatur dan tekanan meningkat.

3. Langkah pembakaran volume konstan (2-3)

Pada langkah pembakaran, kondisi kedua katup masih sama seperti pada saat langkah kompresi, yaitu kondisi kedua katup dalam keadaan tertutup. Pada saat piston beberapa derajat hampir mencapai TMA seperti yang dijelaskan pada langkah kompresi di atas, busi akan memercikan bunga api awal sehingga bahan bakar dan udara terbakar yang mengakibatkan terjadinya kenaikan temperatur dan juga tekanan yang drastis

4. Langkah usaha atau ekspansi (3-4)

Pada langkah usaha, kedua katup (katup hisap dan katup buang) masih dalam kondisi tertutup. Akibat dari terbakarnya campuran udara dan bahan bakar pada langkah pembakaran, piston akan bergerak dari titik TMA menuju titik TMB akibat adanya gaya dorongan dari hasil ledakan pembakaran antara udara dan bahan bakar dengan menggunakan api awal yang dipercikan oleh busi. Volume gas pembakaran di dalam silinder akan semakin bertambah sehingga temperatur dan tekanannya menurun seiring dengan bergerak piston menuju TMB.

5. Langkah buang volume konstan (4-1)

Ketika piston telah mencapai TMB pada langkah buang volume konstan, kondisi katup hisap tertutup sedangkan katup buang mulai terbuka sehingga gas-gas sisa hasil pembakaran yang terjadi pada volume konstan akan terbangun dan mengalir melalui katup buang

6. Langkah buang tekanan konstan (1-0)

Pada langkah buang tekanan konstan ini kondisi katup sama seperti sebelumnya yaitu katup hisap tertutup dan katup buang terbuka. Kemudian piston bergerak dari TMB menuju TMA dengan turut mendorong gas sisa pembakaran keluar hingga ruang bakar bersih dari gas sisa pembakaran yang ada

2.3. Motor Diesel

Motor diesel merupakan jenis khusus dari mesin pembakaran dalam atau yang biasa disebut sebagai *Internal Combustion Engine*. Motor pembakaran dalam merupakan motor pembakaran dimana proses kerjanya dilakukan di dalam mesin dan sebaliknya kalau motor pembakaran luar adalah motor pembakaran dimana proses kerjanya dilakukan diluar mesin seperti motor diesel, kereta bertenaga uap. Prinsip kerja dari motor diesel tentu berbeda dengan motor bensin seperti dalam penyalaan bahan bakar motor diesel (solar) menggunakan suhu kompresi udara pada ruang bakar sedangkan pada motor bensin pembakaran dilakukan menggunakan percikan api (bunga api) dari busi yang digunakan sebagai pemercik api awal pada proses pembakaran bahan bakar pada motor bensin. Dalam mesin diesel bahan bakar (solar) diinjeksikan ke dalam silinder yang sudah terisi oleh udara dengan tekanan yang cukup tinggi. Selama langkah kompresi pada motor diesel berlangsung maka suhu udara akan meningkat sehingga saat bahan bakar dalam bentuk halus akan menyala ketika bersinggungan dengan udara panas tanpa membutuhkan alat penyala dari luar kembali. Oleh karena itu motor diesel juga sering disebut sebagai mesin penyalaan kompresi (Nazmi, dkk., 2021).

Perbedaan mencolok pada motor diesel dan motor bensin dan motor diesel adalah pada saat langkah hisap tepatnya. Pada motor diesel ketika langkah hisap hanya udara saja yang dihisap ke dalam ruang bakar untuk kemudian udara tersebut dikompresi hingga mencapai suhu dan tekanan yang cukup tinggi dan akan disemprotkan bahan bakar (solar) ke dalam ruang bakar ketika piston hampir akan mencapai TMA, sedangkan pada motor bensin pada langkah hisap ada campuran antara udara dan bahan bakar yang dihisap untuk kemudian akan masuk ke dalam ruang bakar (Wardono, 2004)

2.4. Proses Pembakaran

Reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen yang berlangsung cepat dengan panas yang cukup akan menaikkan temperatur dan tekanan gas pembakaran yang merupakan proses pembakaran. Pada proses pembakaran ada 2 elemen utama yaitu karbon dan oksigen. Jumlah oksigen di udara yaitu 20,9% dari udara, dan hampir 79% udara adalah nitrogen, kemudian sisanya yaitu elemen lainnya (Tans & Thoning, 2008)

Pembakaran secara umum dapat didefinisikan sebagai reaksi atau proses oksidasi antara komponen-komponen bahan bakar dan komponen udara (oksigen) atau oksidator yang membutuhkan panas awal pembakaran prosesnya berlangsung dengan sangat cepat untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar dari sebelumnya sehingga akan menaikkan suhu dan tekanan gas pembakaran

Reaksi cukup oksigen : $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 393,5 \text{ kJ}$

Reaksi kurang oksigen : $C + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO + 110,5 \text{ kJ}$

Berdasarkan reaksi di atas dijelaskan bahwa proses pembakaran merupakan proses oksidasi antara molekul oksigen dengan partikel bahan bakar, karbon dan hidrogen kemudian akan membentuk karbon dioksida dan uap air pada keadaan pembakaran sempurna. Karbon dioksida dan uap air terbentuk karena adanya panas kompresi dan percikan api dari busi yang mampu memutus ikatan oksigen ($O=O$) menjadi (O) dan (O). Selain itu juga mampu memutus ikatan antar partikel bahan bakar ($C-H$) dan ($C-C$) menjadi (C dan H) yang berdiri sendiri. Kemudian partikel (O) beroksidasi dengan partikel (C dan H) untuk membentuk air yaitu berupa uap air dan karbon dioksida. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran udara dan bahan bakar tidak pernah terwujud apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu (Wardono, 2004).

2.5. Parameter Prestasi Mesin

Parameter operasi dari suatu mesin sangat erat hubungannya dengan prestasi mesin. Besar kecilnya harga dari masing-masing parameter operasi dari mesin akan mempengaruhi tinggi rendahnya prestasi mesin yang dihasilkan. Parameter operasi pada mesin yang pada umumnya dipergunakan dalam menganalisis suatu prestasi mesin adalah daya engkol atau biasa disebut *break power*, laju pemakaian bahan bakar, laju pemakaian bahan bakar spesifik engkol, laju pemakaian udara, perbandingan udara-bahan bakar, tekanan efektif rata-rata engkol, efisiensi termal engkol, efisiensi volumetrik, hilang panas pada gas buang, dan koefisien udara lebih (Wardono, 2004).

Prestasi mesin biasanya dinyatakan dengan nilai dari efisiensi *thermal* (η_{th}) yang terjadi karena biasanya pada motor bakar 4 langkah selalu berhubungan dengan pemanfaatan energi kalor ataupun energi panas, dimana efisiensi *thermal* sendiri merupakan perbandingan energi (kerja atau daya) yang berguna dengan energi yang diberikan. Parameter dari prestasi mesin yang cukup berperan atau berpengaruh yaitu daya engkol sebagai hasil kerja yang dihasilkan dari motor bakar. Untuk mendapatkan daya engkol pada uji sepeda motor dapat dicari dengan menentukan nilai akselerasi terlebih dahulu. Untuk mengukur prestasi kendaraan motor bakar 4-langkah dalam aplikasinya dapat menggunakan persamaan berikut :

1. Daya Engkol, bP

Daya engkol dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$bP = \frac{2\pi N.T_{ap}}{60.000}, (kW).....(3)$$

$$T_{ap} = 1,001 TRD, (Nm).....(4)$$

2. Laju Pemakaian Udara, m_a

Laju pemakaian udara teoritis, $m_{a,th}$ pada tekanan 1,013 bar dan temperatur 20°C ditentukan melalui persamaan berikut :

$$m_{a, th} = 1,0135 M_{an} + 1,211, (Kg/jam).....(5)$$

Untuk kondisi tekanan dan temperatur ruang yang berbeda, kalikan $m_{a, th}$ tersebut dengan faktor koreks, f_c , berikut :

$$fc = 3564,22 \times 10^{-5} Pa (Ta + 114)/(Ta)^{2,5} \dots\dots\dots(6)$$

Maka laju pemakaian udara aktual, m_{act} :

$$m_{act} = fc \cdot m_{a, th}, (Kg/jam) \dots\dots\dots(7)$$

3. Laju Pemakaian Bahan Bakar, m_f

Laju pemakaian 8 ml bahan bakar, m_f dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$m_f = \frac{sgf \times 8 \times 10^{-3}}{t}, (Kg/jam) \dots\dots\dots(8)$$

4. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik Engkol, bsfc

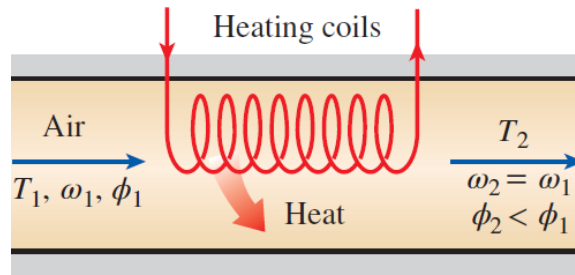
Bsfc dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$bsfc = \frac{m_f}{b_p}, (Kg/kWh) \dots\dots\dots(9)$$

2.6. Pengkondisian Udara

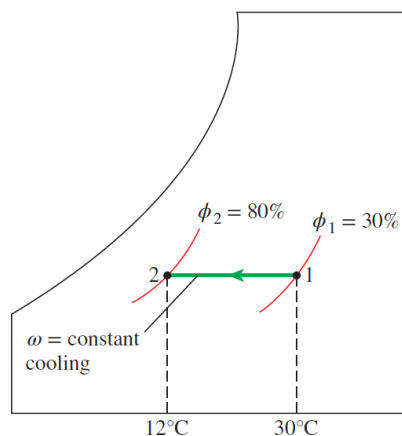
1. Pemanasan dan Pendinginan

Mensirkulasi udara melalui saluran yang mengandung tabung gas panas atau kabel hambatan listrik membuat udara dalam sistem ini menjadi panas. Karena tidak ada uap air yang ditambahkan atau dihilangkan dari udara selama proses ini, kelembaban spesifik udara (ω = konstan) tetap konstan selama proses pemanasan (atau pendinginan) tanpa melembabkan atau mengeringkan. Temperatur bola kering meningkat seiring dengan garis kelembaban konstan pada grafik *psychometric*, yang digambarkan sebagai garis horizontal pada Gambar 2. Perhatikan bahwa kelembaban relatif udara berkurang selama proses pemanasan, meskipun kelembaban spesifik tetap konstan. Ini karena kelembaban adalah rasio kadar air ke kapasitas kelembaban udara pada temperatur yang sama, dan kapasitas kelembaban meningkat dengan temperatur.



Gambar 2.6. *Heating Coils* (Cengel & Boles, 2008).

Proses pendinginan pada kelembaban spesifik konstan mirip dengan pemanasan proses yang dibahas di atas, kecuali temperatur bola kering menurun dan kelembaban relatif meningkat selama proses tersebut, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pendinginan dapat dicapai dengan melewati udara melalui beberapa kumparan dimana refrigeran atau air dingin mengalir.



Gambar 2.7. *Proses Pendinginan* (Cengel & Boles, 2008).

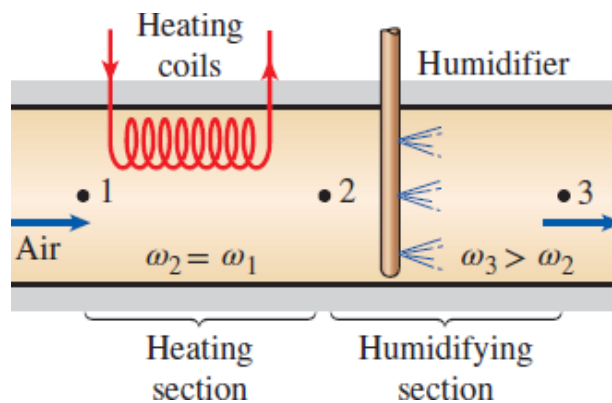
Untuk proses pemanasan dan pendinginan yang tidak melibatkan $\dot{m}_{a1} = \dot{m}_{a2} = \dot{m}_a$ humidifikasi atau dehumidifikasi, kekekalan persamaan massa untuk udara kering dikurangi menjadi $\omega_1 = \omega_2$ dan untuk air. Persamaan kekekalan energi dalam kasus ini dapat direduksi menjadi

$$\dot{Q} = \dot{m}_a(h_2 - h_1) \text{ atau } q = h_2 - h_1 \dots \dots \dots (10)$$

dimana entalpi h_1 dan h_2 adalah massa udara kering per satuan di saluran masuk dan keluar dari bagian pemanasan dan pendinginan masing-masing.

2. Pemanasan dengan Humidifikasi

Pemanasan dengan humidifikasi melembabkan udara yang dipanaskan. Ini dicapai dengan melewati udara melalui bagian pemanas (proses 1-2) dan kemudian melalui bagian pelembab (proses 2-3), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Lokasi titik bagian ketiga bergantung pada pelembaban yang dilakukan. Jika ada uap di bagian pelembaban ini akan menghasilkan humidifikasi dan pemanasan tambahan ($T_3 > T_2$).

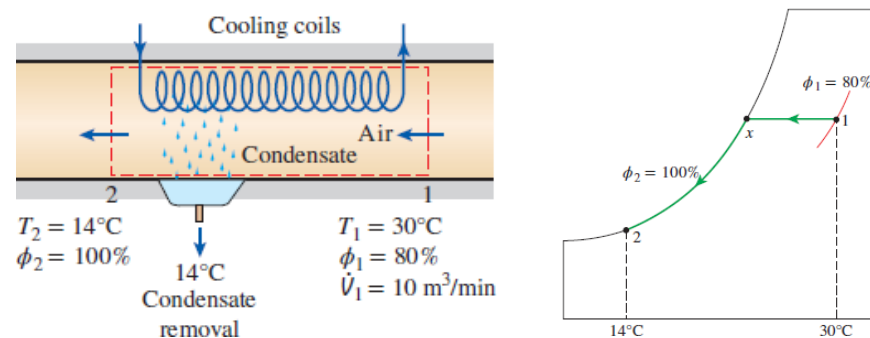


Gambar 2.8. Pemanasan dengan Humidifikasi (Cengel & Boles, 2008).

Jika pelembaban dilakukan dengan menyemprotkan air ke aliran udara sebagai gantinya, bagian dari laten panas penguapan berasal dari udara, yang mengakibatkan pendinginan aliran udara panas ($T_3 < T_2$). Udara harus dipanaskan ke temperatur yang lebih tinggi di bagian pemanasan, dalam hal ini untuk menembus efek pendinginan selama proses pelembaban.

3. Pendinginan dengan Dehumidifikasi

Selama proses pendinginan sederhana, kelembaban spesifik udara tetap konstan tetapi kelembaban relatif meningkat. Jika kelembaban relatif meningkat ke tingkat yang tidak diinginkan, mungkin perlu untuk menghilangkan kelembaban dari udara. Temperatur udara harus didinginkan di bawah titik embunnya.



Gambar 2.9. Bagan Skema dan Diagram *Psychometric* Pendinginan (Cengel & Boles, 2008).

Pada Gambar 5, diagram *psychometric* dan skematis menunjukkan proses pendinginan melalui dehumidifier. Pada keadaan 1, udara panas dan lembab masuk ke bagian pendingin. Temperatur turun dan kelembaban relatif meningkat pada kelembaban spesifik konstan. Udara mencapai titik embunnya (keadaan x, udara jenuh) jika bagian pendingin cukup panjang. kondensasi sebagian uap air di udara untuk mendinginkan hasil udara lebih lanjut. Selama seluruh proses kondensasi, udara tetap jenuh. Ini terus mengikuti garis 100 persen kelembaban relatif sampai keadaan akhir (keadaan 2) tercapai. Selama proses ini, uap air yang mengembun dari udara dikeluarkan dari ruang pendinginan melalui saluran yang berbeda. Biasanya, kondensat diasumsikan keluar dari bagian pendingin di T2.

Dalam kebanyakan kasus, udara dingin dan jenuh pada kondisi 2 dibawa langsung ke dalam ruangan, di mana mereka bercampur dengan udara ruangan. Namun dalam situasi tertentu, udara pada kondisi 2 mungkin pada kelembaban tertentu tetapi pada temperatur yang sangat rendah; dalam hal ini udara dilewatkan melalui bagian pemanas, dimana

temperaturnya dinaikkan menjadi tingkat yang lebih nyaman sebelum dibawa kembali ke dalam ruangan.

2.7. Pengaruh Temperatur Pada Bahan Bakar

Apabila bahan bakar dipanaskan maka akan terjadi pemuaian atau perubahan volume pada bahan bakar, selain itu viskositas dari bahan bakar tersebut akan menurun. Peristiwa tersebut dapat dijelaskan dengan teori Termodinamika yang menyatakan bahwa semakin tinggi temperatur suatu fluida maka molekul fluida akan bergerak cepat. Pergerakan tersebut menyebabkan volume tetap secara makro akan meningkatkan tekanan. Batas pada materi memengaruhi kondisi materi yang akan mengembang dan memperlebar jarak antar molekulnya. Jarak antar molekul yang lebar akan mengakibatkan kerapatan (densitas) dan viskositas semakin menurun begitu juga sebaliknya jika bahan bakar didinginkan maka volume akan menurun dan viskositasnya akan meningkat (Sanata, 2012).

Bahan bakar dengan viskositas rendah akan teratomisasi lebih baik sehingga menghasilkan butiran bahan bakar yang lebih kecil. Kondisi tersebut membuat proses pencampuran bahan bakar dengan udara lebih homogen sehingga lebih banyak bahan bakar yang terbakar. Pembakaran tersebut menyebabkan energi yang dilepaskan meningkat sehingga tekanan akhir pembakaran meningkat. Volume bahan bakar dengan jumlah sama yang masuk ke dalam ruang bakar, dapat menghasilkan daya yang berbeda.

2.8. Dynotest

Dyno test adalah suatu alat ukur untuk mengetahui hasil kekutaan torsi dan *horse power*, Didalam dunia otomotif yang maju, banyak perusahaan besar yang membuat suatu kendaraan dengan berbagai macam jenis. Kecepatan dalam suatu putaran mesin mempunyai daya yang di torsi dan *horse power*,

dari kedua daya tersebut bisa diketahui secara mudah dengan alat ukur *dynotest* (Zainuri, dkk., 2022).

1. Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi bisa disebut seperti suatu energi. Besaran torsi adalah besaran yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya.
2. *Horse power* adalah kemampuan untuk mengusung sebuah beban dalam periode atau rantang waktu tertentu.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Alat Penelitian

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

1. *Dynamometer*

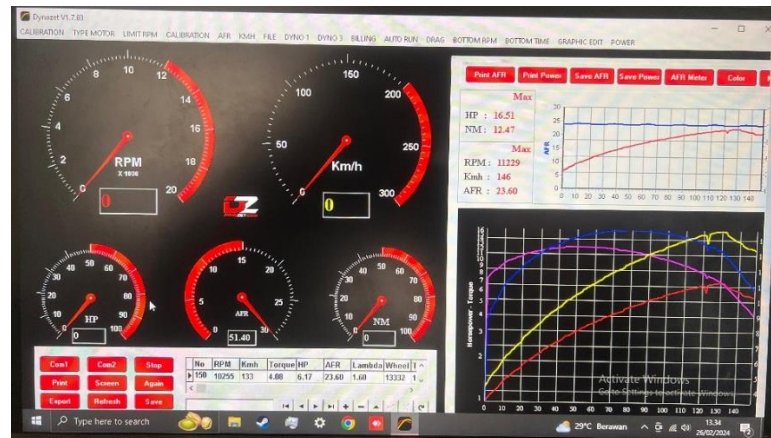
Dynamometer yang dipakai dalam pengujian ini adalah *chassis dyno* yang digunakan untuk melakukan pengukuran pada seberapa besar daya dan juga torsi maksimal yang dihasilkan oleh sebuah kendaraan, selain melakukan pengukuran pada torsi dan juga Rpm pada kendaraan, alat ini juga dapat melakukan pengukuran pada emisi gas buang dan melakukan perbandingan pada bahan bakar dan juga udara (AFR ratio).



Gambar 3.1. *Dynamometer*

2. Dynozet Software

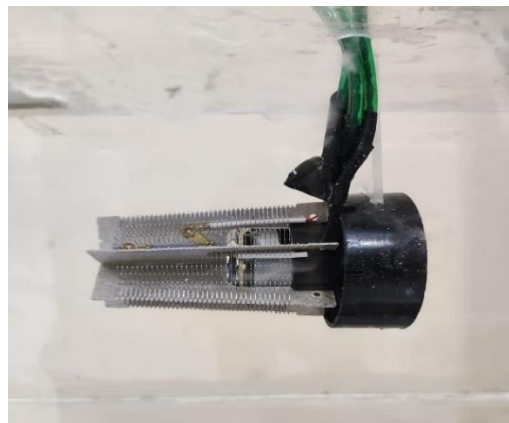
Dynozet Software merupakan *software* khusus yang dihubungkan ke *dynamometer*, dimana fungsinya adalah untuk menjalankan perintah program, kemudian menampilkan data hasil perhitungan parameter pengujian.



Gambar 3.2. *Dynozet Software*

3. Heater Pengering Rambut

Heater pengering rambut adalah sebuah alat yang mengeluarkan udara panas yang berfungsi untuk mengeringkan rambut dengan menggunakan temperatur panas yang dialirkan ke arah rambut supaya lebih cepat untuk kering.



Gambar 3.3. *Heater Pengering Rambut.*

4. Termometer *Digital*

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur temperatur, seperti yang dapat dilihat pada gambar 3.9 di bawah. Penggunaan termometer *digital* karena untuk mempermudah mengetahui perubahan temperatur yang tidak terlalu signifikan di dalam alat yang digunakan.



Gambar 3.4. Termometer *Digital*.

5. *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*

Exhaust Gas Analyzer Stargas 898 merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kandungan gas yang terdapat pada gas emisi dari hasil pembakaran motor bensin 4 langkah 1 silinder.



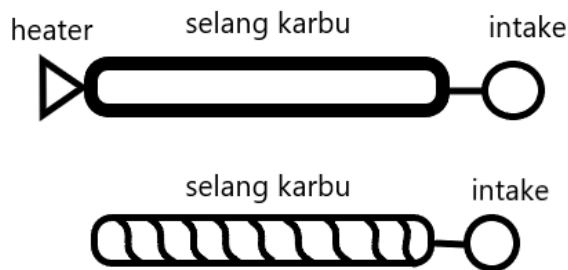
Gambar 3.5 *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*

3.2. Persiapan Pengujian

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan dengan menggunakan dynotest untuk mengetahui pengaruh dari temperatur terhadap prestasi mesin bensin 4-langkah 1 silinder. Adapun persiapan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Mengukur dimensi karburator untuk dipasangkan selang .pengujian temperatur
2. Memasang selang yang sudah dimodifikasi untuk proses pengujian.
3. Persiapkan proses pengujian untuk temperatur rendah atau tinggi yang nantinya akan diuji
4. Pengondisian udara untuk proses pengujian

Adapun skema gambar selang modifikasi yang akan digunakan dalam proses pengujian dynotest ini dapat dilihat pada gambar 3.6. dibawah ini.



Gambar 3.6. Skema selang modifikasi untuk pengujian.

3.3. Prosedur Pengujian

Adapun proses pengujian dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

3.3.1 Prosedur Pengujian Prestasi Mesin

Adapun prosedur pengujian prestasi mesin dalam penelitian ini dengan menggunakan *dynotest* adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan semua alat ukur dengan pendukungnya: *dynamometer*, gelas ukur.

2. Naikkan sepeda motor/ bahan uji ke alat *dynotest* dan pastikan terikat kuat pada *dynotest*.
3. Seting batasan Rpm *dynotest* (0-9000) dan sumbu ban belakang motor berada satu sumbu dengan *roller dynotest*.
4. Mengisi bahan bakar kedalam gelas ukur, percobaan ini menggunakan bahan bakar bensin.
5. Memasang alat ukur rpm (sensor *tachometer*) pada kabel busi sehingga dapat dibaca oleh komputer melalui monitor pada *software dynozet* dalam bentuk analog dan angka.
6. Memeriksa instrumen-instrumen pengukuran pada monitor seperti *speedometer*, *tachometer* harus menunjukkan angka nol (0).
7. Memeriksa *blower / exhaust fan /* kipas pembuangan, alat ini bertujuan membuang gas sisa pembakaran dari knalpot agar udara didalam ruang pengujian *dynotest* tetap aman
8. Hidupkan mesin sepeda motor.
9. Atur rpm pengujian pada putaran mesin rpm yang ingin diuji, putaran mesin dapat dilihat pada *tachometer* yang terdapat pada monitor.
10. Putaran mesin dinaikan dengan memutar *throttle* secara spontan sesuai dengan putaran mesin yang ingin diuji dengan demikian dapat dilakukan pengambilan data antara lain (daya engkol, torsi, dan kecepatan)
11. Lakukan langkah percobaan 8-10 untuk setiap putaran mesin.
12. Untuk mengakhiri percobaan ini putaran mesin diturunkan secara perlahan, kemudian matikan mesin untuk yang persiapan pengambilan data konsumsi bahan bakar.
13. Isi bahan bakar pada gelas ukur sesuai dengan kebutuhan pengujian.
14. Nyalakan mesin dan atur putaran mesin pada putaran yang diinginkan.
15. Saat bahan bakar pada posisi nol (0) maka stopwatch mulai dihidupkan. Catat data yang dihasilkan pada setiap *camshaft* yang diteliti berapa cc konsumsi bahan bakar yang dihabiskan

16. Akhiri pengujian ini dengan menurunkan putaran mesin kemudian matikan.

3.3.2 Prosedur pengujian Emisi Gas Buang

Adapun prosedur pengujian emisi gas buang yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghidupkan mesin kemudian memanaskan mesin hingga dalam kondisi siap kerja.
2. Menghubungkan *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898* ke arus listrik lalu menekan tombol *switch* yang terdapat pada bagian belakang alat untuk menghidupkan *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.
3. Memilih menu *Gas Analysis* pada menu *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.
4. Memilih menu *Measurment* pada menu *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.
5. Memilih menu *Standard test* pada menu *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*. Sehingga unit *Stargas 898* secara otomatis melakukan *warming up* selama kurang lebih 60 detik, kemudian melakukan *auto zero* secara otomatis yang berfungsi untuk mereset data dari awal.
6. Menghidupkan mesin dan mengatur putaran mesin pada 1500 rpm dengan beban dinamometer pada bukaan katup.
7. Memasukkan *probe sensor* ke dalam knalpot.
8. Menunggu hingga angka pada layar *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898* dalam kondisi stabil.
9. Memastikan alat uji emisi *stargas 898* dan kertas *print* telah terangkai dengan baik.
10. Mencetak nilai pengujian pada *Exhaust Gas Analyzer Stargas 898*.

3.4 Tabel Pengujian

Adapun tabel pengujian prestasi mesin dan pengujian emisi gas buang dalam penelitian ini dengan menggunakan *dynotest* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1. Tabel Pengujian prestasi mesin dengan menggunakan *Dynotest*.

Prestasi Mesin			
Temperatur (°C)	Putaran Mesin (RPM)	Torsi (Nm)	Daya (HP)
25°C	4500		
	6000		
	7500		
35°C	4500		
	6000		
	7500		
45°C	4500		
	6000		
	7500		

Tabel 3. 2 Emisi gas buang

Emisi				
Temperatur (°C)	Putaran Mesin (RPM)	CO (%)	CO2 (%)	HC (ppm)
25	6000			
35				
45				

3.5 Waktu dan Lokasi Penelitian

Adapun waktu dan lokasi penelitian desain alat penyapu jalan (street sweeper) sebagai berikut :

3.5.1 Tempat Penelitian

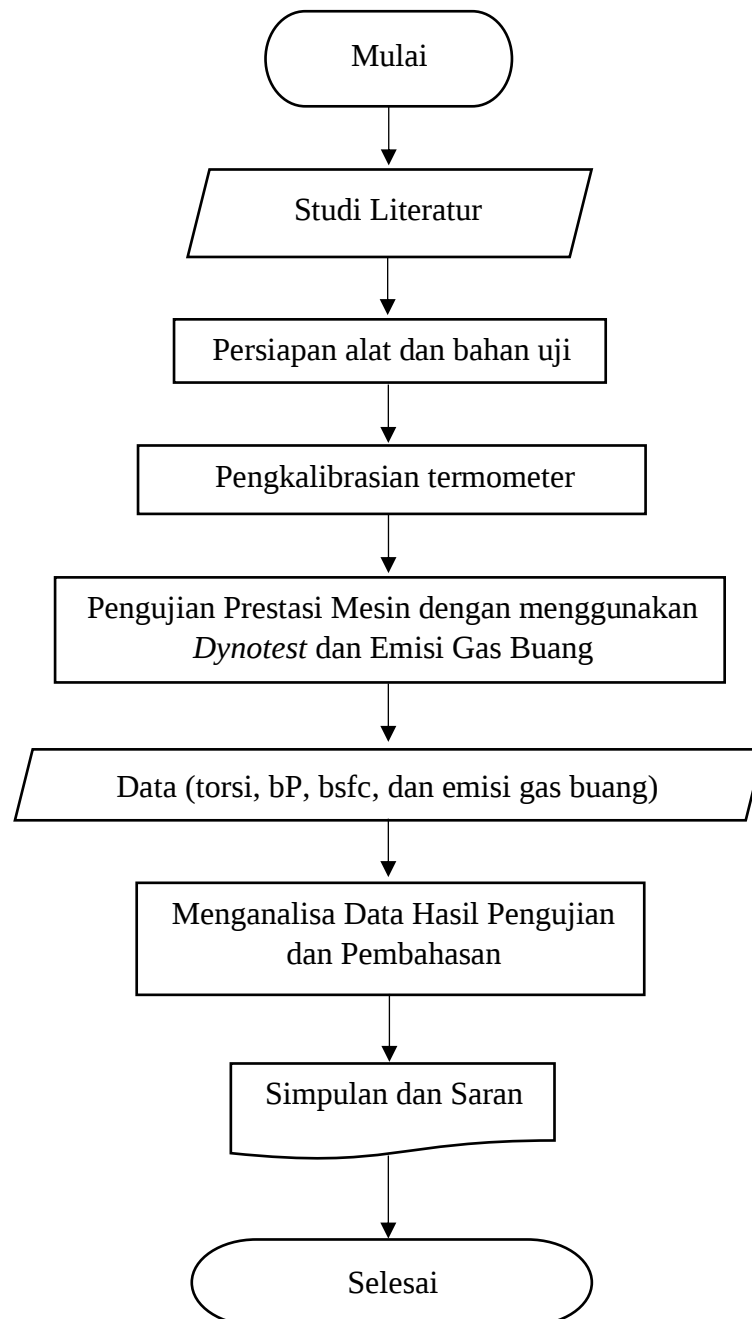
Tempat penelitian penulisan tugas akhir dilaksanakan di Bengkel Happy Happy Garage Sukarama Bandar Lampung.

3.5.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian perancangan ini di mulai dari tanggal 13 Mei 2024 saat usulan ini diterima oleh ketua jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung.

3.6 Diagram Alir Penelitian Pengujian Prestasi Mesin

Diagram alir penelitian pengujian prestasi mesin dapat dilihat pada gambar 3.20.



Gambar 3.7. Diagram alir penelitian

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Adapun simpulan yang dapat diambil pada penelitian Pengaruh temperatur udara terhadap prestasi mesin bensin 4-langkah pada motor 4-tak 1 silinder dengan metode *chassis dynamometer* adalah sebagai berikut.

1. Temperatur yang masuk ke dalam *intake manifold* mempengaruhi performa mesin motor bakar secara keseluruhan karena pada temperatur optimal kinerja mesin semakin efisien.
2. Konsumsi bahan bakar pada saat temperatur pada ruang bakar mencapai nilai optimal, dalam pengujian ini temperatur optimal yang didapat adalah 35⁰C dapat menekan konsumsi bahan bakar karena proses pembakaran berjalan secara efisien.
3. Temperatur juga mempengaruhi torsi dan daya yang dihasilkan pada saat proses pembakaran dimana pada penelitian ini, variasi temperatur 35⁰C menghasilkan torsi dan daya terbaik karena temperatur yang tidak terlalu rendah dan tidak terlalu tinggi sehingga torsi dan daya terbaik didapat pada penelitian ini.
4. Emisi gas buang juga dipengaruhi oleh variasi temperatur dimana temperatur 35⁰C mencatat nilai yang signifikan dalam menekan emisi gas buang dibandingkan dengan pengujian variasi temperatur lainnya. Variasi temperatur 35⁰C mencatat kadar CO dapat ditekan sebesar 95% dibanding dengan variasi sebelumnya, kadar CO₂ dapat ditekan sebesar 39% dibanding dengan variasi sebelumnya, dan kadar HC dapat ditekan sebesar 83% dibanding dengan variasi sebelumnya.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan pada penelitian ini dan untuk penelitian lanjutan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dilakukan variasi transmisi dalam melakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap torsi, daya, dan emisi gas buang secara lebih lengkap.
2. Penelitian lanjutan diharapkan untuk menambah rentang variasi temperatur mengetahui temperatur optimal dalam proses pembakaran sehingga data yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Basyirun, Winarno, & Karnowo. (2008). *Mesin Konversi Energi*.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2008). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (1st ed.). McGraw-Hill Education.
- Demirel, Y. (2012). Energy conversion. *Green Energy and Technology*, 69, 229–303. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2372-9_7
- Hooper, P. R., Al-Shemmeri, T., & Goodwin, M. J. (2011). Advanced modern low-emission two-stroke cycle engines. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 225(11), 1531–1543. <https://doi.org/10.1177/0954407011408649>
- Mitianiec, W. (2013). Proposal of A Piston Engine With Close Thermal Cycle of Working Medium. *Journal of KONES. Powertrain and Transport*, 20(1), 209–217. <https://doi.org/10.5604/12314005.1135336>
- Nazmi, M., Khaifullizan, N., Jaat, N., Fadzil, S., Abidin, Z., Darlis, N., & Zahari, I. (2021). Fuel, Mixture Formation and Combustion Process Effect of Intake Air Temperature on Engine Performance and Fuel Consumption of Passenger Car. *Fuel, Mixture Formation and Combustion Process*, 3(2), 1–7. www.fazpublishing.com/fmc
- Pan, W., Yao, C., Han, G., Wei, H., & Wang, Q. (2015). The impact of intake air temperature on performance and exhaust emissions of a diesel methanol dual fuel engine. *Fuel*, 162, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.08.073>
- Parthasarathy, M., Ramkumar, S., Isaac Joshua Ramesh Lalvani, J., Elumalai, P. V., Dhinesh, B., Krishnamoorthy, R., & Thiyagarajan, S. (2020). Performance analysis of HCCI engine powered by tamanu methyl ester with various inlet air temperature and exhaust gas recirculation ratios. *Fuel*, 282. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118833>
- Reddy, L., Politecnico, T., & Torino, D. (2017). *Tribological performance of different crankshaft bearings in conjunction with textured shaft surfaces*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24537.57445>

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Adapun simpulan yang dapat diambil pada penelitian Pengaruh temperatur udara terhadap prestasi mesin bensin 4-langkah pada motor 4-tak 1 silinder dengan metode *chassis dynamometer* adalah sebagai berikut.

1. Temperatur yang masuk ke dalam *intake manifold* mempengaruhi performa mesin motor bakar secara keseluruhan karena pada temperatur optimal kinerja mesin semakin efisien.
2. Konsumsi bahan bakar pada saat temperatur pada ruang bakar mencapai nilai optimal, dalam pengujian ini temperatur optimal yang didapat adalah 35⁰C dapat menekan konsumsi bahan bakar karena proses pembakaran berjalan secara efisien.
3. Temperatur juga mempengaruhi torsi dan daya yang dihasilkan pada saat proses pembakaran dimana pada penelitian ini, variasi temperatur 35⁰C menghasilkan torsi dan daya terbaik karena temperatur yang tidak terlalu rendah dan tidak terlalu tinggi sehingga torsi dan daya terbaik didapat pada penelitian ini.
4. Emisi gas buang juga dipengaruhi oleh variasi temperatur dimana temperatur 35⁰C mencatat nilai yang signifikan dalam menekan emisi gas buang dibandingkan dengan pengujian variasi temperatur lainnya. Variasi temperatur 35⁰C mencatat kadar CO dapat ditekan sebesar 95% dibanding dengan variasi sebelumnya, kadar CO₂ dapat ditekan sebesar 39% dibanding dengan variasi sebelumnya, dan kadar HC dapat ditekan sebesar 83% dibanding dengan variasi sebelumnya.

5.2 Saran

Adapun saran yang diberikan pada penelitian ini dan untuk penelitian lanjutan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Dilakukan variasi transmisi dalam melakukan pengujian untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap torsi, daya, dan emisi gas buang secara lebih lengkap.
2. Penelitian lanjutan diharapkan untuk menambah rentang variasi temperatur mengetahui temperatur optimal dalam proses pembakaran sehingga data yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Basyirun, Winarno, & Karnowo. (2008). *Mesin Konversi Energi*.
- Cengel, Y., & Boles, M. (2008). *Thermodynamics: An Engineering Approach* (1st ed.). McGraw-Hill Education.
- Demirel, Y. (2012). Energy conversion. *Green Energy and Technology*, 69, 229–303. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-2372-9_7
- Hooper, P. R., Al-Shemmeri, T., & Goodwin, M. J. (2011). Advanced modern low-emission two-stroke cycle engines. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 225(11), 1531–1543. <https://doi.org/10.1177/0954407011408649>
- Mitianiec, W. (2013). Proposal of A Piston Engine With Close Thermal Cycle of Working Medium. *Journal of KONES. Powertrain and Transport*, 20(1), 209–217. <https://doi.org/10.5604/12314005.1135336>
- Nazmi, M., Khaifullizan, N., Jaat, N., Fadzil, S., Abidin, Z., Darlis, N., & Zahari, I. (2021). Fuel, Mixture Formation and Combustion Process Effect of Intake Air Temperature on Engine Performance and Fuel Consumption of Passenger Car. *Fuel, Mixture Formation and Combustion Process*, 3(2), 1–7. www.fazpublishing.com/fmc
- Pan, W., Yao, C., Han, G., Wei, H., & Wang, Q. (2015). The impact of intake air temperature on performance and exhaust emissions of a diesel methanol dual fuel engine. *Fuel*, 162, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2015.08.073>
- Parthasarathy, M., Ramkumar, S., Isaac Joshua Ramesh Lalvani, J., Elumalai, P. V., Dhinesh, B., Krishnamoorthy, R., & Thiyagarajan, S. (2020). Performance analysis of HCCI engine powered by tamanu methyl ester with various inlet air temperature and exhaust gas recirculation ratios. *Fuel*, 282. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118833>
- Reddy, L., Politecnico, T., & Torino, D. (2017). *Tribological performance of different crankshaft bearings in conjunction with textured shaft surfaces*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24537.57445>

- Sanata, A. (2012). Optimalisasi Prestasi Mesin Bensin Dengan Variasi Temperatur Campuran Bahan Bakar Premium dan Etanol. In *Jurnal ROTOR* (Vol. 5, Issue 2).
- Subham, C., Suraj, D., Kiran, J., Rohit, B., & Athani, A. (2016). Four Stroke Internal Combustion Engine. *International Journal Of Innovation In Engineering, Research And Technology*. www.iosrjournals.org
- Tans, P., & Thoning, K. (2008). *How we measure background CO 2 levels on Mauna Loa*. www.esrl.noaa.gov/gmd/ccl/
- Tasliman, & Soekarno, S. (2010). *Motor Bakar dan Traktor Pertanian*.
- Wardono, H., Sembiring, J., & Risano, A. (2020). *Pemanfaatan Campuran Zeolit dan Arang Sekam Teraktifasi Fisik Sebagai Filter Udara Untuk Meningkatkan Akselerasi Mesin Sepeda Motor Bensin 4-Langkah* (Vol. 8, Issue 2).
- Zainuri, F., Tullah, M. H., Nuriskasari, I., Subarkah, R., Widiyatmoko, W., Prasetya, S., Susanto, I., Belyamin, B., & Abdillah, A. A. (2022). Performa Kendaraan Konversi Listrik melalui Pengujian Dynotest. *Jurnal Mekanik Terapan*, 3(2), 44–49. <https://doi.org/10.32722/jmt.v3i2.4621>