

Eco Racing与Pertalite燃料对四冲程摩托车发动机

性能影响分析

毕业论文

作者：

ARIZAL FADLY

168130126



机械工程专业

工程学院

University of Medan Area

棉兰

2022年

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/5/26

Access From (repositori.uma.ac.id)15/5/26

Eco Racing与Pertalite燃料对四冲程摩托车发动机

性能影响分析

毕业论文

作为获得University of Medan Area工程学院机械工程专业学士学位条件
之一而提交。

作者：

ARIZAL FADLY

168130126

168130126

机械工程专业

工程学院

University of Medan Area

棉兰

2022年

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/5/26

Access From (repositori.uma.ac.id)15/5/26

HALAMAN PENGESAHAN BUKU SKRIPSI

Judul Proposal/TA : Analisis Pengaruh Eco Racing Dengan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Unjuk Kerja Mesin Motor 4 Tak
Nama Mahasiswa : Arizal Fadly
NPM : 168130126
Bidang Keahlian : Konversi Energi

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing

Dosen Pembimbing II



(Indra Hermawan, S.T., M.T.)

NIDN 0114048001

Dosen Pembimbing I



(Ir. H. Amirsyam Nasution, M.T.)

NIDN : 0025125606



(Syah S. Kom, M.kom)

1105058804



Ka. Prodi Teknik Mesin

(Ir. H. Amirsyam Nasution, M.T.)

1105058804

Tanggal Lulus : 11 Januari 2022

Dipindai dengan CamScanner

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/5/26

Access From (repositori.uma.ac.id)15/5/26

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 11 Januari 2022



(Arizal Fadly)
NPM: 168130126

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR / SKRIPSI
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arizal Fadly
NPM : 168130126
Fakultas : TEKNIK Program
Studi : TEKNIK MESIN
Jenis Karya : Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan Ilmu Pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non-exclusive Royalty- FreeRight*) atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Pengaruh Eco Racing Dengan Bahan Bakar Pertalite Terhadap Unjuk Kerja Mesin Motor 4 Tak. Dengan Bebas Royalti Non Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih mediakan / formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir / skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 11 Januari 2022

Yang Menyatakan



(Arizal Fadly)

NPM : 168130018

摘要

针对以石油为燃料的机动车，其节能技术与减少空气污染技术持续受到研究。燃油节约的原因在于石油储量日益减少，因此人类不断开发技术以提高发动机性能效率，同时也开展研究以寻找替代材料或向机动车燃料中添加添加剂。此前未被考虑作为燃料添加物的材料，也被测试并研究其作为节油剂及减少车辆尾气污染物的可行性。Eco Racing 是适合作为车辆燃料添加剂的一种材料。Eco Racing 是一种片剂产品，其中含有被认为能够保护车辆发动机、节省燃料（BBM），并且是世界上唯一能够将 CO 气体降低至 100%的高辛烷值或燃油维生素产品。Eco Racing 已通过用户的使用证明其可靠性，并通过了排放测试，该排放测试由印度尼西亚各大城市交通局正式实施。本研究采用 Pertalite 燃料与 3 片 Eco Racing 混合的配比，并使用 Dyno Dynamics 底盘测功机进行测试，其中被测试发动机必须安装于完整车辆车架及其全部配件上。测试结果表明，与纯 Pertalite 相比，Pertalite 与 Eco Racing 混合燃料能够提高扭矩、发动机功率及效率，并能够节省燃料消耗。

关键词：Eco Racing、Pertalite、成分与功率

ABSTRACT

The technology of saving and reducing air pollution on motorized vehicles with fuel originating from petroleum continues to be researched. Fuel savings occur due to the depletion of petroleum supplies so that humans find technology to streamline engine performance, research is also carried out to find alternatives or add additives to motor vehicles. Materials that were not previously considered as additional fuel were tested and assessed for their feasibility as saving substances and reducing air pollution in vehicle exhaust emissions. Eco racing is one of the appropriate fuels to be used as an additive to vehicle fuel. Eco Racing is a tablet-shaped product which contains substances that are declared to function to protect vehicle engines, save fuel (BBM) use and are the only large octane or vitamin BBM in the world that can eliminate CO gas up to 100 percent. Eco Racing has proven its reliability through user testimonials and has passed emission tests where emission tests are officially carried out by the transportation service in big cities throughout Indonesia. The test will use the Pertalite composition mixed with 3 Eco race points using the Dyno Dynamics Chassis Dynamometer, where the engine under test must be installed on the vehicle frame complete with all vehicle accessories. The results of the test show that the Pertalite -Eco Racing mixture can increase torque, engine power and efficiency. The Pertalite and Eco Racing fuel mixture is 3 grains when compared to pure Pertalite. Then from that the fuel consumption is getting more efficient.

Keywords: *Eco Racing, Pertalite, Composition and Power*

作者简介



作者名叫Arizal Fadly，1997年11月15日出生于贝拉斯塔吉。作者是Irwansyah和Ulinta Br Ginting夫妇的第四个孩子，家中共有4个兄弟姐妹。作者于2009年从贝拉斯塔吉040457号国立小学毕业。同年，作者继续在

并于2012年毕业。同年，作者进入贝拉斯塔吉第1

国立高中（地址：贝拉斯塔吉贾明·金廷路）就读，主修自然科学，并于2015年毕业。2016年，笔者进入梅丹地区大学工程学院机械工程专业就读，并于2022年毕业。

前言

Assalaamu' alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh

感谢真主 Allah SWT, 至高无上的主, 因其恩典与指引, 笔者得以完成本毕业设计报告。这也是 University of Medan Area 工程学院机械工程专业每位学生必须完成的义务。本毕业设计题目为: 《Eco Racing 与 Peralite 燃料对四冲程摩托车发动机性能的影响分析》。

在本毕业论文的撰写过程中, 笔者已尽最大努力进行完善编写。然而, 由于知识与经验有限, 本论文仍存在许多不足之处。因此, 笔者诚恳希望各方能够给予建设性的意见与建议, 以进一步完善本论文。

在大学学习期间直至本论文完成, 笔者获得了许多无法用价值衡量的精神与物质帮助。为此, 笔者谨通过本文向以下人士致以最诚挚的感谢:

1. Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc 先生, 担任 University of Medan Area 校长, 并为本毕业设计的编写提供许可与设施。
2. Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom 先生, 担任 University of Medan Area 工程学院院长, 并给予本毕业设计编写许可。
3. Ir. H. Amirsyam Nasution, MT 先生及 Indra Hermawan, ST.MT 先生, 担任导师, 并在本毕业设计撰写过程中付出了大量时间给予指导与建议。
4. Muhammad Idris, ST.MT 先生, 担任 University of Medan Area 机械工程专业主任, 并在行政事务及指导方面给予诸多帮助。

5. University of Medan Area 机械工程专业全体教师以及工程学院行政部门。
6. Irwansyah 先生与 Ulinta Br Ginting 女士，作为笔者深爱的父母，以及笔者深爱的姐姐 Annisa Arosa Diah、Mimi Fahrani、Dedek Mayna Sari 与 Siti Nur Angelika，她们给予了极大的关怀、激励、建议、祈祷以及精神与物质支持，使本毕业设计得以完成。
7. 一直给予激励、建议与帮助完成本毕业设计的朋友与同学，即 Recsi Febian、Zulpikar Rifaldo、Syahrinal Efendi 及 Dwi Hermawan。
8. Bremana Joshua 与 Bernhard Alwien，在本毕业设计编写过程中给予鼓励与动力。
9. University of Medan Area 机械工程专业 2016 级的同学们，以及所有无法一一提及但曾给予激励、建议与帮助的各方人士，使本毕业设计得以完成。

最后，笔者再次致以最诚挚的感谢，并希望本论文能够带来益处，尤其对笔者本人及广大读者有所帮助。阿敏。

棉兰，2022 年 1 月 11 日

Arizal Fadly

168130126

目录

论文认证页	
摘要	
摘要	
作者简介	
前言	
目录	
图示目录	
表目录	
图表目录	
第一章 引言	
A. 问题背景	
B. 研究问题	
C. 研究范围	
D. 研究目的	
E. 研究意义	
第二章 文献综述	
A. 先前的研究	
B. 内燃机	
C. 内燃机性能	
D. 汽油发动机中的燃烧过程	
E. 燃料	

F. 辛烷值	
G. 动力测试	
H. Eco Racing	
第三章 研究方法	
A. 时间和地点	
B. 工具与材料	
C. 测试设备设置	
D. 测试步骤	
第四章 结果与讨论	
A. Pertalite 与 Eco Racing 混合实验结果与讨论	
B. 纯 Pertalite 的实验结果与讨论	
第五章 结论	
A. 结论	
B. 建议	
参考文献	

图目录

图 2.1. 汽油燃料系统示意图.....	
图 2.2. 汽油发动机四冲程循环.....	
图 2.3. 汽油内燃机的能量平衡.....	
图3.1. 动力测试台.....	
图3.2. 燃料.....	
图 3.3. Eco Racing.....	
图 3.4. 测试摩托车.....	
图 3.5. 测试设备设置.....	

表格目录

表3.1. 测试实施时间.....	
表 3.2. 雅马哈 R15 V3 摩托车规格.....	
表 4.1. Pertalite 与 Eco Racing 混合测试结果.....	
表 4.2. Pertalite 与 Eco Racing 混合后的油耗数据.....	
表 4.3. 纯Pertalite测试结果.....	
表 4.4. 100% 纯 Pertalite 燃油消耗值.....	

图表目录

图 4.1. 珀特莱特汽油与 Eco Racing 混合后的动力值	
图 4.2. 珀特莱特汽油与 Eco Racing 混合后的扭矩值	
图4.3. 转速下的单位功率燃油消耗量	
图4.4. 功率与发动机转速的关系	
图4.5. 扭矩与转速的关系	
图 4.6. 燃油消耗与转速的关系	

第一章 引言

A. 问题背景

燃油在燃烧过程中起着至关重要的作用，因为它会影响发动机的整体性能以及发动机本身的燃烧效率。此外，发动机燃烧室中不充分的燃烧会导致发动机爆震。人们采用各种方法来提高辛烷值，因为燃油的辛烷值是衡量发动机内燃烧完善程度的重要参数之一。消费者迫切需要性能优异且燃油经济性高的机动车辆。若燃烧过程正确，上述标准即可满足。其中一种方法是在所用燃料中添加添加剂。期望通过添加这些添加剂，燃烧将更加充分，从而提升性能[1]。

为了衡量四冲程汽油机动车在实际应用中的性能，需要以下参数

1. 四冲程汽油机动车的燃油消耗越低，其性能就越高。
2. 加速性能：四冲程汽油发动机的加速能力越强，其性能就越高。
3. 行驶时间，四冲程汽油机动车达到特定距离所需的行驶时间越短，其性能越高。
4. 发动机转速，怠速状态下的发动机转速可反映发动机状态是否正常。转速的变化也反映了产生的扭矩大小。
5. 尾气排放，在发动机怠速状态下，可通过低转速和高转速时的尾气排放情况进行观察。

Eco Racing是一种旨在提升汽油品质的添加剂。其作用之一是提高研究辛烷值（RON）。适用于所有类型的汽油，包括辛烷值88、90、92及更高[3]。

在汽车发动机的工作过程中，燃油和润滑油具有极其重要的功能。燃油的作用是产生热量，并作为能源来源，通过燃烧驱动发动机[4]。而润滑油则有

助于减少摩擦并降低磨损。此外，它还起到冷却和吸收因摩擦产生的噪音的作用[1]。

传统汽油发动机燃油系统是一个开放式回路，燃油从油箱经燃油泵吸入流向燃油滤清器。

随后，该泵将燃油加压输送至化油器。在化油器内部，燃油进入一个称为浮子室的腔室。由于化油器喷嘴处的流速增加，

该处的压力会降至低于外部大气压。外部大气压的作用将汽油推向喷嘴。燃料被喷出后与气流混合，以气态形式进入发动机气缸。目前，大众普遍使用Pertalite汽油。

基于上述说明，笔者有兴趣开展题为“Eco Racing与Pertalite汽油对四冲程发动机性能影响的分析”的研究。

B. 研究问题

基于上述背景，笔者提出以下研究问题：

1. 使用Pertalite和Eco Racing后，发动机的功率会发生怎样的变化？
2. 使用Pertalite和Eco Racing后，发动机的扭矩有何变化？
3. Pertalite汽油以及Pertalite与Eco Racing混合燃料的比油耗分别是多少？

C. 研究范围

本研究将研究范围限定于：

1. 所使用的摩托车为2018款雅马哈R15。
2. 使用的燃油为Pertalite。

3. 使用的添加剂为Eco Racing。
4. 测试中研究的数据包括不同转速下的发动机功率、扭矩和燃油消耗。

D. 研究目的

本研究旨在：

1. 了解使用Prertalite和Eco Racing后发动机功率的变化。
2. 了解使用Prertalite和Eco Racing后发动机扭矩的变化。
3. Prertalite燃油以及Prertalite与Eco Racing混合燃油产生的比燃料消耗量。

E. 研究意义

本研究期望带来的益处包括：

1. 可作为关于Eco Racing添加剂使用方法及节能效益的知识来源。
2. 能够按照正确程序对Pertalite燃油进行分析，并了解发动机功率和扭矩的分析结果。

第二章 文献述

A. 前期研究

不同类型燃油（Premium、Pertamax和Pertamax Plus）对四冲程汽油发动机性能的影响。经测试发现，使用不同类型的汽油（Premium、Pertamax和Pertamax Plus）对四冲程汽油发动机产生的扭矩和有效功率没有显著影响。这三种汽油的性能表现趋于一致[5]

关于使用Premium、Pertamax和Pertamax Plus汽油对汽油发动机性能的影响，研究人员使用动力测功机对2001年款本田Supra X 100cc发动机进行了测试。测试结果表明，使用Pertamax汽油时可达到最大扭矩和最大功率，而Pertamax Plus的比油耗最低。在汽油发动机中，为了获得热能，需要在发动机内部进行燃油与空气混合物的燃烧过程，因此汽油发动机也被称为内燃机（Internal Combustion Engine）。在此燃烧过程中，产生的燃烧气体同时充当工作流体。汽油发动机的运行原理基于定容循环（奥托循环），通常也被称为汽油发动机的理想循环[5]

B. 内燃机

内燃机是一种广泛使用的动力机，它利用燃烧过程产生的热能转化为机械能。内燃机属于热机的一种，其燃烧过程发生在发动机内部，因此产生的燃烧气体同时充当工作流体。工作原理如上的发动机被称为内燃机。内燃机相较于外燃机的优势在于结构更简单、无需大量工作流体且效率较高。而外燃机的优势在于可使用多种燃料，从固体燃料到气体燃料均可，因此外燃机常被用于以廉价燃料产生大功率输出。例如，发电厂广泛使用蒸汽机。对于运

输车辆，由于蒸汽机结构庞大且需要大量工作流体，因此很少被采用。燃烧过程最重要的条件是燃料与空气充分混合，并达到燃烧温度。汽油与空气的混合过程发生在化油器中。在化油器中，燃料从油箱经汽油滤清器供应，空气则经空气滤清器从外界吸入。 下图2.1为汽油燃料系统的示意图[5]

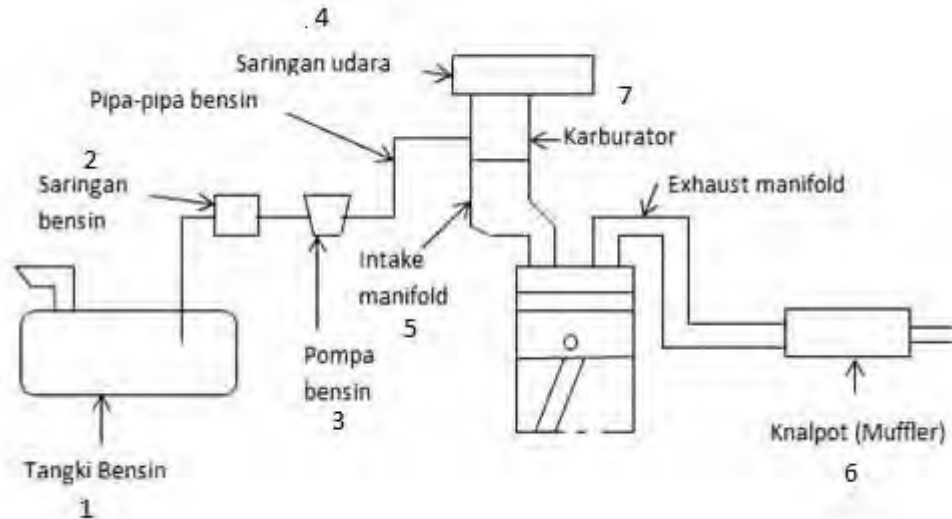


图2.1. 汽油燃料系统示意图

1. 汽油箱

汽油箱的作用是储存汽油，以便将其输送到燃油系统中。

2. 汽油滤清器 (fuel filter)

汽油滤清器的作用是在汽油被汽油泵吸入并输送至化油器之前，过滤掉汽油中所含的杂质。已充满杂质的汽油滤清器无法修复，必须整体更换。堵塞的汽油滤清器会导致输送至化油器的燃油量减少，特别是在发动机高速运转或负载非常大的情况下。

3. 燃油泵

燃油泵的作用是从油箱中吸取汽油并将其输送至化油器。汽车上使用的燃油泵主要有两种类型，即机械式燃油泵和电动燃油泵。在机械式燃油泵中，设有用于吸入和压送汽油的膜片。

4. 空气滤清器

空气滤清器的功能是过滤进入化油器的空气。请注意本图中空气滤清器的各个部件。

5. 进气歧管和排气歧管

在化油器中混合后的汽油和空气，通过进气歧管（intake manifold）输送到气缸内。而燃烧后的废气则通过排气歧管（exhaust manifold）排出至排气管。进气和排气管道的各部件。

6. 排气管和消音器

排气管的作用是将燃烧后的废气从排气歧管输送出去。而消音器则起到降低噪音的作用，使排气管不会发出声响。

7. 化油器

空气和汽油在化油器内混合，从而产生符合发动机工作条件的混合气。下图展示了下流式化油器的基本结构。这种下流式化油器在汽车中应用最为广泛。

。

1. 汽油发动机

汽油发动机是一种将汽油燃料转化为热能，进而转化为机械能的动力装置。

汽油发动机的标准燃料是异辛烷（C₈H₁₈）。当今的汽油发动机是最初被称为奥托发动机的机器经过发展和演变而来的产物。该发动机配备有火花塞和化油器。火花塞产生电火花点燃燃油与空气的混合物，因此汽油发动机通常被称为火花点火发动机[5]。

内燃机通过反复或周期性的工作循环机制运行，从而驱动曲轴旋转。在气缸内发生燃烧过程之前，来自化油器的空气与燃料混合物会被气缸内部产生的真空吸入气缸。这一过程通常被称为进气冲程。在此行程中，活塞从上止点（TMA）向下移动至下止点（TMB），进气阀打开而排气阀关闭。当燃油空气混合气通过进气歧管进入气缸后，随着活塞从下止点（TMB）向上止点（TMA）的运动，混合气被压缩。这一过程通常称为压缩冲程，此时进气阀和排气阀均处于关闭状态。由于压缩作用，混合气体积变小，压力和温度随之升高，在此条件下，燃油与空气的混合气极易燃烧。在活塞到达上止点之前，混合气被电火花点燃，发生燃烧过程，导致压力和温度进一步升高，而活塞仍继续向上运动直至上止点，因此压力和温度进一步升高。到达上止点后，活塞在高压作用下向下止点移动，此时进气阀和排气阀仍处于关闭状态。活塞从上止点向下止点的运动过程即为做功冲程或膨胀冲程。燃烧气体体积增大，压力随之下降。在活塞到达上死点（TMB）之前，排气阀打开，进气阀仍处于关闭状态。随后活塞再次向上死点（TMA）移动，将燃烧气体通过排气阀排出并导入排气歧管（exhaust manifold）。这一排出燃烧气体的过程称为排气冲程。排气冲程结束后，循环从进气冲程重新开始，如此循环往复。活塞从上止点（TMA）-下止点（TMB）-上止点（TMA）-下止点（TMB）

) - 上止点 (TMA) 的运动构成一个循环。因此，曲轴旋转两圈或活塞上下运动四次即可产生一次动力。采用该循环工作的内燃机被归类为四冲程发动机 [5]。下图2.2所示为汽油发动机的四冲程循环。

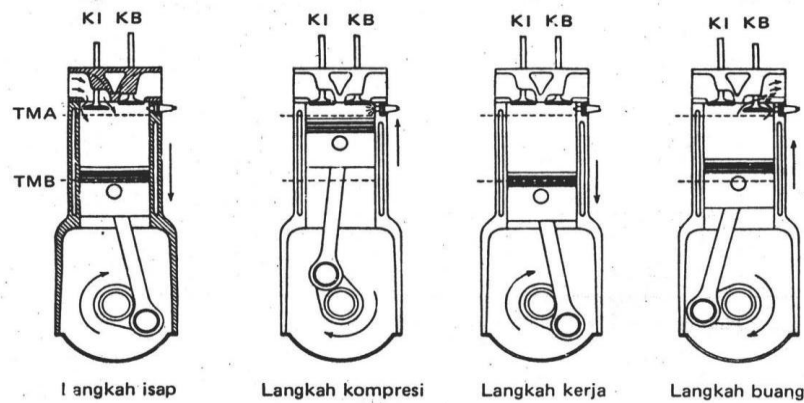


图2.2 汽油发动机四冲程循环

在内燃机中，不可能将燃料的所有能量全部转化为有用功。其余能量用于驱动附件或辅助设备，部分用于克服摩擦损失，还有一部分以废气热量和冷却水形式散失到环境中。如下图2.3所示。

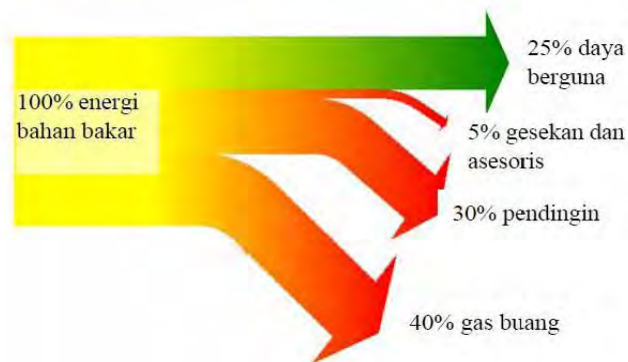


图2.3. 汽油发动机能量平衡

C. 内燃机性能

内燃机或汽车发动机中的几个重要参数是扭矩和功率。这是因为这两个参数被认为是决定发动机性能或工作表现的关键因素。本节将讨论内燃机的性能。本小节涉及的机械参数包括扭矩、功率、废气、单位燃料消耗量以及发动机内部燃烧效率。

1. 扭矩

扭矩是衡量发动机做功能力的指标，即驱动或移动汽车或摩托车从静止状态开始行驶的能力。因此，扭矩与加速性能及发动机的低转速表现密切相关（Nurliansyah 等，2014：4）。扭矩是衡量发动机做功能力的指标，因此扭矩是一种能量。扭矩的大小是一个导出量，通常用于计算物体绕其轴旋转时产生的能量。扭矩的计算公式如下。如果一个物体在旋转，且具有大小为F的离心力，该物体绕其半径为b的轴旋转，根据这些数据，其扭矩为[6]。扭矩可通过力与距离的乘积获得：

$$T = F \times s$$

(N • m) 其中

:

$$T = \text{扭矩 (N • m)}$$

$$F = \text{离心力 (N) } s =$$

距离 (m)

正是由于存在扭矩，物体才绕其轴旋转，当有大小相等、方向相反的力与扭矩抗衡时，物体将停止旋转。在内燃机中，要确定轴功率，必须先知道其扭矩。测量内燃机轴扭矩使用一种名为测功机的仪器。该仪器的

是施加与旋转方向相反的负载，直至转速接近0 rpm，该负载的数值即等于轴扭矩。轴（转子）扭矩的测量基于制动原理，即在定子上施加大小为w的负载。启动发动机后，将扭矩计连接至轴上。在发动机轴上安装制动器，并连接至制动或加载装置w。持续加载直至发动机轴几乎停止旋转。读数显示的最大负载即为制动力，其大小等于发动机轴的旋转力F。根据定义，力与作用距离的乘积即为扭矩，因此可通过以下公式计算轴上的扭矩：

$$T = w \times d \text{ (Nm)}$$

其中：

T = 为机器扭矩 (Nm) w =

为负载 (N)

d = 载荷点到旋转中心的距离 (m)

请注意，此处的 w（负载/重量）与质量（m）不同，质量的单位是 kg，而此处的负载是指由 $W=mg$ 推导出的重力，单位为 N。

在实际发动机中，负载包括发动机自身的组件，即发动机附件（水泵、润滑油泵、散热器风扇）、发电机（蓄电池充电、照明用电、点火电火花）、发动机摩擦以及其他部件。通过上述扭矩计算，可以得知发动机在轴上产生的能量总量。发动机在每单位时间内产生的能量即为发动机功率。若测量的是发动机轴上的能量，则称为轴功率。

2. 功率

功率是决定发动机性能的参数之一。不同类型发动机的功率计算比较取决于发动机转速和扭矩本身，发动机转速越快，产生的转速（rpm）越大，因此产生的功率也越大；同理，发动机的扭矩也是如此，齿轮上的齿数越多，产生的扭矩就越大。因此，转速（rpm）和扭矩的大小共同影响着电机产生的功率。在内燃机中，有用的功率是轴功率，因为该轴驱动负载[6]。因此，轴功率的大小为：

$$P = \frac{2 \pi n T}{60000} \quad (\text{kw})$$

其中：

P = 功率 (kW)

n = 发动机转速 (rpm)

T = 扭矩 (Nm)

60000 表示 1 分钟 = 60 秒，而 1 kW = 1000 瓦特。

在内燃机中，功率来源于气缸内的燃烧过程，通常称为指示功率。该功率作用于在发动机气缸内往复运动的活塞上。因此，在发动机气缸内，燃料的化学能通过燃烧过程转化为活塞的机械能。指示功率是发动机单位运行时间内克服所有负载所需的动力来源。发动机在运行过程中，其各部件相互关联，形成一个紧凑的整体。这些部件本身也是指示功率必须克服的负载。例如冷却系统的水泵、润滑系统的润滑泵、散热器风扇等，这些部件通常被称为发动机附件。这些附件被视为发动机的寄生负载，因为它们会从指示功率中

汲取能量。除了构成负载的发动机部件外，发动机内部部件之间的摩擦损耗也是发动机的寄生负荷，其原因与发动机附件相同，即消耗指示功率。驱动附件和克服摩擦所需的功率占总功率的5%。为便于理解，以下是各项功率的计算公式。功率单位采用马力（HP）

$$N_e = N_i - (N_g + N_a) \text{ (HP)}$$

其中：

N_e = 有效功率或轴功率（HP）

N_i = 指指示功率（HP）

N_g = 摩擦功率损耗（HP） N_a = 附件功率损耗（HP）

我们在日常生活中经常听到“扭矩”这个词，也常会问一辆车有多少马力？但我们是否真正理解扭矩和马力的影响呢？让我们一起来了解扭矩和马力对车辆的影响。除了车辆的各个部件外，最重要的是了解汽车领域中科学原理的应用，例如力学、空气动力学等，这样我们才能对物理学在汽车中的运作原理有一个大致的了解。通常，汽车或摩托车的宣传册上会标注在转速-n时的最大扭矩值以及在转速下的最大马力值。

3. 单位功率油耗（SFC）

单位燃料消耗量（SFC）是指每单位时间内产生1马力所需的燃料量。因此，SFC是衡量燃油经济性的指标。

$$SFC = m_f / N_e \dots \dots \dots \text{ (公式 2.3)}$$

$$m_f = \frac{V \times \rho \text{ bahan bakar} \dots \dots \dots}{t} \dots \dots \dots \text{ (式2.4)}$$

其中：

S_{fc} = 单位功率燃料消耗 (kg/kW · s)

m_f = 单位时间内的燃料消耗量 (kg/h)

V = 燃料消耗量

T = 消耗燃料所需的时间 (kg/h)

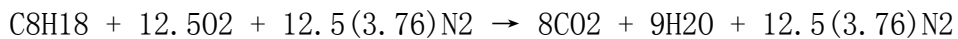
ρ = 燃料的比重

N_e = 产生的功率 (kW)

D. 汽油发动机中的燃烧过程

燃烧是一种在特定温度和压力下，氧气 (O₂) 与燃料中易燃成分之间发生的快速化学反应。燃料中的主要成分包括碳、氢和硫。通常，空气主要由氧气和氢气两种成分组成

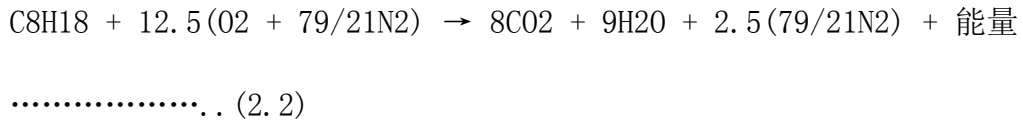
在燃烧过程中，化学能转化为热能，每次燃烧都会产生废气，其中包括二氧化碳 (CO₂)、二氧化氮 (NO₂)、水 (H₂O)、二氧化硫 (SO₂) 和一氧化碳 (CO) 等成分。燃烧过程将燃料的能量转化为动能，这种能量变化源于燃料燃烧的产物。在理论上的完全燃烧中，燃烧反应如下：



数值3.76来源于自由空气中N₂的体积百分比与O₂的体积百分比之比，即79% / 21% = 3.76，且假设氩气、CO₂等其他气体含量极微。



但在实际中，空气中含有约21%的O₂和约79%的N₂。而且只有在实验室条件下才能实现100%完全燃烧。因此，实际燃烧过程如下：



因此，燃烧1摩尔燃料需要（12.5）摩尔燃烧空气，并产生8摩尔CO₂、9摩尔H₂O、12.5(79/21)摩尔N₂以及能量。汽油发动机中的燃料燃烧始于空气与燃料的混合物从化油器经进气阀进入燃烧室，随后在特定压力下由火花塞的火花点燃。火花塞的火花随后以极高的速度点燃了已准备就绪的混合气。由此产生的燃烧推动活塞从上止点移动到下止点，从而驱动曲轴，产生转动或动力。（Aditya, 2012）

汽油燃料质量：

$$C_8H_{18} \text{ 的质量} = C_8H_{18} \text{ 的摩尔数} \times C_8H_{18} \text{ 的分子量}$$

$$= 1 \times 114 = 114 \text{ 克。} \dots\dots\dots (2.3)$$

汽油所需空气的摩尔数：

$$\text{汽油所需空气质量} = \text{汽油所需空气摩尔数} \times \text{汽油所需空气分子量}$$

$$= 12.5 \times 137.28 = 1716 \text{ 克。} \dots\dots\dots (2.4)$$

要计算汽油燃烧过程中燃料和空气的体积，使用以下公式：

汽油燃料体积：

$$\text{体积} = \frac{\text{汽油质量}}{\text{汽油密度}}$$

$$= \frac{0,114 \text{ kg}}{0,7 \text{ kg/升}}$$

$$= 0,163 \text{升} \dots\dots\dots (2.5)$$

汽油燃烧时的空气体积:

$$\begin{aligned} \text{体积} &= \frac{\text{汽油所需空气质量}}{\text{空气密度}} \\ &= \frac{1,716 \text{ kg}}{0,001125 \text{ kg/升}} \\ &= 1525,3 \text{升} \dots\dots\dots (2.6) \end{aligned}$$

而汽油燃烧时的燃料与空气体积比为: 1 : 9357.7

E. 燃料

从技术和经济角度来看, 燃料是指燃烧时能够自行维持燃烧过程并释放热量的物质。燃烧燃料的目的是为了获取热量, 供直接 或间接利用。例如直接利用燃烧过程产生的热量。

已知的几种燃料包括:

- a. 化石燃料, 如: 煤炭、石油和天然气。
- b. 核燃料, 如: 铀和钚。在核燃料中, 热量来源于原子通过放射性衰变发生链式反应的结果。
- c. 其他燃料, 如: 植物残渣、植物油和动物油。在发动机内, 空气与汽油 (以气体形式) 的混合物被活塞压缩至极小体积, 随后由火花塞产生的火花点燃。由于压力巨大, 这种空气-汽油混合物甚至可能在火花塞火花产生之前就自发燃烧。汽油的辛烷值向我们提供了关于在汽油发生自燃前通常需要施加多大压力的信息。如果这种气体混合物因高压 (而非火花塞的火花) 而燃烧, 则会在发动机内产生爆震。这种爆震会导致发动机快速损坏, 因此我们必须避免这种情况

汽油是一种用于机动车辆（通常指摩托车和汽车）发动机的石油燃料。

汽油发动机所用的燃料是汽油（gasoline或petrol）。汽油通常是，含有蜡烃、环烃和芳烃，其比例。目前市面上主要有三种汽油，即优质汽油（Premium）、第一汽油（Pertamax）和轻质汽油（Pertalite）。这三种汽油的质量或性能各不相同。汽油的质量通常用辛烷值（Octane Number）来表示[5]。

F. 辛烷值

辛烷值是衡量作为汽油发动机燃料的汽油质量的指标。辛烷值越高，汽油发生爆震的倾向就越低。爆震是指导致发动机产生异响、降低燃油效率并可能损坏发动机的现象。萘是一种化学溶剂，对提高汽油的辛烷值具有积极作用。为了确定辛烷值，选定了两种化合物作为参照物，即“异辛烷”和正庚烷。这两种化合物是汽油中众多化合物中的两种。异辛烷产生的爆震最少，被赋予辛烷值100；而正庚烷产生的爆震最多，被赋予辛烷值0（零）。由80%异辛烷和20%正庚烷组成的混合物的辛烷值为 $(80/100 \times 100) + (20/100 \times 0) = 80$

辛烷值是衡量作为汽油发动机燃料的汽油质量的参考指标。辛烷值越高，汽油发生爆震的倾向就越低（Rahardjo, 2001 : 97）。作为判断汽油质量的主要因素之一，辛烷值反映了燃料与空气混合物在在压缩行程中发生自燃的能力，即抗爆能力。这意味着，尽管在压缩行程中空气-燃料混合物的温度升高，但产生的能量不足以点燃该混合物。只有当活塞在压缩行程结束时接近上止点，火花塞产生电火花时，燃烧过程才会发生。因此，辛烷值也与发动机的压缩比有关。燃料的辛烷值越高，其在高压压缩时抵抗过早点火的能力就越强，且不受火花塞点火的影响。鉴于此，美国材料与试验协

会（ASTM）制定了汽油抗爆性的评估标准。通过燃料标准化，汽车工业有望生产出在使用符合标准品质的燃料时能够无爆震运行的发动机[7]。

表 2.1. 燃油种类及其辛烷值。

编号	类型	辛烷值
1	Premium	88
2	Pertalite	90
3	Pertamax	92

1. Pertalite

Pertalite是Pertamina生产的一种新型燃油，与Premium相比，Pertalite的燃油品质更高，因为其研究辛烷值（RON）为90，高于仅为RON 88的Premium。据能源与矿产资源部（ESDM）部长苏迪尔曼·赛义德称，Pertalite是一种更清洁、更环保的产品。Pertalite的质量更优，且适用于各类车辆。

Pertalite是Pertamina旗下的一种RON为90的汽油。Pertalite是在炼油厂加工过程中添加了添加剂制成的，于2015年7月24日推出，并在雅加达、万隆和泗水周边的101家加油站进行了试用。此外，与Premium相比，Pertalite具有多项优势。Pertalite推荐用于压缩比在9.1-10.1之间的车辆，以及2000年以后生产的汽车，特别是已采用电子燃油喷射（EFI）和催化转化器等技术的车型。

此外，90号汽油（RON 90）能使采用最新技术的车辆发动机燃烧效率优于88号汽油（RON 88）。因此，它适用于从两轮车到中型多功能车（MPV）的各类车辆。根据Pertamina的测试结果，Avanza车型使用Pertalite每升可行驶

14.78公里，而使用Premium每升仅能行驶13.93公里。

Pertalite的原料成分为RON值在65-70之间的石脑油，为将其RON值提升至90，需添加HOMC（高辛烷值汽油组分），HOMC亦可称为Pertamax，其混合后的RON值在92-95之间，此外还添加了EcoSAVE添加剂。EcoSAVE添加剂并非用于提高辛烷值，而是为了使发动机运转更平稳、更清洁且更省油。Pertalite的优势在于使车辆引擎的加速更加轻盈。正是添加在Pertalite汽油中的添加剂，使其品质超越Premium，并与Pertamax形成竞争。Pertalite呈亮绿色，这是将Premium与Pertamax混合后的结果。

以下是Pertamina版Pertalite的几大优势：

1. 比Premium更清洁，因为其RON值高于88。
2. 售价低于Pertamax。
3. 呈绿色，外观清澈明亮。
4. 不含铅，硫含量最高为0.05%（质量分数），相当于500 ppm。

2. Premium

Premium最初是由石脑油（一种石油蒸馏产品）+ TEL（一种提高辛烷值的添加剂）混合而成，以达到88的RON值。然而，自2006年起，出于环保考量，必须停止使用TEL（一种含有铅——即有害的黑铅——的辛烷值提升剂）。因此，TEL被HOMC（高辛烷值汽油组分，用于将辛烷值提升至88）所取代。HOMC是一种石脑油（石油成分）产品，具有支链和环状结构，辛烷值高（燃烧更充分且瞬间迅速），辛烷值超过92，甚至有95至98以上的。大多数是石脑油进一步加工而成的高辛烷值产品，或是重油裂解产生的HOMC。

高辛烷值的形成源于RCC/FCC/RFCC炼油装置的化学反应器、板式成型装置或

其他催化聚合工艺中的催化裂解或催化合成。Refinery Nusantara虽拥有FCC/RCC装置，但数量有限，尚不足以作为调和原料，无法将印尼产的普通石脑油升级为88号优质汽油

88。仍需从努桑塔拉炼油厂外部补充，即进口。鉴于使用TEL对环境不友好，解决方案是从国外进口HOMC或建设HOMC炼油厂。目前，中爪哇努桑塔拉的一家炼油厂正在建设RFCC装置。区别在于，使用TEL时优质汽油的体积保持不变，因为TEL作为添加剂，在体积上不会增加石脑油转化为ON 88优质汽油时的总体积。Premium + TEL的总体积保持不变。然而，石脑油 + HOMC将产生成比例的总体积。Premium的总体积将增加HOMC的体积，从而提高该石脑油的辛烷值至ON 88。通常，石油蒸馏产生的石脑油辛烷值在65 - 75之间（取决于石油中碳氢化合物链的类型）[7]。

过去的88号汽油，其总体积约等于原油蒸馏产生的石脑油体积。（汽油醚的体积几乎可以忽略不计）现在的88号汽油，其总体积约等于石脑油体积加上额外添加的HOMC体积。（HOMC的体积几乎与石脑油本身相当，因此总体积增加了近一倍）。添加HOMC是为了将本地石脑油（印尼炼油厂原油蒸馏产物，以便畅销）升级为环保型燃油，并满足政府的需求。

如果建造像已投产的巴隆安蓝天项目炼油厂那样的板式炼油厂，或者在努桑塔拉所有炼油厂中采用类似工艺，石脑油就可以升级为92-95号 Pertamax汽油。汽油是一种专为两轮、三轮和四轮机动车辆设计的石油燃料。简而言之，汽油由直链烃组成，分子式范围从C7（庚烷）到C11。换言之，汽油由仅含氢和碳的分子构成，这些分子相互结合形成链状结构。若在理想条件下（氧气充足）燃烧汽油，将产生二氧化碳、水和热能。每公斤汽油含有42.4兆焦耳的能量。汽油由原油制成，这种从地底抽取的黑色液体通常被称为石

油。该液体含有烃；原油中的碳原子通过形成长度各异的链条相互连接。不同长度的烃分子具有不同的性质。CH₄（甲烷）是最“轻”的分子；链中碳原子的增加会使其变得越来越“重”。前四种烃分子分别是甲烷、乙烷、丙烷和丁烷。在常温常压下，这四种化合物呈气态，其沸点分别为-107、-67、-43和-18摄氏度。接下来，从C₅到C₁₈呈液态，而从C₁₉及以上则呈固态。随着烃链长度的增加，其沸点会升高，因此烃的分离是通过蒸馏来实现的。这一原理被应用于中中分离各种馏分烃从原油中。（Mahdiansah, 2010）。

3. Pertamina

Pertamax (RON 92)，Pertamax专为需要使用高辛烷值无铅汽油的车辆设计。Pertamax也推荐用于1990年后生产的车辆，特别是已采用电子燃油喷射和催化转化器等技术的车辆。Pertamax与Premium一样，都是石油加工制成的燃油产品。Pertamax是在炼油厂加工过程中添加了添加剂而制成的。Pertamax于1999年首次推出，旨在替代因含有对环境有害的MTBE成分而停产的Premix 98。此外，与Premium相比，Pertamax具有多项优势。Pertamax推荐用于1990年后生产的车辆，特别是已采用电子燃油喷射（EFI）和催化转化器等技术的车辆。Pertamax Plus (RON 95) 是一种高辛烷值（95）的汽油。Pertamax和Pertamax Plus自2002年12月10日起开始销售。Pertamax Plus专为配备尖端技术、要求使用高辛烷值且环保型燃料的车辆设计。Pertamax Plus 特别推荐用于压缩比大于 10.5 且采用电子燃油喷射（EFI）、可变气门正时（丰田的 VVT-I、铃木的 VVT、本田的 VTEC 以及宝马的 VANOS/Valvetronic）、涡轮增压器以及催化转化器的车辆。（Mahdiansah, 2010）。

G. 动力测试

测功机（通常称为动力测试）是一种用于详细、实时测量发动机功率的仪器。动力测试本身使用两种测量设备，即发动机测功机和底盘测功机。在发动机测功机上，动力测试仅针对车辆发动机进行，旨在测量发动机所能产生的性能参数。通常，该设备由汽车制造商或售后市场供应商提供，并使用类似实验室的封闭空间。

H. Eco Racing

Eco Racing 是一种旨在提升汽油品质的添加剂。其作用之一是提高研究辛烷值（RON）。适用于所有类型的汽油，包括辛烷值88、90、92及更高规格的汽油。在汽车发动机的工作过程中，燃料和润滑剂具有非常重要的功能。燃料的作用是产生热量，并作为能源来源，通过燃烧驱动发动机。而润滑剂则有助于减少摩擦并降低磨损。此外，它还起到冷却和抑制因摩擦产生的噪音的作用[8]

第三章 研究方法

A. 时间与地点

本研究自项目负责人批准后开始，直至宣布结束，计划为期8周。研究地点位于PT. Indako Trading公司，地址：北苏门答腊省棉兰市Siti Rejo 1区 Sisingamangaraja路362号。

表3.1 测试实施时间

活动类型	实施时间（阶段）							
	1	2	3	4	5	6	7	8
文献检索、撰写提案	■							
提交提案			■					
仪器和材料的采购			■					
仪器准备与安装				■	■			
仪器测试及测量				■	■			
数据处理与分析						■		
结论及数据整理						■		
学士学位答辩							■	

B. 仪器与 材料

本研究用于分析“Eco Racing”与Pertalite燃油对四冲程摩托车发动机性能影响的仪器如下。仪器

a. 动力测试仪

这是一种通过测量功率（功率）和扭矩（扭矩）来测试汽车和摩托车发动机性能的方法。



图 3.1. 动力测试仪

1. 材料

a. Pertalite

Pertalite是一种辛烷值（RON）为90的汽油，呈明亮的绿色且清澈。Pertalite的特征是：观察时呈清澈明亮的绿色，压缩比范围为8.1至10.1，以石脑油为原料，含有纯燃料专用添加剂，如清洁剂（清洁剂）、破乳剂（防止结晶和防止水分侵入）以及防锈剂（防止车辆发动机部件发生腐蚀）。将使用的燃料为：

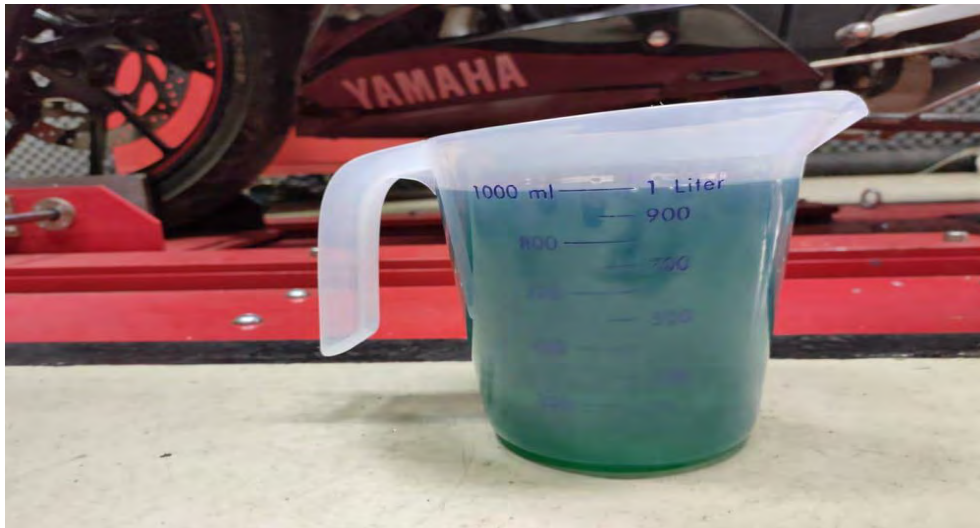


图 3.2. 燃料

b. Eco Racing

Eco Racing是一种旨在提高汽油品质的添加剂。ECO RACING是由100%有机材料制成的燃油添加剂，因此对发动机和人体均安全。由于ECO RACING完全由有机材料制成，因此能与燃油充分融合，从而提高辛烷值并提升发动机性能。所使用的Eco Racing为：



图 3.3. Eco Racing

c. 测试摩托车

测试摩托车为 2018 款雅马哈 R15。该车搭载 155 cc SOHC 4 气门带 VVA（可变气门正时）发动机，可在 10000 RPM 时输出 14.2 kW 的功率，并在 8500 RPM 时达到 14.7 Nm 的峰值扭矩。动力通过6速手动变速箱传递至后轮。2018款雅马哈R15的规格如下：

发动机

表3.2. 雅马哈R15 V3摩托车规格

发动机类型	水冷四冲程，SOHC，4气门，VVA
气缸容积	155.1cc
气缸数/位置	单缸
缸径×行程	58.0 x 58.7 毫米
压缩比	11.6 ± 0.4 : 1
最大功率	14.2 kW/10000 rpm
最大扭矩	14.7 Nm/8500 rpm
启动系统	电动启动
润滑系统	湿式油底壳
发动机机油容量	总容量 = 1.05L；常规 = 0.85 L；更换机油滤清器 = 0.95 L
燃油系统	燃油喷射
离合器类型	湿式多片离合器；辅助及滑动离合器
变速箱类型	手动



图3. 4. 测试发动机

C. 测试设备设置

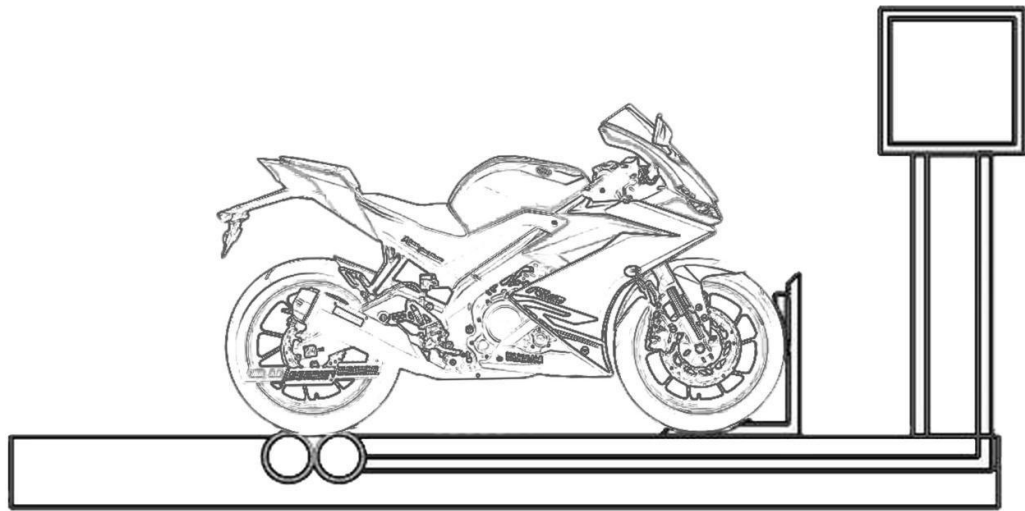


图 3.5. 测试设备布置

本研究需要一套动力测试仪，如图3.7所示。该系统的运作方式是：将摩托车放置在测试系统上，然后根据研究变量加注燃油，并尽可能地运行摩托车。

发动机工作参数包括功率、扭矩和单位功率燃油消耗量的测量。发动机性能测试使用动力测功机（dynotest）进行，测试在PT. Indako Honda Medan公司完成。

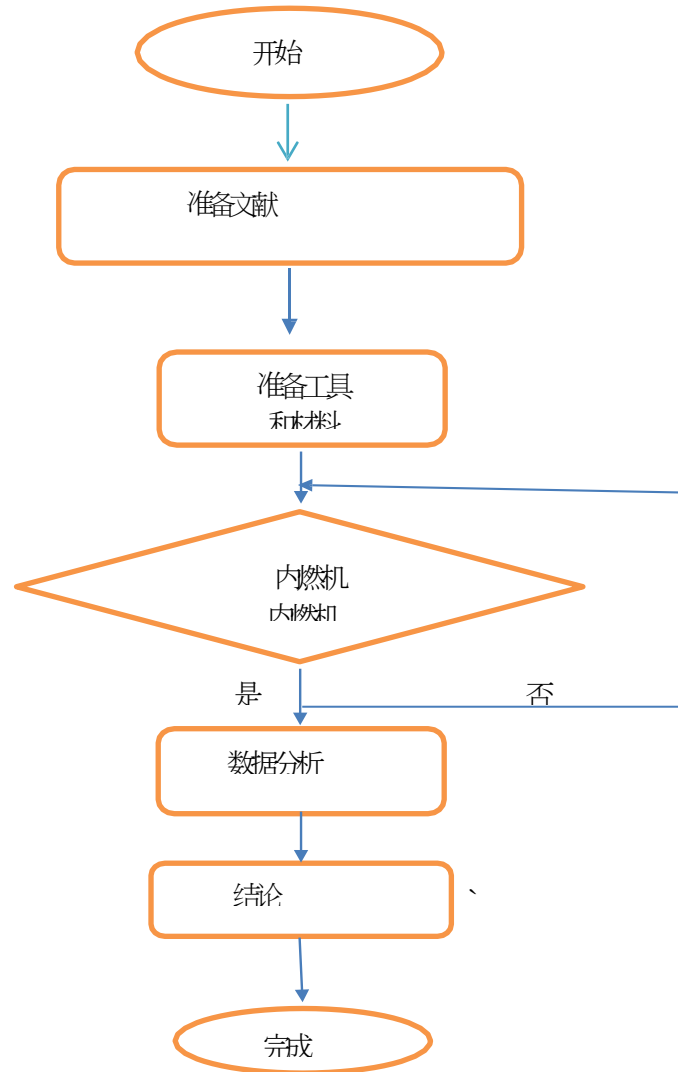
D. 测试步骤

动力测试的工作步骤如下：

1. 首先对润滑油进行初步检查，调整链条，检查轮胎气压，尤其是后轮胎的气压。

2. 开启电脑，将测试时的温度和湿度数据输入程序，并设置接收文件夹用于保存动力测试数据。
3. 将摩托车抬上动力测试台。
4. 将车架固定带安装在摩托车前车架上，另一端锁定在动力测试台机身上，然后拧紧。
5. 拆下连接油箱与化油器的软管，将其连接至装有生物乙醇与Pertalite混合燃料的储液瓶。
6. 将油箱软管连接至化油器。
7. 将前轮放入轮槽，然后调整摩托车与动力测试机滚轮之间的距离。
8. 启动摩托车并让其怠速运转，直至发动机达到理想温度。
9. 在运行模式下准备程序，该模式下
10. 发动机在二挡运行，因为只有在二挡时才能读取转速数值。

下图流程图展示了完成本毕业设计任务的步骤。



第五章

结语

A. 结论

根据前一章所述的测试数据，可得出以下结论：

1. 在4000转/分钟的转速下，使用Pertalite汽油所获得的功率最低，为7.4千瓦。与此同时，使用三粒Eco Racing添加剂混合物所产生的功率为7.5千瓦。Pertalite燃油在6000转/分钟时的峰值功率为10.8千瓦，而添加了Eco Racing添加剂的混合物在6000转/分钟时的功率为10.9千瓦。Pertalite燃油在4000转/分钟时的功率最低。
2. Pertalite燃油在5200转/分钟时达到最大扭矩17.6牛米，而添加了Eco Racing的燃油在4200转/分钟时达到最大扭矩17.6牛米，与Pertalite持平。添加了Eco Racing的Pertalite燃油在5200转/分钟时出现最低扭矩。
3. 燃油消耗量最低的情况出现在混合了Eco Racing的Pertalite汽油中，转速为6000转/分，为0.00070844克/千瓦·秒

B. 建议

1. 有必要进行测试以了解使用Eco Racing混合的Pertalite汽油的成分，例如辛烷值、热值等。
2. 后续测试可采用含量更低的Eco Racing。

参考文献

- [1] F. M. Dewadi, U. Buana, and P. Karawang, “ANALISIS UNJUK KERJA ECO RACING SEBAGAI SUPLEMEN,” no. Ciastech, pp. 335 - 340, 2020.
- [2] M. C. Aprianto and K. Y. Irawan, “Pengaruh Zat Aditif EP dan ER terhadap Efisiensi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Berdasarkan Specific Fuel Consumption (SFC),” vol. 3, no. 1, 2021.
- [3] G. Y. Rahmadian and R. Permatasari, “Pengaruh Penambahan Zat Aditif Octane Booster X Terhadap Kinerja Dan Emisi Gas Buang Kendaraan Sepeda Motor Tipe All New Cbr150R,” *Sinergi*, vol. 21, no. 3, p. 179, 2017, doi: 10.22441/sinergi.2017.3.004.
- [4] J. Fema, W. E. Saputra, H. Burhanuddin, and M. D. S. Es, “PENGARUH PENAMBAHAN ZAT ADITIF ALAMI PADA BENSIN TERHADAP PRESTASI SEPEDA MOTOR 4-LANGKAH Jurnal FEMA , Volume 1 , Nomor 1 , Januari 2013,” vol. 1, no. 2008, pp. 39 - 47, 2013.
- [5] I. S. Matondang, “Analisis Konsumsi Bahan Bakar Jenis Premium, Peralite Dan Pertamina Yang Terpasang Pada Sepeda Motor 125CC,” 2018.
- [6] I. . B. A. I Wayan Budi Ariawan, I.G.B Wijaya Kusuma, “Terhadap Unjuk Kerja Daya , Torsi Dan Konsumsi Bahan,” no. January 2016, 2016.
- [7] R. Saragih and D. S. Kawano, “Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Premium, Pertamina, Pertamina Plus Dan Spiritus Terhadap Unjuk Kerja Engine Genset 4 Langkah,” *J. Tek. ITS*, vol. 2, no. 1, pp. B85 - B89, 2013, [Online]. Available: <http://ejurnal.its.ac.id/index.php/teknik/article/view/2791>.
- [1] W. Adriantono, T. Setiawan, and B. Ariwibowo, “Pengaruh Penambahan Eco Racing Pada Bahan Bakar Emisi Gas Buang Mesin Empat Silinder,” vol. 2, no. 2, pp. 43 - 50, 2000.