

**OPTIMASI PENGGUNAAN JENIS BUSI, OLI DAN CAMPURAN
ETHANOL BENSIN TERHADAP PENINGKATAN SUHU
DAN JARAK TEMPUH SEPEDA MOTOR 4 LANGKAH
DENGAN METODE TAGUCHI**

SKRIPSI

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pendidikan Pada Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang*



**FARIS AFIF
18073055/2018**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
DEPARTEMEN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2022**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Optimasi Penggunaan Jenis Busi, Oli, dan Campuran
Ethanol Bensin Terhadap Peningkatan Suhu dan Jarak
Tempuh Mesin 4 Langkah Dengan metode Taguchi

Nama : Faris Afif

NIM/TM : 18073055/2018

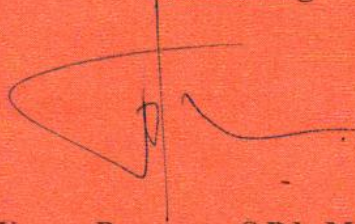
Fakultas : Teknik

Departemen : Teknik Otomotif

Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif

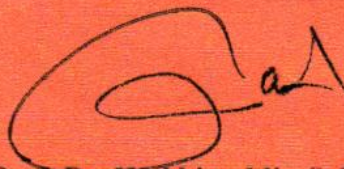
Padang, Oktober 2022

Disahkan Oleh :
Pembimbing



Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D
NIP. 19840915 201012 1 006

Mengetahui :
Kepala Departemen Teknik Otomotif



Prof. Dr. Wakhinuddin S. M.Pd
NIP. 19600314 198503 1 003

HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI

Nama : Faris Afif

NIM : 18073055

Dinyatakan lulus setelah mempertahankan skripsi di depan Tim Penguji

Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif

Departemen Teknik Otomotif

Fakultas Teknik

Universitas Negeri Padang

Dengan Judul

**Optimasi Penggunaan Jenis Busi, Oli, dan Campuran Ethanol Bensin
Terhadap Peningkatan Suhu dan Jarak Tempuh Mesin 4 Langkah
Dengan metode Taguchi**

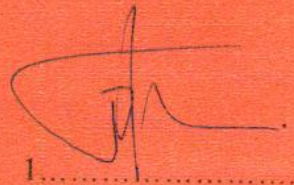
Padang, November 2022

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

1. Ketua : Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D.

1. 

2. Sekretaris : Dr. Remon Lapisa, ST, MT, M.Sc.Tech

2. 

3. Anggota : Dr. Dori Yuvenda, S.Pd, M.T.

3. 



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK

DEPARTEMEN TEKNIK OTOMOTIF

Jl. Prof Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751), FT: (0751) 7055644, 445118 Fax .7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id



Certified Management System
DIN EN ISO 9001:2000
Cert.No. 01.100 086042

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faris Afif
NIM/TM : 18073055/2018
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Departemen : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang

Dengan ini menyatakan, bahwa Skripsi saya dengan judul **“Optimasi Penggunaan Jenis Busi, Oli, dan Campuran Ethanol Bensin Terhadap Peningkatan Suhu dan Jarak Tempuh Mesin 4 Langkah Dengan metode Taguchi”** Adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, November 2022

Saya yang menyatakan,



Faris Afif

18073055/2018

ABSTRAK

Faris Afif. (2022). “Optimasi Penggunaan Jenis Busi, Oli, dan Campuran Ethanol Bensin Terhadap Peningkatan Suhu dan Jarak Tempuh Mesin 4 Langkah Dengan metode Taguchi” *Skripsi*. Padang. Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Penelitian kali ini akan mencari hasil optimal dari penggunaan jenis busi, oli, dan campuran *ethanol* bensin terhadap peningkatan suhu dan jarak tempuh sepeda motor 4 langkah dengan menggunakan metode taguchi, yang mana penelitian ini juga dapat di jadikan sebagai referensi untuk peneliti selanjutnya. Objek penelitian pada penelitian ini adalah sepeda motor Yamaha Vega ZR 2010 modifikasi sistem injeksi.

Pengumpulan data dilakukan secara langsung, seperti uji suhu dilakukan dengan putaran mesin 5000 rpm dengan rentang waktu 2 menit, setiap *run*-nya, sedangkan untuk uji jarak tempuh menggunakan metode *full to full*.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah di lakukan, peningkatan suhu mendapat respon otimal yaitu faktor A1 (Busi Nikel) respon SNR (36,2803), B3 (Oli *Shell Advance*) respon SNR (37,8012), C2 (*ethanol* bensin 75%:25%) respon SNR (36,4388). Sedangkan untuk respon optimal jarak tempuh yaitu faktor A2 (Busi Iridium) respon SNR (28,5501), B2 (Oli Federal Racing) respon SNR (28,5446), C3 (*ethanol* bensin 80%:20%) respon SNR (28,5446).

Kata Kunci: Optimasi, Peningkatan Suhu, Jarak Tempuh, Metode Taguchi.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur kepada Allah SWT, karena atas kehendak dan ridhanya saya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Saya sadari skripsi ini tidak akan selesai tanpa doa, dukungan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan kali ini saya ingin mengucapkan banyak terimakasih kepada :

Ayahanda Syamsuardi dan Ibunda Rika Sakdiah , orang tua paling hebat diantara yang terhebat yang sampai detik ini selalu mendoakan dan memberikan dukungan luar biasa atas segala urusan saya hingga sampai titik menyanggah gelar sarjana/strata satu (S1) ini. Gelar yang saya persembahkan untuk mereka berdua sebagai bukti bahwa mereka berhasil mendidik seorang putra. Kepada Ayah, Ibu, Adek, dan keluarga yang selalu menjadi alasan saya untuk tetap semangat, terimakasih atas do'a dan motivasi tiada henti dari kalian.

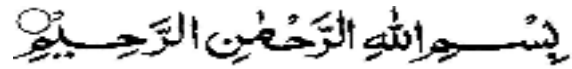
Kepada Alma Sahdya Yurin yang selalu memberikan semangat motivasi dan teman seperjuangan Jurusan Teknik Otomotif angkatan tahun 2018, kakanda dan adinda Jurusan Teknik Otomotif yang sama-sama berjuang dan selalu memberikan banyak bantuan dan semangat dalam penyelesaian skripsi ini.

Hormat saya



Faris Afif
18073055/2018

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, puji dan syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “ ***Optimasi Penggunaan Jenis Busi, Oli Dan Campuran Ethanol Bensin Terhadap Peningkatan Suhu Dan Jarak Tempuh Mesin 4 Langkah Dengan Metode Taguchi*** ”.

Dalam kesempatan ini penulis ucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Fahmi Rizal, M.Pd., M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Prof. Dr. Wakhinuddin S, M.Pd. Selaku Kepala Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Wawan Purwanto, S.Pd., M.T., Ph.D. Selaku Dosen Pembimbing.
4. Ibuk Milana, S.T., M.Sc., Ph.D. Selaku Penasehat Akademik.
5. Seluruh Dosen dan Staf Departemen Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
6. Seluruh keluarga terutama yang telah memberikan semangat, dorongan dan motivasi kepada penulis baik secara materil maupunn non materil dalam penulisan skripsi ini.
7. Rekan-rekan mahasiswa Otomotif yang telah memberi motivasi dan membantu.

Kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini, penulis ucapkan banyak terimakasih, semoga bantuan, bimbingan dan petunjuk yang bapak/ibu, saudara/i berikan menjadi amal ibadah dan mendapat balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan dikarenakan keterbatasan dan kemampuan penulis, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan skripsi ini untuk selanjutnya.

Wassalamu'alaikum warah matullahi wabarakatu.

Padang, Oktober 2022

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
ABSTRAK.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah.....	1
B. Identifikasi masalah	7
C. Batasan Masalah.....	7
D. Rumusan Masalah	8
E. Tujuan Penelitian	8
F. Manfaat Penelitian	8
BAB II KAJIAN TEORI.....	10
A. Kajian Teori	10
B. Penelitian Yang Relevan	48
C. Kerangka Berfikir.....	51
D. Pertanyaan Penelitian	52
BAB III METODE PENELITIAN	53
A. Metode Penelitian.....	53
B. Definisi Operational Variabel Penelitian	54
C. Objek Penelitian.....	55
D. Instrumentasi dan Teknik Pengumpulan Data	56
E. Teknik Analisis Data.....	62

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	65
A. Hasil Penelitian	65
B. Uji Verifikasi.....	73
C. Pembahasan.....	73
BAB V PENUTUP	80
A. Kesimpulan	80
B. Saran	81
DAFTAR PUSTAKA	82
LAMPIRAN	84

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kode Level Faktor.....	55
2. Spesifikasi Yamaha Vega ZR tahun 2010	56
3. Matriks Ortogonal $L_9(3^3)$	57
4. Matriks Ortogonal $L_9(3^3)$	58
5. Pengujian Kenaikan Suhu	61
6. Pengujian Jarak Tempuh.....	61
7. Matrik Ortogonal.....	65
8. Matrik Ortogonal.....	65
9. Pengujian Suhu Mesin.....	66
10. SNR Pengujian Suhu Mesin.....	67
11. Respon SNR Pengujian Suhu.....	68
12. Respon ANNOVA Pengujian Suhu	69
13. Pengujian Jarak Tempuh.....	70
14. Tabel SNR Pengujian Jarak Tempuh.....	71
15. Respon Tabel SNR Pengujian Jarak Tempuh.....	72
16. Respon ANNOVA Pengujian Jarak Tempuh.....	73
17. Level Optimal Suhu Mesin	73
18. Level Optimal Jarak Tempuh.....	73
19. Perbandingan Peningkatan Suhu.....	79
20. Perbandingan Jarak Tempuh.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Cara Kerja Motor Bensin Empat Langkah.....	11
2. Grafik pembakaran sempurna bahan bakar dan udara	14
3. Konstruksi Busi.....	18
4. Konstruksi Busi.....	21
5. Pengaruh suhu operasional busi.....	22
6. Lambang Orthogonal Array	38
7. Kerangka Berfikir.....	51
8. Pengujian Suhu.....	68
9. Grafik Pengujian Jarak Tempuh.....	72
10. Grafik Pareto Pengujian Peningkatan Suhu dan Jarak Tempuh.....	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Surat Izin Penelitian	84
2. Proses dan Hasil Pengujian Peningkatan Suhu	85
3. Dokumentasi Peneltian Jarak Tempuh.....	88
4. Analisis Data Pengujian Suhu.....	91
5. Analisis Data Jarak Tempuh	92

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Perkembangan teknologi di bidang otomotif sekarang ini sangat pesat. Salah satu transportasi yang banyak dipergunakan oleh warga disaat ini yakni sepeda motor. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2020, penggunaan sepeda motor 115.023.451. Kenaikan jumlah pengguna sepeda motor dari tahun 2018 sampai 2020 adalah sebesar 9.682.675. Masyarakat banyak memilih untuk mengendarai sepeda motor sebagai alat transportasi diakibatkan karna motor didukung oleh kinerja mesin yang efisien.

Efisiensi kinerja mesin dipengaruhi oleh sistem pengapian, sistem pelumas dan bahan bakar yang diaplikasikan. Sistem pengapian wajib dimiliki oleh sepeda motor, dikarenakan pengapian yang bagus akan menghasilkan pembakaran yang optimal. Sistem pengapian memiliki komponen wajib yaitu busi. Busi dipasang pada mesin-mesin pembakaran dalam dengan ujung elektroda pada ruang bakar. Kegunaan busi adalah memercikkan bunga api untuk melakukan pembakaran kombinasi bahan bakar serta udara yang telah disemprotkan kedalam ruang bakar.

Masyarakat umum kebanyakan tidak tahu jika tiap motor memiliki perbedaan, maka dari itu kita harus tau busi apa yang cocok untuk kita gunakan pada sepeda motor kita, jika tidak sepeda motor yang kita gunakan performanya akan menurun atau akan ada kendala seperti susah hidup, dan knocking pada mesin.

Dikutip dari Prasetyo dan Rifdarmon (2020: 37) kesimpulan dari hasil penelitian pengaruh penggunaan busi Nikel, busi Iridium dan busi Platinum pada sepeda motor Yamaha Vixion tahun 2015. Daya paling tinggi terdapat pada penggunaan busi Nikel di putaran mesin rata-rata 8935 rpm sebesar 12,7 kW. Torsi tertinggi terdapat pada penggunaan busi Nikel pada putaran mesin rata-rata 7155 rpm sebesar 11,14 Nm. Emisi gas buang terendah terdapat di penggunaan busi Nikel pada putaran mesin *idle*, torsi serta daya maksimal yaitu CO 4,24%, 3,56% dan 7,12%. CO₂ 9,03%, 12,3% dan 9,8%. HC 1214 ppm, 203 ppm dan 540 ppm.

Selain kita harus memperhatikan sistem pengapian, kita juga harus memperhatikan sistem pelumasan. Setiap benda yang bergesekan terutama benda logam harus selalu dilumasi agar tidak terjadi kerugian dari gesekan tersebut. Oleh karena itu, sepeda motor juga ada sistem pelumasan yang berperan buat melumasi komponen mesin sepeda motor. Dikarenakan setiap komponen mesin sepeda motor selalu bergesekan saat bekerja. Sistem pelumasan juga berpengaruh pada efisiensi serta efektivitas kinerja mesin kendaraan bermotor, dimana dalam industri otomotif setiap pabrikan selalu berinovasi mengembangkan berbagai macam pelumas agar tercapai kinerja yang efisien.

Kapasitas serta kuantitas pelumas setiap kendaraan bermotor wajib bekerja secara optimal, disaat beroperasi mesin wajib terdapat oli yang berperan buat melumasi segala komponen mesin. Umumnya masyarakat sekarang jarang memperhatikan kualitas, kuantitas, kekentalan pelumas

mesin sepeda motornya, dan juga tidak sedikit pula masyarakat yang lupa untuk mengganti pelumas mesin sepeda motornya tersebut. Bukan tidak mungkin mesin sepeda motor bisa berjalan tanpa memakai oli, tetapi dampaknya mesin jadi cepat panas serta bisa menyebabkan kehancuran yang lebih banyak.

Pelumas di mesin harus diperhatikan tingkat kualitas, kuantitas dan kekentalan (viskositas). Demi menjaga kualitas minyak pelumas berarti setiap oli yang digunakan dalam mesin harusnya dilakukan pergantian oli dengan oli yang baru, karena oli yang sudah dipakai kualitasnya akan turun, contohnya berubahnya warna oli menjadi hitam. Kuantitas oli pelumas diartikan volume yang ada didalam mesin semestinya diselaraskan dengan volume yang diestimasikan oleh pabrik, karena volume tiap mesin berbeda. Sementara itu kekentalan oli pelumas yakni tingkat kekentalan cairan untuk melumasi tiap-tiap bagian dan celah komponen supaya setiap komponen yang bergesekan tidak meningkatkan keausan tiap komponen sehingga menimbulkan kerusakan dan suara bising.

Penambahan volume oli pada mesin yang melewati batas pada mesin akan membuat kinerja mesin sangat berat, akibatnya gerakan komponen pada mesin mengalami penambahan beban lalu bergesekan lebih banyak dengan oli, karenanya performa mesin yang dihasilkan akan menurun. Mesin yang bising biasanya sudah terjadi keausan pada komponennya tetapi masih bisa diredam oleh penambahan jumlah oli. Oli yang melewati batas dalam mesin menghasilkan kinerja mesin lebih berat, lalu oli yang berlebihan dalam mesin

dapat menimbulkan banyak gelembung udara di mesin, akibatnya kemampuan melumasi akan menurun dan kendaraan akan menjadi lebih konsumtif bahan bakar.

Di masa saat ini seluruh orang berlomba untuk mengembangkan bahan bakar alternatif, dikarenakan sumber utama bahan bakar yaitu minyak bumi sudah mulai menipis. Salah satunya yaitu adalah *ethanol*, karena sumber bahan baku dari *ethanol* mudah di dapatkan. Indonesia merupakan negara tropis yang sangat cocok untuk menanam tanaman bahan baku *ethanol* seperti tebu serta ketela. Bahan baku pembuatan *ethanol* bisa menggunakan ketela serta tebu. *Ethanol* merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang mempunyai keunggulan dibandingkan BBM. Keunggulan tersebut diantaranya adalah angka oktan *ethanol* yang tinggi sehingga lebih tahan terhadap *knocking*, sehingga motor yang menggunakan *ethanol* bisa beroperasi pada rasio kompresi yang lebih tinggi dengan efisiensi termal yang lebih baik. *Ethanol* dengan kadar alkohol 70% memiliki angka oktan 118 (Joko Winarno, 2011), sementara pertalite yang dijual oleh Pertamina memiliki angka oktan 90. Kelemahan dan masalah yang paling mendasar dari penggunaan *ethanol* adalah kemampuan bahan bakar untuk cepat menguap cukup rendah dibandingkan dengan BBM. Hal ini mengakibatkan motor bakar akan sulit hidup pada suhu mesin yang rendah terutama pada saat *start* awal sebelum motor dihidupkan.

Proses pembakaran ialah proses yang memastikan tenaga yang dihasilkan suatu sepeda motor, disamping faktor-faktor lain semacam

kapasitas mesin, metode berkendara, serta umur dari sepeda motor itu sendiri. Ketentuan terbentuknya proses pembakaran di dalam ruang bakar terdapat 3, yaitu kombinasi udara serta bahan bakar, kompresi serta percikan bunga api dari busi. Dari proses pembakaran itu sendiri masih bisa dijabarkan lagi menjadi sebagian aspek antara lain, tipe bahan bakar, mutu bahan bakar yang digunakan, sistem pengapian, serta sistem bahan bakar.

Sistem bahan bakar ialah sistem yang bertugas mensuplai kombinasi bahan bakar ke ruang bakar sesuai dengan kondisi kerja mesin. Apabila sistem bahan bakar bisa mensuplai kombinasi udara serta bensin dengan homogen dan juga rasio yang sempurna hingga akan didapatkan hasil pembakaran yang sempurna serta tenaga yang optimal. Pemanasan bahan bakar yang dicoba saat sebelum bensin masuk ke dalam sistem bahan bakar/ injeksi bisa menolong proses pengkabutan. Proses pemanasan bahan bakar bensin bisa menaikkan angka oktan bahan bakar.

Dari penelitian Suhaimi, Muhammad, Yuda (2022). Tentang kombinasi bahan bakar pertalite dan *ethanol* pada campuran pertalite 70% dan etanol 30% putaran mesin/rpm sudah tidak satabil namun masih bisa menyala samapai putaran tinggi. Sedangkan pada campuran bahan bakar pertamax 40% dan etanol 60% sepeda motor masih menyala namun suhu mesin tinggi, pada campuran pertamax 20% dan etanol 80% mesin masih menyala pada putaran mesin idle, namun pada saat putaran mesin tinggi sepeda motor tidak mau menyala dan suhu mesin tinggi.

Maka dari itu untuk mengoptimalkan peningkatan suhu serta jarak tempuh pada sepeda motor, peneliti akan melakukan optimasi penggunaan jenis busi , oli, dan campuran *ethanol* bensin, dengan harapan dapat meningkatkan efisiensi pembakaran dan meningkatkan performa mesin dengan kenaikan temperatur normal. Untuk itu pada penelitian kali ini yang akan dilakukan peneliti yaitu mencari faktor optimal dari optimasi penggunaan dari beberapa jenis busi, jenis oli dan campuran bensin *ethanol* pada kenaikan temperatur serta jarak tempuh pada sepeda motor 4 langkah.

Berdasarkan dari latar belakang, penulis melakukan penelitian dengan judul **“Optimasi Penggunaan Jenis Busi, Oli, dan Campuran *Ethanol* Bensin Terhadap Peningkatan Suhu Dan Jarak Tempuh Mesin 4 Langkah Dengan Metode Taguchi”**.

B. Identifikasi masalah

Dengan permasalahan di atas, bisa diidentifikasi permasalahan yaitu:

1. Kenaikan jumlah penggunaan sepeda motor yang signifikan sehingga banyak masyarakat yang salah dalam penggunaan busi di setiap sepeda motor.
2. Penggunaan oli yang tidak sesuai kualitas, kuantitas, dan kekentalan pada sepeda motor sehingga mempercepat mengalami panas yang tinggi dan dapat mengakibatkan kerusakan yang lebih besar.
3. Penggunaan campuran pertamax 40% dan 20% dengan *ethanol* 60% dan 80% mengalami kenaikan suhu yang tinggi dan mesin sepeda motor tidak mau hidup.

C. Batasan Masalah

Karena keterbatasan yang peneliti miliki, maka peneliti memfokuskan penelitian pada:

1. Pengujian peningkatan suhu pada sepeda motor 4 langkah.
2. Pengujian jarak tempuh pada sepeda motor 4 langkah.
3. Mengoptimasi penggunaan jenis busi, oli dan campuran *ethanol* bensin terhadap peningkatan suhu dan jarak tempuh sepeda motor 4 langkah dengan metode taguchi.

D. Rumusan Masalah

Berlandaskan batasan masalah diatas maka peneliti dapat merumuskan masalah yakni:

1. Bagaimana pengaruh dari optimasi jenis busi, oli dan campuran *ethanol* bensin pada sepeda motor 4 langkah terhadap peningkatan suhu?
2. Bagaimana pengaruh dari optimasi jenis busi, oli dan campuran *ethanol* bensin sepeda motor 4 langkah terhadap jarak tempuh ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan di lakukan penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui peningkatan suhu yang didapat dengan optimasi jenis busi, oli dan campuran *ethanol* bensin sepeda motor 4 langkah menggunakan metode taguchi.
2. Untuk mengetahui seberapa jauh jarak tempuh yang di dapat dengan optimasi jenis busi, oli dan campuran *ethanol* bensin pada sepeda motor 4 langkah dengan metode taguchi.

F. Manfaat Penelitian

Berikut manfaat penelitian di bawah ini yaitu:

1. Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa memberikan informasi untuk masyarakat untuk pemakaian busi, oli,dan campuran *ethanol* bensin yang sesuai kebutuhan dari hasil pengujian peningkatan suhu dan jarak tempuh yang dihasilkan.
2. Bagi penulis selaku salah satu persyaratan medapatkan gelar strata 1 (S1) program studi Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas

Negeri Padang.

3. Referensi penelitian lanjutan dalam optimasi penggunaan jenis busi, oli, dan campuran *ethanol* bensin pada sepeda motor 4 langkah menggunakan metode taguchi.

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Kajian Teori

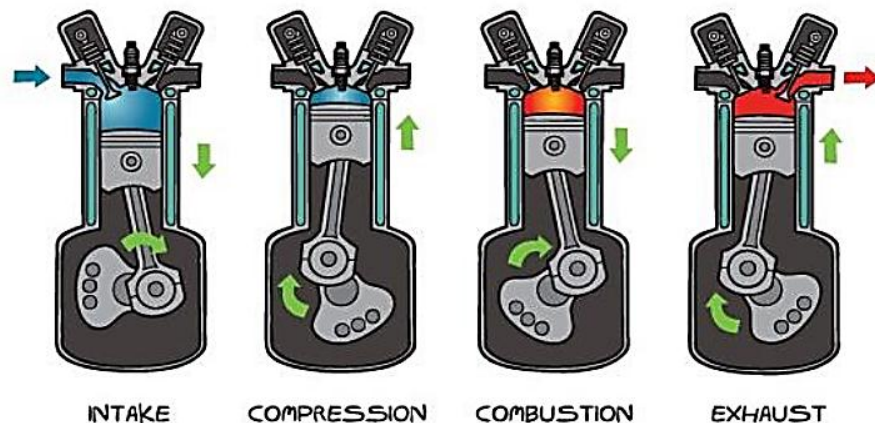
1. Motor Bensin

Motor bensin (*spark Ignition*) merupakan tipe mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*) yang bisa mengganti energi panas dari bahan bakar menjadi energi mekanik yaitu daya poros pada putaran poros engkol. Energi panas diperoleh dari pembakaran bahan bakar dengan udara yang terjadi di ruang bakar (*Combustion Chamber*) beserta bantuan bunga api dari busi untuk menghasilkan gas pembakaran.

Berlandaskan siklus kerjanya motor bensin dibedakan jadi 2 tipe yakni motor bensin 2 langkah serta motor bensin 4 langkah. Motor bensin 2 langkah merupakan motor bensin yang membutuhkan 2 kali langkah torak, serta satu kali putaran poros engkol guna menciptakan satu kali daya (usaha). Sebaliknya motor bensin 4 langkah merupakan motor bensin yang membutuhkan 4 kali langkah torak, serta 2 kali putaran poros engkol guna menciptakan satu kali daya (usaha).

2. Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Tak (Langkah)

Motor bensin 4 langkah memerlukan 4 kali langkah piston atau 2 kali putaran poros engkol untuk menghasilkan 1 siklus kerja. Langkah-langkah tersebut yaitu: langkah isap, langkah kompresi, langkah kerja serta langkah pembuangan.



Gambar 1. Cara Kerja Motor Bensin Empat Langkah
(Sumber: Pratama, A., Harlin, H., & Syofii, I. (2018). 24-35.)

a. Langkah Isap

Langkah isap berlangsung apabila piston berpindah dari titik mati atas mengarah ke titik mati bawah kemudian menciptakan tekanan yang rendah di dalam silinder, sehingga kombinasi bahan bakar udara akan masuk mengisi silinder lewat katup masuk yang terbuka dikala langkah isap, hingga piston meninggalkan titik mati bawah, sebaliknya katup buang tertutup disaat langkah isap.

b. Langkah Kompresi

Langkah kompresi diawali dikala piston bergerak dari titik mati bawah mengarah ke titik mati atas, mengkompresikan kombinasi bahan bakar udara didalam silinder. Bunga api listrik diumpankan lewat busi pada saat piston terletak sebagian derajat poros engkol saat sebelum titik mati atas, kemudian membakar kombinasi bahan bakar udara buat menciptakan temperatur serta tekanan yang besar.

c. Langkah Kerja (*Ekspansi*)

Langkah kerja diawali dikala piston bergerak dari titik mati atas mengarah ke titik mati bawah. Aktivitas piston ini terjadi sebab gas panas hasil pembakaran berekspansi sehingga memperbesar volume silinder.

d. Langkah Pembuangan

Langkah pembuangan, berlangsung pada saat piston bergerak dari titik mati bawah mengarah ke titik mati atas, piston mendorong gas sisa pembakaran keluar lewat katup buang yang terletak dalam posisi terbuka serta katup masuk dalam kondisi posisi tertutup. Katup buang akan tertutup serta katup masuk akan terbuka pada saat piston kembali melaksanakan langkah isap.

3. Pengapian/ Penyalaan

Menurut Bahrul dan Faisal (2016: 77) ”Sistem pengapian merupakan suatu sistem untuk membakar kombinasi bahan bakar yang terkompresi pada ruang bakar dengan memercikan bunga api oleh busi (*spark plug*)”.

Menurut Wardan (1989: 266) “Sistem penyalaan merupakan salah satu sistem yang ada di kendaraan bermotor yang menjamin supaya motor dapat bekerja. Sistem pengapian berfungsi untuk menimbulkan api supaya membakar campuran bahan bakar yang dikompresikan di dalam silinder”. Oleh karena itu sistem pengapian ini harus mampu membakar kombinasi bahan bakar dengan udara yang ada di dalam silinder.

Berdasarkan kutipan para ahli, bisa disimpulkan bahwa sistem pengapian merupakan sebuah sistem yang menimbulkan percikan api busi buat membakar kombinasi bahan bakar serta udara yang sudah dikompresi supaya menghasilkan tenaga.

4. Pembakaran

Pembakaran merupakan suatu akibat yang terjadi antara pembakaran kombinasi bahan bakar serta udara melalui loncatan bung api/ panas (kompresi) di dalam ruang bakar. Kebanyakan pembakaran diartikan berupa reaksi kimia atau reaksi persenyawaan bahan bakar serta oksigen sebagai oksidan bersama temperatur yang lebih besar dari titik nyala.

Dikutip dari Bahrul dan Faisal (2016: 46) menyebutkan bahwa” pada proses pembakaran ada beberapa kemungkinan yang akan terjadi pada mesin bensin, yaitu pembakaran normal serta pembakaran tidak normal (tidak stokiometri)”. Penjelasannya sebaga berikut:

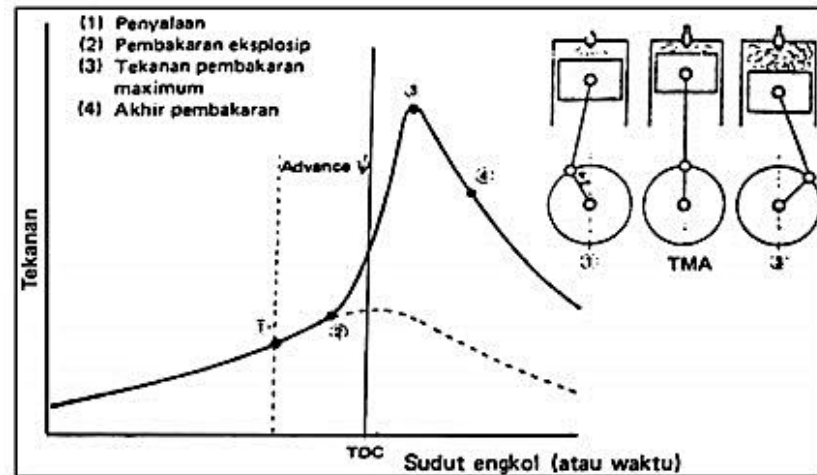
a. Pembakaran Normal

Pembakaran normal (sempurna) merupakan pembakaran yang dimana seluruh faktor didalam bahan bakar menciptakan gas CO_2 serta H_2O sehingga tidak ada bahan bakar yang bersisa. Mekanisme pembakaran normal di motor bensin diawali saat berlangsungnya percikan bunga api listrik di busi.

Menurut Gupta (2009 : 159) menyatakan “pembakaran disebut normal apabila penyebaran nyala api berlanjut ke ujung dari ruang bakar tanpa perubahan secara mendadak atau secara teratur bentuk dan

kecepatan rambatnya.

Mekanisme pembakaran normal dalam motor bensin dapat dibagi menjadi empat fase seperti dijelaskan pada gambar dibawah:



Gambar 2. Grafik pembakaran sempurna bahan bakar dan udara

- Fase penyalan

Periode ini merupakan fase awal busi memercikkan bunga api, dimana partikel-partikel bahan bakar telah dicampur dengan udara masuk ke ruang bakar. Fase ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Temperatur dari nyala api yang dikeluarkan oleh elektroda busi.
- 2) Sifat alami bahan bakar.
- 3) Temperatur dan tekanan didalam silinder.
- 4) Laju aliran campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder.
- 5) Besarnya rasio udara dan bahan bakar yang masuk ke dalam silinder.

- Fase perambatan api (pembakaran *explosive*)

Pada akhir langkah pertama, campuran akan terbakar di beberapa tempat di dalam silinder. Nyala api busi ini akan merambat dengan kecepatan tinggi sehingga seolah-olah campuran terbakar sekaligus. Waktu yang dibutuhkan dalam fase perambatan api dipengaruhi oleh intensitas turbulensi campuran yang masuk kedalam ruang bakar.

Waktu pembakaran terjadi dengan lambat ketika campuran udara dan bahan bakar dalam silinder stagnan atau tidak terjadi turbulensi. Sebaliknya, waktu pembakaran semakin cepat saat turbulensi campuran udara dan bahan bakar semakin meningkat, biasanya seiring dengan peningkatan kecepatan mesin diikuti dengan meningkatnya turbulensi campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar. Durasi dari fase perambatan api selalu konstan terhadap sudut pergerakan poros engkol.

- Fase pembakaran puncak (tekanan pembakaran maksimum)

Akibat nyala api di dalam silinder, maka terjadi kenaikan tekanan akibat pembakaran tersebut. Tekanan pembakaran akan mencapai tingkat maksimum pada posisi tertentu dari piston. Untuk memperoleh tenaga yang tinggi dari hasil pembakaran, maka tekanan pembakaran diusahakan mencapai maksimum setelah piston berada 10° setelah TMA.

Pada fase ini udara yang tersisa semakin sulit bereaksi dengan uap bahan bakar sehingga laju pembakaran menurun, kondisi ini disebut *after burning*. Pada saat yang sama, terjadi produksi panas akibat reaksi kimia proses pembakaran menghasilkan langkah kerja. Energi panas yang dilepaskan hilang melalui dinding silinder dan kepala piston, selanjutnya piston bergerak turun memperbesar volume ruang bakar mengakibatkan tekanan didalam silinder menurun dengan drastis.

- Fase akhir pembakaran

Fase ini merupakan fase akhir dari proses pembakaran dimana tekanan di dalam ruang bakar turun karena piston bergerak turun dan proses pembakaran berakhir.

e. Pembakaran tidak normal (tidak stoikiometri)

Toyota step 2 (1972:2) mengemukakan, *knocking* yaitu proses pembakaran kombinasi bahan bakar serta udara tanpa memakai percikan bunga api busi, tetapi terbakar dengan sendirinya yang disebabkan oleh naiknya tekanan dan temperatur serta sumber panas lainnya.

Pembakaran tidak normal berlangsung ketika bahan bakar tersebut tidak turut dibakar ataupun tidak dibakar bersamaan disaat kondisi yang diperlukan kendaraan dikala proses pembakaran terjalin. Selain itu, pembakaran tidak normal merupakan pembakaran yang

berlangsung di ruang bakar yang mana kombinasi udara serta bahan bakar tidak terbakar seluruhnya, hasilnya pembakaran menjadi tidak sempurna dan menyebabkan timbulnya detonasi (*knocking*) dan juga dapat menimbulkan polusi udara seperti Karbon Monoksida, Hidrokarbon, dan Air.

5. Busi

Menurut Wahyu (2012:149) menyatakan “Busi adalah salah satu komponen utama dan penting dalam sistem pengapian, berfungsi sebagai komponen yang menciptakan loncatan/percikan api dari ujung elektroda busi ke masa busi yang seketika akan terjadi pembakaran kombinasi bahan bakar serta udara di ruang bakar kendaraan”.

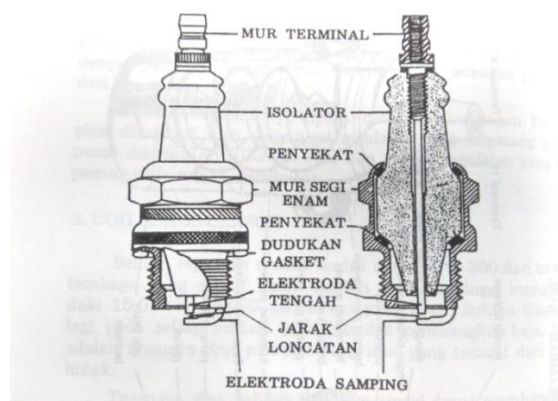
Dikutip dari Wardan (1989:282) “Busi berguna untuk menghasilkan bunga api dengan menggunakan tegangan tinggi yang dihasilkan oleh koil. Bunga api yang dihasilkan oleh busi ini kemudian digukankan untuk memulai pembakaran campuran bahan bakar dengan udara yang sudah dikompresikan di dalam silinder”.

Daryanto (2008:68) memaparkan “Fungsi busi ialah untuk menciptakan pengapian untuk pembakaran motor, karena itu busi terpasang pada kepala silinder, busi hanya dipakai untuk motor bensin”.

Dapat disimpulkan dari para ahli di atas bahwa busi merupakan salah satu komponen penting pada sistem pengapian motor bensin yang berguna buat menghasilkan percikan bunga api sebagai proses awal dari pemabakaran kombinasi bahan bakar serta udara yang dikompresikan ke

dalam ruang bakar untuk menghasilkan tenaga. Busi pada perkembangannya telah banyak menghasilkan jenis dari segi material dan bentuk, sehingga menghasilkan ragam jenis masa pakai hingga kemampuan untuk mesin tertentu. Tetapi terdapat juga bentuk busi dasar dan fungsi busi yang sama yaitu menghasilkan loncatan bunga api ke ruang bakar untuk membakar campuran bahan bakar dan udara.

a. Komponen Busi



Gambar 3. Konstruksi Busi

Sumber: Daryanto (2008: 68)

Busi berfungsi untuk melangsungkan pengapian yang diperlukan untuk pembakaran motor, sebab busi terpasang pada kepala silinder, busi cuma bisa dipakai pada motor bensin.

Berikut bagian bagian utama busi yaitu:

1) Terminal

Komponen ini terbuat dari bahan yaitu baja ,baja tersebut terhubung dengan kabel kabel tegangan tinggi yang dialirkan arus listrik dari koil.

2) Isolator

Berfungsi untuk Mencegah bocornya arus beteganggann tinggi yang dialirkan koil ke elektroda pusat busi.

3) Gasket/*Seal*

Berfungsi supaya kompresi dari ruang bakar tidak ada yang mengalir keluar melalui celah drat busi.

4) *Sheel* (kulit busi)

Sheel terbuat dari besi yang menghubungkan elektroda samping dengan massa, sheel tersebut dibuat menjadi satu dengan ulir busi.

5) Elektroda tengah dan samping

Jarak elektroda tengah dan samping tersebut lebih kurang 0,8 mm, lalu dengan adanya tegangan tinggi maka elektroda dapat meloncat pada jarak tersbut sehingga menimbulkan percikan bunga api yang menyebabkan terjadinya pembakaran didalam ruang bakar.

b. Jenis busi

Dari yang kita ketahui fungsi busi yaitu, sebagai alat yang bisa memercikan bunga api lalu selanjutnya membakar campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresikan. Busi terbagi bedasarkan jenis materialnya dan juga jenis suhunya, Tetapi umumnya busi tergolong menjadi 2 jenis yaitu Busi dingin dan juga busi panas.

Tingkatan panas busi yang beredar dipasaran ada beberapa

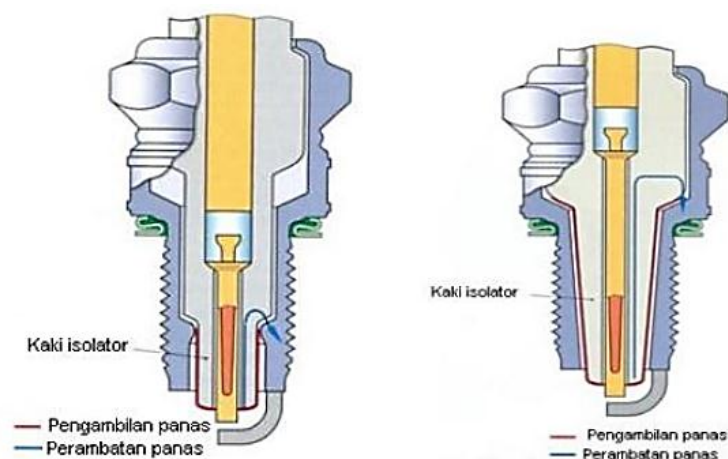
macam tergantung kebutuhan penggunaanya, oleh sebab itu ada terdapat istilah busi panas serta busi dingin. Busi panas merupakan busi yang mentransferkan panas ke kepala silinder secara perlahan-lahan karena busi tersebut mempunyai insulator yang cukup panjang, oleh sebab itu panas dari busi merambat melalui insulator yang panjang tersebut lalu sampai ke kepala silinder melalui bodi busi itu sendiri. Busi jenis ini digunakan pada motor yang pemakain lambat dikarenakan akan adanya deposit yang menempel pada busi, oleh sebab itu dengan menggunakan busi panas deposit yang menempel akan terbakar dan tidak mengganggu efektifitas kerja busi tersebut.

Dibandingkan dengan motor yang digunakan untuk motor jarak yang jauh atau motor yang berjalan pada jalan bebas hambatan, sebaiknya menggunakan busi dingin. Busi ding berbeda dengan busi panas. Jika busi panas mentransferkan panasnya ke kepala silinder membutuhkan waktu yang lama sebaliknya busi dingin mentransferkan panasnya segera/ secara cepat dikirimkan ke kepala silinder sehingga busi dapat bekerja pada temperatur yang relatif lebih dingin.

Dikutip dari Wardan (1989:283) mengatakan ”untuk mengkategorikan busi panas dan busi dingin bisa dilihat dari panjangnya insulator porselin yang terdapat pada busi. Apabila insulatornya panjang maka busi tersebut tergolong busi panas dan begitu juga sebaliknya”.

Erzeddin dan Amrizal (1996:78) memaparkan bahwa “Busi yang cepat mengalirkan panasnya disebut busi dingin dan busi yang lambat mengalirkan panasnya disebut busi panas.

Dari kutipan sebelumnya sejalan dengan pendapat Boerntarto (1993:64) mengatakan “busi dingin merupakan busi yang menyerap dan membuang panas dengan cepat, dengan kata lain busi dingin adalah busi yang tahan tahan panas sedangkan busi panas merupakan busi yang lambat dalam membuang panas, dengan kata lain busi panas adalah busi yang tidak tahan akan panas.”



Gambar 4. Konstruksi Busi

Sumber: Perdana, M. F, dkk. (2020). 8-15.

Elektroda busi harus bisa diterapkan pada suhu kerja, yaitu diantara 400°C-800°C. Apabila suhu elektroda tengah kurang dari 400°C, maka tidak akan cukup untuk bisa membakar endapan karbon yang ditimbulkan oleh pembakaran, sehingga karbon tersebut akan menepel pada permukaan insulator, lalu akan menurunkan hambatan rumahnya. Karena hal tersebut akan mengakibatkan tekanan tinggi yang di berikan ke elektroda tengah menuju ke massa tanpa

meloncatkan dalam bentuk api pada celah elektroda, sehingga mengakibatkan terjadi kesalahan pembakaran (*missfiring*).

Firing end appearance	Effect
Overheated 	May cause pre-ignition
Good 	
Fouled 	May lead to loss of sparks (misfire)

Gambar 5. Pengaruh suhu operasional busi
Sumber : Teknik Sepeda Motor Jilid 2, 2008: 191

Apabila suhu elektroda tengah melebihi 800°C , maka akan terjadi peningkatan kotoran oksida dan terbakarnya elektroda tersebut, dilihat dari gambar 5. Suhu sebesar 950°C pada elektroda busi bisa menjadi sumber panas yang bisa membakar kombinasi bahan bakar tanpa adanya percikan api busi, keadaan tersebut dinamakan *preignition*. Preignition yaitu campuran bahan bakar serta udara yang terbakar lebih cepat karena panas elektroda tersebut sebelum busi bekerja memercikan bunga api (busi terlalu panas berakibat dapat membakar kombinasi bahan bakar dengan sendirinya). Daya mesin akan turun jika terjadi *pre-ignition* karena, waktu pengapian tidak tepat serta mengakibatkan elektroda busi atau piston dapat retak, meleleh sebagian, atau bisa juga lumer.

Dapat dikatakan sebuah busi itu ideal ketika, busi bisa beradaptasi atas semua segala kondisi operasional mesin, mulai dari kecepatan tinggi hingga kecepatan rendah. Sama dengan yang sudah di paparkan sebelumnya, busi dapat bekerja optimal ketika suhu elektroda tengahnya mencapai 400°C-800°C. Ketika berada di suhu ini karbon bisa terbakar habis. Limit suhu terendah terendah dari busi disebut *self-cleaning temperature* (busi mendapatkan suhu membersihkan dengan sendirinya), sedangkan limit suhu tertinggi disebut dengan *pre-ignition*. Jadi dalam pemilihan jenis busi ini kembali lagi pada konsumen tergantung spesifikasi mesin yang digunakan, apakah membutuhkan jenis busi panas atau busi dingin.

6. Oli Pelumas

Oli didapatkan dari proses destilasi yang dilakukan pada minyak bumi, yang mana destilasi ini dilakukan secara bertingkat yang didasari pada titik didihnya (Adawiyah, 2014). Proses pembuatan yang melewati sekian banyak tahapan ini ialah *Deasphalting* berguna supaya bisa menghilangkan kandungan aspal yang terdapat pada minyak. Hidrogenasi berguna untuk menaikkan viskositas dan mutu. Pengoplosan katalis digunakan untuk menyingkirkan parafin, serta meningkatkan suhu pelumas paraffin. *Clay or hydrogen finishing* guna memantapkan warna, kestabilan maupun mutu oli pelumas”.

Arisandi, dkk (2012) juga berpendapat bahwasannya pelumas adalah zat yang pada umumnya adalah benda yang berbentuk cairan, yang

nantinya diberikan di antara dua benda yang saling bergesekan dengan tujuan untuk mengecilkan gaya gesek yang dihasilkan. Siti Yubaidah, dkk (2012) juga menegaskan bahawasannya semakin besar beban dari sebuah motor, maka akan semakin mengecil pula nilai dari viscositas pelumas yang dipakai.

Effendi (2014) menegaskan pelumas mesin berperan dengan baik apabila memenuhi syarat sebagai berikut: a) Low volatility, ialah sifat dari pelumas yang tidak gampang menguap, paling utama pada keadaan operasi. Volatilitas minyak pelumas berperan penting dalam pemilihan tipe pelumas dasar sesuai dengan penggunaannya, b) Fluiditas ialah sifat dari pelumas yang mengalir dalam wilayah tempatnya beroperasi atau bekerja, c) Stabilitas atau kestabilan sepanjang periode penggunaan, d)Kompatibilitas ialah kecocokan pelumas dengan bahan lain yang berada dalam sistem”.

Mutu dari sebuah oli dapat kita dilihat dari bahan dasar pembuatan oli serta zat aditif yang ditambahkan selama proses pembuatan, semakin lengkap zat aditif yang ditambahkan dalam proses pembuatan, maka mutu oli yang dihasilkan juga semakin bagus untuk diaplikasikan, tujuan lain dalam penambahan zat aditif pada oli, yakni agar oli tidak mudah terkontaminasi serta peranan oli selaku pelumas tetap optimal.

Oli pelumas selain berguna untuk melumasi seluruh bagian mesin, juga untuk menghindari keausan mesin, lalu juga berguna sebagai pembersih kotoran serbuk sisa pecahan komponen mesin, serta

menghindari munculnya karat dan sebagai pendingin mesin paling utama piston yang bergesekkan dengan dinding silinder.

Oli pelumas terdiri dari 2 yakni single grade serta multi grade. Oli single grade merupakan oli yang tingkatan viscositas ataupun kekentalannya senantiasa pada temperatur mesin dingin serta temperatur mesin panas misalnya SAE 40, pada negeri yang mempunyai cuaca relatif normal ataupun tidak terpengaruh oleh pergantian temperatur oli ini digunakan. Sebaliknya oli multi grade merupakan oli yang mempunyai 2 ukuran viscositas misalnya SAE 15W40, maksudnya oli itu mempunyai viscositas SAE 15 pada mesin dingin serta SAE 40 pada temperatur mesin panas serta dipakai di negeri yang mempunyai cuaca ekstrim.

7. Bahan Bakar

Menurut jalius dkk (2008 : 46) bahan bakar mesin yakni persenyawaan hidro-karbon yang diproses menggunakan minyak bumi untuk mesin bensin disebut bensin dan untuk mesin diesel disebut minyak solar.

a. Pertalite

Pertalite ialah bahan bakar minyak diproduksi oleh Pertamina dengan RON 90. Pertalite didapat dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak, pertalite mempunyai sejumlah keunggulan dibanding dengan premium. Selanjutnya, RON 90 mewujudkan pembakaran pada mesin kendaraan dengan teknologi terkini yang lebih baik dari pada dengan premium yang memiliki RON

88. Sehingga sesuai digunakan untuk kendaraan roda dua, hingga kendaraan *multi purpose vehicle* ukuran menengah.

b. Pertamax

Dikutip dalam jurnal yang di publish oleh maridjo, dkk(2019) bahan bakar yaitu material yang dapat di ubah menjadi energi. bahan bakar menyimpan energi panas yang dapat dilepaskan jika di oksidasi atau dibakar.

c. *Ethanol*

Dikutip dari jurnal yang di publish Balata Mustafa, dkk (2008) Bioetanol adalah *biofuel* cair yang dapat di produksi dari beberapa bahan baku biomassa yang berbeda dan teknologi konversi.

Ethanol adalah bahan bakar alternatif yang menarik, karena ini adalah sumber daya berbasis bio terbarukan dan itu teroksigenasi sehingga memberikan potensi untuk mengurangi emisi partikulat dalam mesin pembakaran dalam.

Ethanol adalah bahan bakar teroksigenasi yang mengandung 35% oksigen, yang mengurangi emisi partikulat dan *Nox* dari pembakaran. Etanol menyimpan bilangan oktan yang lebih tinggi (108), mudah terbakar, kecepatan nyala yang lebih tinggi dan lebih tinggi penguapan panas. Hal ini memungkinkan untuk yang lebih tinggi rasio kompresi dan waktu pemebakaran yang lebih pendek.

Angka oktan adalah adalah ukuran kualitas bensin dan dapat digunakan untuk pencegahan awal pengapian yang mengarah ke ketukan

silinder. Angka oktan yang lebih tinggi lebih disukai di mesin pembakaran internal. Etanol memberikan nilai antiknock yang menyebabkan bahan bakar lebih irit, dan mengurangi hidrokarbon dan partikulat dalam gas buang.

d. Campuran *Ethanol* dengan bensin

Pemakaian *Ethanol* murni secara langsung pada mesin bensin sulit untuk terbakar, maka dari itu dengan *Ethanol* murni di mesin akan sulit untuk starting. Oleh sebab itu kombinasi *Ethanol* dengan bensin bisa mempermudah starting pada suhu rendah, mengkombinasikan etanol dengan bensin bisa menghasilkan gasohol. Manfaat dari kombinasi ini yaitu *Ethanol* cenderung akan menaikkan bilangan oktan serta mengurangi emisi CO₂.

Menurut eksperimen B2TP BPPT gasohol dengan porsi *Ethanol* hingga 20% mampu langsung digunakan di mesin otomotif tanpa menimbulkan masalah teknis serta sangat ramah lingkungan. Selama ini, pabrikan mobil *ford* telah mengembangkan mobil berbahan bakar *Ethanol* mulai dari E20 sampai E85, E20 berarti 20% *Ethanol* dan 80 % bensin.

8. Suhu

Menurut Sarsinta (2008) temperature merupakan suatu ukuran dingin atau panasnya keadaan maupun sesuatu lainnya. Sedangkan menurut Riyanto (2008) definisi temperature yakni satu ukuran energi kinetik rata-rata dari suatu molekul. Apabila temperatur tinggi maka energi

kinetik rata-rata pun akan besar. Satuan ukur suhu/ Temperatur yang banyak digunakan di Indonesia adalah °C (derajat Celcius). Alat untuk mengukur suhu/ temperatur adalah termometer.

9. Metode Taguchi

Metode Taguchi diaplikasikan oleh perusahaan-perusahaan manufaktur Jepang dalam rangka memperbaiki kualitas produk dan proses. Penekanan lebih diutamakan pada perancangan kualitas proses dan produk, bukan pada taraf inspeksi pada produk. Di dalam perbaikan kualitas secara esensial Taguchi memakai alat-alat statistik, tetapi Taguchi menyederhanakannya dengan mengidentifikasi beberapa petunjuk yang kuat untuk layout eksperimen dan menganalisis hasilnya.

Metode Taguchi diperkenalkan oleh Dr. Genichi Taguchi (1940), seorang konsultan pengendalian kualitas, yang merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dalam dapat menekan biaya dan resources seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk robust terhadap noise, karena itu sering disebut sebagai Robust Design.

Dalam metode Taguchi digunakan matrik yang disebut orthogonal array untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari orthogonal array terletak pada pemilihan kombinasi level dari variable-variabel input untuk masing-masing eksperimen.

Menurut Taguchi, ada dua segi umum kualitas yaitu kualitas

rancangan dan kualitas kecocokan. Kualitas rancangan adalah variasi tingkat kualitas yang ada pada suatu produk yang memang disengaja, sedangkan kualitas kecocokan adalah seberapa baik produk itu sesuai dengan spesifikasi dan kelonggaran yang disyaratkan oleh rancangan.

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut Orthogonal Array. Matriks standar ini merupakan langkah untuk menentukan jumlah percobaan minimal yang dapat memberikan informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari metode Orthogonal Array terletak pada pemilihan kombinasi level variabel-variabel input untuk masing-masing percobaan.

Ross (1996) menjelaskan bahwa filosofi metode taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu :

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target. Produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
3. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Metode Taguchi memperkenalkan pendekatan dengan menggunakan pendekatan desain eksperimen yang berguna untuk:

1. Merancang suatu produk/merancang proses sehingga kualitasnya kokoh terhadap kondisi lingkungan

2. Merancang/mengembangkan produk sehingga kualitasnya kokoh terhadap variasi komponen
3. Meminimalkan variasi di sekitar target

Metode Taguchi menitikberatkan pada pencapaian target tertentu dan mengurangi variasi suatu produk atau proses dengan menggunakan desain parameter. Pencapaian tersebut dilakukan dengan menggunakan ilmu statistika. Apabila ada sejumlah parameter yang diperkirakan mempengaruhi suatu proses, maka dengan prinsip statistika pada metode Taguchi ini dapat dihitung seberapa besar peran masing-masing parameter tersebut dalam mempengaruhi proses ataupun hasil dari proses tersebut. Dengan menggunakan metode taguchi ini dapat ditarik kesimpulan parameter mana yang dominan mempengaruhi proses (control factor) dan parameter mana yang hanya merupakan gangguan (noise) saja. Dengan mengetahui parameter yang dominan, maka dapat dilakukan suatu optimasi pada parameter yang dominan tersebut, sehingga diperoleh proses yang optimum, karena itu disebut sebagai desain parameter. Ada dua kontribusi utama metode Taguchi pada kualitas, yaitu Taguchi Loss function dan Orthogonal Arrays (Wibowo, 2008).

a. Kelebihan dan Kekurangan Metode Taguchi

Roy (2001) menjelaskan bahwa kelebihan metode taguchi dibandingkan dengan desain eksperimen yang lain, meliputi :

1. Metode taguchi lebih efisien karena memungkinkan untuk melaksanakan percobaan yang melibatkan banyak faktor tetapi

jumlah unit percobaan yang diperlukan relatif kecil.

2. Metode taguchi memungkinkan di perolehnya suatu proses yang menghasilkan produk lebih konsisten dan kurang sensitif (*robust*) terhadap variabilitas yang disebabkan oleh faktor-faktor yang tidak dapat di kendalikan (*noise*). Hal ini disebabkan karena *robust design* memperhatikan pengaruh faktor kontrol dan faktor *noise* terhadap rata-rata dan variabilitas suatu performansi secara bersama-sama.
3. Metode taguchi menghasilkan kesimpulan mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap suatu respon dan kesimpulan mengenai taraf-taraf faktor terbaik yang akan menghasilkan respon yang optimum.

Metode taguchi (*robust design*) memberikan cara yang sistematis dan efisien dalam mengoptimalkan performansi desain, kualitas dan biaya (unal 1991).

Metode taguchi juga memiliki kekurangan –kekurangan dibandingkan dengan metode eksperimen lainnya, yaitu rancangan metode taguchi mempunyai struktur yang sangat kompleks, di mana terdapat rancangan yang mengorbankan pengaruh interaksi dan ada pula rancangan yang mengorbankan pengaruh utama dan pengaruh interaksi yang cukup signifikan. Untuk mengatasinya perlu dilakukan pemilihan rancangan percobaan secara hati-hati dan sesuai dengan tujuan dari eksperimen yang dilakukan.

b. Pemilihan Faktor dan Level

Tujuan eksperimen dalam pembuatan produk adalah untuk membuat cara meminimalkan penyimpangan karakteristik kualitas dari nilai targetnya. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan identifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas dengan cara mengubah level-level dari faktor yang sesuai sehingga penyimpangannya dapat dibuat lebih kecil dan karakteristik kualitasnya dapat mencapai target. Dengan kata lain, dengan desain eksperimen kita mencari material terbaik, temperatur terbaik, tekanan terbaik, waktu siklus terbaik, dan sebagainya yang beroperasi bersama dalam proses untuk menghasilkan karakteristik kualitas yang diinginkan.

Faktor-faktor yang menyebabkan keragaman produk berfungsi baik disebut faktor gangguan. Terdapat 3 jenis gangguan, yaitu:

1. Gangguan Eksternal

Faktor gangguan eksternal diartikan sebagai sumber-sumber variabilitas yang berasal dari luar produk. Gangguan eksternal berkaitan dengan lingkungan atau kondisi yang mempengaruhi fungsi ideal dari produk.

2. Gangguan Internal

Gangguan internal berkaitan dengan faktor yang menyebabkan produk menjadi aus, sehingga tidak mencapai target.

3. Gangguan Antar Unit

Keragaman dari unit ke unit berkaitan dengan faktor yang menyebabkan perbedaan antara tiap produk yang telah dibuat dalam

spesifikasi yang sama. Variasi ini tidak dapat dihindari dalam parameter produk dari suatu unit ke unit lainnya.

Faktor gangguan tidak dapat dihilangkan, karena faktor tersebut ada dalam sistem. Karena faktor gangguan tidak dapat dihilangkan, karakteristik kualitas dari produk tidak akan mencapai nilai target. Prinsip kekokohan berusaha untuk mengurangi kerugian dengan melakukan kontrol faktor terhadap faktor gangguan agar supaya spesifikasi produk dapat diidentifikasi dan membuat karakteristik kualitas tidak sensitif terhadap gangguan. Terdapat 4 pendekatan untuk mengurangi *varians* (keragaman), yaitu:

1. Carilah dan hilangkan penyebab perbedaan
2. Toleransi dipersempit
3. Gunakan perancangan kokoh
4. Produk yang cacat dibuang

Cara terbaik untuk mengurangi keragaman produk adalah menerapkan perancangan kokoh. Metode ini terdiri atas pembuatan kinerja produk yang tidak sensitif terhadap faktor gangguan. Dalam banyak hal, toleransi tidak harus terlalu ketat, lingkungan kerja tidak harus dikendalikan secara ketat, meterial yang lebih murah dapat digunakan, kesemuanya itu membuat perancangan kokoh paling ekonomis dari ke empat metode tersebut. Perancangan kokoh dapat mencapai itu semuanya, dengan mengambil keuntungan parameter produk atau proses untuk mengeksploitasi hubungan linier yang tidak

ada antara berbagai faktor dan karakteristik kualitas.

Karakteristik kualitas (variabel respon) adalah objek yang menarik dari produk atau proses. Sebagai contoh persentase kecacatan, kekerasan permukaan, keausan alat, kekuatan tekan, kuat tarik, kekuatan las, temperatur ruang, bahan bakar ekonomis, daya mesin dan sebagainya.

c. *Signal to Noise Ratio (S/N Ratio)*

Dalam bidang rekayasa komunikasi, sebuah kuantitas disebut Signal-to- noise (S/N Ratio) telah banyak digunakan sebagai suatu pilihan karakteristik kualitas. Taguchi, dengan latar belakang rekayasa elektronika dan komunikasi, memperkenalkan konsep ini ke dalam desain eksperimen. Aplikasi S/N Ratio ini berguna untuk meningkatkan kualitas lewat pengurangan variasi dan peningkatkan pengukuran (Taguchi et al., 2005).

Parameter-parameter terkendali yang mungkin berkontribusi untuk mengurangi variasi dan meningkatkan kualitas dapat diidentifikasi dengan menggunakan jumlah variasi pada keadaan sekarang dan pergeseran rata-rata respons kualitas. S/N Ratio mentransformasi data karakteristik kualitas menjadi sebuah bilangan yang merefleksikan jumlah variasi dan pergeseran rata-rata. Oleh karena itu, optimasi proses dilakukan oleh metode taguchi adalah dengan memperhatikan nilai *S/N Ratio*. Prinsip dasarnya adalah pengaturan proses produksi mencapai kondisi yang optimum jika dapat memaksimalkan nilai *S/N Ratio* (wibowo, 2008)

Nilai *S/N Ratio* didapat dari pengolahan data hasil percobaan untuk

beberapa kombinasi *level* pada parameter kendali. Setiap kombinasi akan memiliki nilai tersendiri. Dari nilai tersebut dapat diketahui apakah parameter kendali tersebut cukup memberikan pengaruh yang signifikan pada sebuah proses permesinan sehingga dapat disebut sebuah signal. Atau parameter tersebut hanya memberikan pengaruh yang kecil sehingga dianggap sebagai noise atau gangguan saja. Jika target yang dituju adalah untuk meningkatkan respons output, maka yang dilakukan adalah mencari kombinasi dari parameter kendali yang nilai S/N Ratio dari setiap levelnya memiliki nilai terbesar. Ada tiga jenis *S/N Ratio* yang biasa dipakai dalam optimasi permasalahan statistik, yaitu:

1. *Smaller The Better*

Merupakan karakteristik terukur non negatif dengan nilai ideal nol. Pencapaian nilai mendekati nol maka kualitas akan semakin baik. Optimasi jenis ini biasanya dipakai untuk mengoptimasi suatu cacat pada produk. Dapat juga digunakan untuk menentukan waktu produksi tercepat (paling produktif). Untuk menghitungnya menggunakan rumus (Park, 1996):

$$\frac{S}{N} \text{ Ratio} = 10 \times \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2 \right] \quad (1)$$

Dimana, n = jumlah data

i = data respon pengukuran

2. *Nominal The Better*

Merupakan karakteristik kualitas dengan nilai yang dapat positif maupun negatif. Nilai yang diukur berdasarkan nilai target yang telah ditetapkan. Pencapaian nilai mendekati target yang telah ditetapkan maka kualitas semakin baik. Optimasi ini sering digunakan apabila nilai yang telah ditetapkan merupakan sesuatu yang mutlak atau sangat diharapkan. Jadi tidak boleh lebih besar atau lebih kecil dari nilai yang telah ditetapkan sebelumnya. Contohnya adalah dimensi pada komponen-komponen mekanik (pada industri manufaktur), perbandingan unsur kimiawi pada suatu campuran (pada industri kimia), dan lain-lain. Rumus yang dapat digunakan (Park, 1996):

$$S/N \text{ Ratio} = 10 \times \log \left[\frac{y^2}{s^2} \right] \quad (2)$$

$$s^2 = \frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \quad (3)$$

Dimana: s^2 = varian

n = jumlah pengulangan dari setiap kombinasi

x_i = nilai dari kombinasi ke- n

$\bar{x}$ = nilai rata-rata dari setiap kombinasi

3. *Larger The Better*

Merupakan karakteristik terukur dengan nilai non negatif dengan nilai ideal tak terhingga. Pencapaian nilai mendekati nilai tak terhingga maka kualitas yang dihasilkan akan semakin baik. Optimasi jenis ini merupakan kebalikan dari optimasi smaller the better. Kasus yang biasanya dioptimasi adalah untuk memacri kecepatan penghasilan geram (MRR) yang paling besar, yang berarti semakin besar MRR maka semakin produktif proses produksi tersebut. Rumus yang digunakan (Park, 1996):

$$S/N \text{ Ratio} = -10 \times \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (4)$$

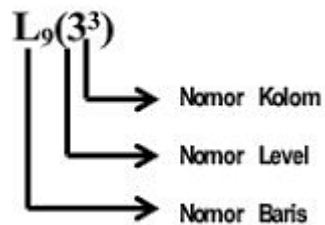
d. *Orthogonal Arrays Experiment*

1. Struktur *Orthogonal Array* (OA)

Metode Taguchi menggunakan seperangkat matriks khusus yang disebut Orthogonal Arrays, untuk menetapkan kombinasi faktor dan level mana yang akan digunakan dalam eksperimen yang efisien dan untuk menganalisa data hasil percobaan. Orthogonal Array adalah sebuah matriks fractional factorial yang menjamin suatu perbandingan yang seimbang antara level-level dari factor ataupun interaksinya dalam kombinasi yang dihasilkan. Orthogonal array digunakan untuk menentukan jumlah eksperimen minimal yang dapat memberi informasi sebanyak mungkin semua faktor yang mempengaruhi parameter. Bagian terpenting dari Orthogonal Array terletak pada pemilihan kombinasi

level dari variabel-variabel input untuk masing-masing eksperimen (Ross, 1989).

Orthogonal Array adalah matriks angka-angka yang disusun kedalam sejumlah baris dan kolom. Setiap baris merepresentasikan level dari faktor pada setiap percobaan (run), dan setiap kolom merepresentasikan faktor atau kondisi tertentu yang dapat berubah dari suatu percobaan ke percobaan lainnya. Array disebut orthogonal karena setiap level dari masing-masing faktor adalah seimbang (balance) dan dapat dipisahkan dari pengaruh faktor yang lain dalam percobaan. Orthogonal Array merupakan suatu matriks faktor dan level yang tidak membawa pengaruh dari faktor atau level yang lain (Park, 1996).



Gambar 6. Lambang Orthogonal Array

Keterangan Gambar:

- Notasi L menyatakan informasi mengenai *Orthogonal Array*
- Nomor baris menyatakan jumlah percobaan yang dibutuhkan ketika menggunakan *Orthogonal Array*
- Nomor kolom menyatakan jumlah faktor yang diamati dalam *Orthogonal Array*

- Nomor *level* menyatakan jumlah *level* faktor

Untuk dua level, tabel OA terdiri dari L4, L8, L12, L16, L32, sedangkan untuk tiga level tabel OA terdiri dari L9, L18, L27 (Taguchi et al., 2005).

Banyaknya level yang digunakan didalam faktor digunakan untuk memilih Orthogonal Array. Jika faktornya ditetapkan berlevel dua maka harus digunakan orthogonal array dua level, begitu seterusnya.

Wibowo (2008) menuliskan bahwa Orthogonal Array mempunyai beberapa manfaat, yaitu:

- a) Kesimpulan yang diambil dapat menjangkau ruang lingkup faktor kendali dan masing-masing level-nya secara keseluruhan.
- b) Sangat menghemat pelaksanaan percobaan karena tidak menggunakan prinsip full factorial experiment seperti percobaan biasa, tetapi menggunakan prinsip fractional factorial experiment. Artinya, tidak semua kombinasi level harus dilakukan percobaan, melainkan beberapa saja. Untuk menentukan level mana yang harus dilakukan dalam pengambilan data, maka harus mengacu pada model OA yang standard.
- c) Kemudahan dalam anlalisis data.

2. Penentuan dan Pemilihan *Orthogonal Array*

Dalam menentukan jenis OA, dua hal yang harus dipertimbangkan, yaitu:

- a) Jumlah *level* dan faktor yang akan diteliti
- b) Interaksi dalam faktor

Orthogonal Array sendiri dapat diklasifikasikan menjadi empat jenis (Park, 1996). Penentuan jenis OA yang digunakan dapat dengan cara memilih salah satu dari keempat jenis OA tersebut yang paling sesuai dengan jumlah faktor dan level yang diteliti dan juga interaksinya. Keempat jenis OA adalah sebagai berikut:

1. *Orthogonal Array* Standar

Tabel OA yang standar terdiri dari empat macam, yaitu untuk 2 level, 3 level, 4 level, dan 5 level. Untuk dua level, tabel OA terdiri dari L4(23), L8(27), L16(215), L32(231), dan L64(263), sedangkan untuk tiga level tabel OA terdiri dari L9(34), L27(213), L81(240). Untuk 4 level tabel OA contohnya L64(421), dan untuk 5 level contohnya L25(56).

2. *Extended Orthogonal Array* atau *Partially Orthogonal Array*

Ketika terlalu banyak faktor yang harus ditempatkan, dan interaksi dapat diabaikan, tabel OA standar dapat diperpanjang untuk menambah jumlah kolomnya untuk mengakomodasi lebih banyak faktor. Contohnya adalah L12(211), dan L27(322).

3. *Mixed Orthogonal Array*

Tabel OA jenis ini mengandung dua jenis level yang berbeda.

OA ini digunakan ketika ada banyak faktor dengan level berbeda, dan interaksi dapat diabaikan. Contohnya adalah L18(21 x 37), L32(21 x 49), L36(211 x 312), L36(23 x 313), L50(21 x 511), dan L54(21 x 325).

4. *Column-Merged Orthogonal array*

Tabel OA ini dibentuk dari tabel OA standar dengan menggunakan metode penggabungan kolom. Contohnya adalah L8(41 x 24), L16(41 x 212), L16(42 x 29), L16(44 x 23), L16(45), dan L16(81 x 28).

e. Tahapan Dalam Metode taguchi

Tahapan ini dibagi menjadi tiga fase utama yang meliputi keseluruhan pendekatan eksperimen. Tiga fase tersebut adalah (1) fase perencanaan, (2) fase pelaksanaan, dan (3) fase analisis. Fase perencanaan merupakan fase yang paling penting dari eksperimen untuk menyediakan informasi yang diharapkan.

Fase perencanaan adalah ketika faktor dan levelnya dipilih, dan oleh karena itu, merupakan langkah yang terpenting dalam eksperimen. Fase terpenting kedua adalah fase pelaksanaan, ketika hasil eksperimen telah didapatkan. Jika eksperimen direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, analisis akan lebih mudah dan cenderung untuk dapat menghasilkan informasi yang positif tentang faktor dan level.

Fase analisis adalah ketika informasi positif atau negatif berkaitan dengan faktor dan level yang telah dipilih dihasilkan berdasarkan dua fase sebelumnya. Fase analisis adalah hal penting terakhir yang mana apakah peneliti akan dapat menghasilkan hasil yang positif. Langkah utama untuk melengkapi desain eksperimen yang efektif adalah sebagai berikut (Ross, 1996):

1. Perumusan masalah: Perumusan masalah harus spesifik dan jelas batasannya dan secara teknis harus dapat dituangkan ke dalam percobaan yang akan dilakukan.
2. Tujuan eksperimen: Tujuan yang melandasi percobaan harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan pada perumusan masalah, yaitu mencari sebab yang menjadi akibat pada masalah yang kita amati.
3. Memilih karakteristik kualitas atau respon yang akan dioptimasi (Variabel Tak Bebas): Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain. Dalam merencanakan suatu percobaan harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas yang akan diselediki.
4. Memilih faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas (Variabel Bebas): Variabel bebas (faktor) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor yang akan diselediki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Dalam seluruh percobaan tidak seluruh faktor yang diperkirakan mempengaruhi variabel yang

diselediki, sebab hal ini akan membuat pelaksanaan percobaan dan analisisnya menjadi kompleks. Hanya faktor-faktor yang dianggap penting saja yang diselediki. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang akan diteliti adalah *brainstorming*, *flowcharting*, dan *cause effect diagram*.

5. Mengidentifikasi faktor terkontrol dan tidak terkontrol: Dalam metode Taguchi, faktor-faktor tersebut perlu diidentifikasi dengan jelas karena pengaruh antara kedua jenis faktor tersebut berbeda. Faktor terkontrol (*control factors*) adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan, atau faktor yang nilainya ingin kita atur atau kendalikan. Sedangkan faktor gangguan (*noise factors*) adalah faktor yang nilainya tidak bisa kita atur atau dikendalikan, atau faktor yang tidak ingin kita atur atau kendalikan.
6. Penentuan jumlah level dan nilai faktor: Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil percobaan dan ongkos pelaksanaan percobaan. Makin banyak level yang diteliti maka hasil percobaan akan lebih teliti karena data yang diperoleh akan lebih banyak, tetapi banyaknya level juga akan meningkatkan ongkos percobaan.
7. Identifikasi Interaksi antar Faktor Kontrol: Interaksi muncul ketika dua faktor atau lebih mengalami perlakuan secara bersama akan memberikan hasil yang berbeda pada karakteristik kualitas dibandingkan jika faktor mengalami perlakuan secara sendiri-sendiri.

Kesalahan dalam penentuan interaksi akan berpengaruh pada kesalahan interpretasi data dan kegagalan dalam penentuan proses yang optimal. Tetapi Taguchi lebih mementingkan pengamatan pada *main effect* (penyebab utama) sehingga adanya interaksi diusahakan seminimal mungkin, tetapi tidak dihilangkan sehingga perlu dipelajari kemungkinan adanya interaksi.

8. Pemilihan Orthogonal Array (OA): Dalam memilih jenis Orthogonal Array harus diperhatikan jumlah level faktor yang diamati yaitu:

- Jika semua faktor adalah dua level: pilih jenis OA untuk level dua faktor.
- Jika semua faktor adalah tiga level: pilih jenis OA untuk level tiga faktor.
- Jika beberapa faktor adalah dua level dan lainnya tiga *level*: pilih yang mana yang dominan dan gunakan *Dummy Treatment*, Metode Kombinasi, atau Metode *Idle Column*.
- Jika terdapat campuran dua, tiga, atau empat *level* faktor: lakukan modifikasi OA dengan metode *Merging Column*.

9. Penugasan untuk faktor dan interaksinya pada *Orthogonal Array*: Penugasan faktor-faktor baik faktor kontrol maupun faktor gangguan dan interaksi-interaksinya pada *Orthogonal Array* terpilih dengan memperhatikan grafik linier dan tabel triangular. Kedua hal tersebut merupakan alat bantu penugasan faktor yang dirancang oleh Taguchi. Grafik linier mengindikasikan berbagai kolom ke mana faktor-faktor

tersebut. Tabel triangular berisi semua hubungan interaksi interaksi yang mungkin antara faktor-faktor (kolom-kolom) dalam suatu OA.

10. Persiapan dan Pelaksanaan Percobaan: Persiapan percobaan meliputi penentuan jumlah replikasi percobaan dan randomisasi pelaksanaan percobaan.

- Jumlah Replikasi: Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Replikasi bertujuan untuk: 1) Mengurangi tingkat kesalahan percobaan, 2) Menambah ketelitian data percobaan, dan 3) Mendapatkan harga estimasi kesalahan percobaan sehingga memungkinkan diadakan test signifikasi hasil eksperimen.
- Randomisasi: Secara umum randomisasi dimaksudkan untuk: 1) Meratakan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit percobaan, 2) Memberikan kesempatan yang sama pada semua unit percobaan untuk menerima suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh pada setiap perlakuan yang sama, dan 3) Mendapatkan hasil pengamatan yang bebas (independen) satu sama lain.

Pelaksanaan percobaan Taguchi adalah pengerjaan berdasarkan penyetelan faktor pada OA dengan jumlah percobaan sesuai jumlah replikasi dan urutan seperti randomisasi. Proses percobaan dilakukan

dengan mengumpulkan data respon sebanyak jumlah baris pada matriks OA yang telah dipilih. Data respon yang telah diperoleh itu kemudian diubah menjadi *S/N Ratios (Signal to noise ratios)*.

11. Analisis Data: Pada analisis dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu lay out tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu percobaan yang dipilih.

12. Interpretasi Hasil: Interpretasi hasil merupakan langkah yang dilakukan setelah percobaan dan analisis telah dilakukan.

f. *Analysis of Variance (ANOVA)*

ANOVA atau analisis varian, digunakan untuk mencari besarnya pengaruh dari setiap parameter kendali terhadap suatu proses. Besarnya efek tersebut dapat diketahui dengan membandingkan nilai *sum of square* dari suatu parameter kendali terhadap seluruh parameter kendali (Wibowo, 2008).

Analisis varians pada metode Taguchi digunakan sebagai metode statistik untuk menginterpretasikan data-data hasil percobaan. Analisis Varians adalah teknik perhitungan yang memungkinkan secara kuantitatif mengestimasi kontribusi dari setiap faktor pada semua pengukuran respon. Analisis varians yang digunakan pada desain parameter berguna untuk membantu mengidentifikasi kontribusi faktor sehingga akurasi perkiraan model dapat ditentukan. *Anova* yang

digunakan dalam hasil eksperimen dengan taguchi pada umumnya adalah analisa ANOVA dua arah. ANOVA dua arah adalah data percobaan yang terdiri dua faktor atau lebih dan dua *level* atau lebih.

Langkah-langkah dalam perhitungan analisis variansi yaitu:

1. Menghitung nilai total Sum of Squares.

$$SS_{Total} = \sum Y^2 \quad (1)$$

2. Menghitung Sum of Squares Due to Mean.

$$Mean = n\bar{y}^2$$

(2)

3. Menghitung Sum of Squares Due to Faktors.

$$SS_A = (nA1 \times A1^2) + (nA2 \times A2^2) + (nA3 \times A3^2) - Mean$$

(3)

4. Menghitung Sum of Squares Due to Error.

$$SS_e = SS_{Total} - SS_{mean} - SS_A - SS_B - SS_C - SS_D \quad (4)$$

5. Menentukan derajat bebas sumber-sumber variansi.

$$DF_A = \text{jumlah level} - 1 \quad (5)$$

6. Menghitung Mean Sum of Squares.

$$M_A = \frac{SS_A}{DF_A} \quad (6)$$

7. Menghitung nilai F ratio.

$$F_A = \frac{M_A}{M_e} \quad (7)$$

8. Menghitung pure sum of squares.

$$SS'_A = SS_A - (DF_A \times M_e) \quad (8)$$

9. Menghitung percent contribution.

$$\rho A = \frac{SS'_A}{SS_t} \times 100\% \quad (9)$$

10. Prediksi kondisi optimum

Prediksi kondisi optimum didapat setelah pengolahan data yang dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata dan nilai SNRnya, lalu hasil kondisi optimum dapat dilihat pada tabel respon SNR.

- g. Uji Verifikasi

Setelah melakukan penelitian dan pengolahan data, maka didapatkan rancangan optimal dari penelitian tersebut. Setelah itu dilakukan eksperimen verifikasi untuk dibandingkan dengan hasil kondisi awal, setelah itu hitung berapa persen peningkatan yang didapatkan rancangan optimal tersebut.

B. Penelitian Yang Relevan

Penelitian relevan yaitu penelitian yang sudah pernah dibuat dan dianggap cukup relevan terhadap judul serta topik yang teliti dan berguna sebagai pedoman.

1. Prabawati Budi Utami, dkk (2020) melakukan penelitian dengan judul

analisis penggunaan berbagai macam jenis merk pelumas terhadap putaran dan temperatur mesin pada honda beat fi dengan hasil pada putaran 1500 rpm temperatur mesin yang paling baik pendinginannya, yaitu pelumas MPX2 dengan suhu tertinggi 54°C, dan ketahanan viskositas pelumas temperatur pelumas yang paling baik yaitu mesaran dengan suhu 74°C. putaran 2500 rpm temperatur mesin yang paling baik pendinginannya, yaitu pelumas Mesran dengan suhu tertinggi 45°C, dan ketahanan viskositas pelumas temperatur pelumas yang paling baik yaitu mesaran dengan suhu 86°C. putaran 3500 rpm temperatur mesin yang paling baik pendinginannya, yaitu pelumas MPX2 dengan suhu tertinggi 59°C, dan ketahanan viskositas pelumas temperatur pelumas yang paling baik yaitu mesaran dengan suhu 86°C.

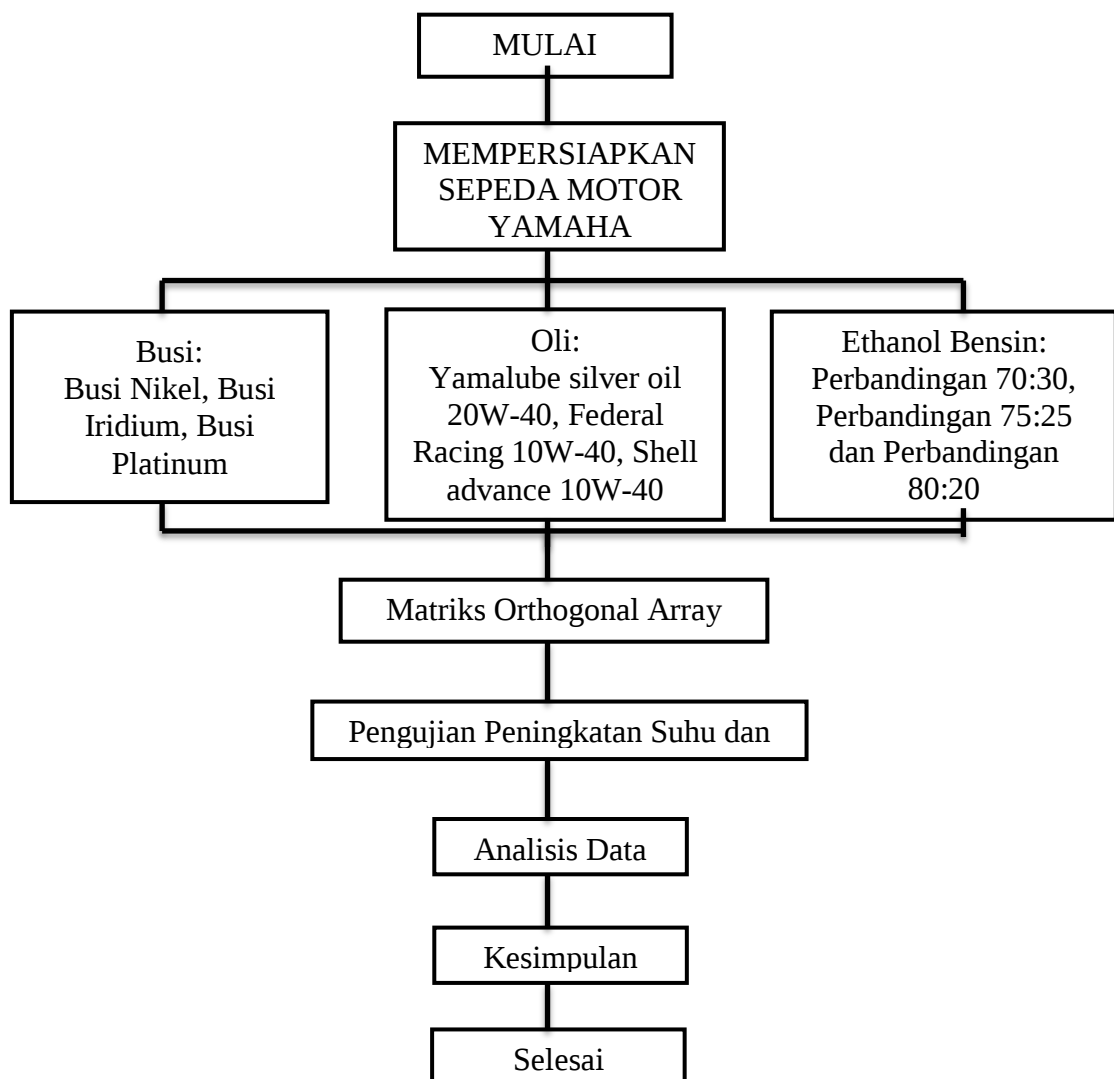
2. Ardiansyah Prasetyo (2020) dengan judul studi analisis variasi penggunaan busi pada sepeda motor yamaha vixion tahun 2015 terhadap daya, torsi dan emisi gas buang. penggunaan penggunaan busi Nikel, busi Iridium dan busi Platinum pada sepeda motor Yamaha Vixion tahun 2015. Daya maksimum terdapat pada penggunaan busi Nikel pada putaran mesin rata-rata 8935 rpm sebesar 12,7 kW. Torsi tertinggi terdapat pada penggunaan busi Nikel pada putaran mesin rata-rata 7155 rpm sebesar 11,14 Nm. Kandungan emisi gas buang terendah terdapat pada penggunaan busi Nikel pada putaran mesin *idle*, torsi dan daya maksimal yaitu CO 4,24%, 3,56% dan 7,12%, CO₂ 9,03%, 12,3% dan 9,8%, HC 1214ppm, 203ppm dan 540ppm.

3. Ari Yulianda , Hasan Maksun dan Donny Fernandez (2015), Pengaruh Penggunaan Berbagai Merek Pelumas Terhadap Tingkat Panas *Engine* Pada Sepeda Motor Empat Langkah yang pada penelitiannya menggunakan Federal Oil, Top 1, Pertamina Enduro, *Shell*, dan Castrol pelumas *Shell* memberikan tingkat panas *engine* terendah dalam semua putaran *engine* (rpm) yang dilakukan, yaitu pada putaran 1400 rpm suhu *engine* 103,6 °C, untuk putaran *engine* 2000 rpm suhu *engine* 110,45 °C, untuk putaran *engine* 2600 rpm suhu *engine* 116,85 °C, dan untuk putaran *engine* 3500 rpm suhu *engine* 123,6 °C. Pelumas *Shell* dapat menjaga dan mengatasi tingkat panas *engine* yang berlebihan dibandingkan dengan pelumas lainnya.
4. Suryaningsih (2010), Desain Eksperimen Taguchi Dalam Menentukan Penyetelan Mesin Yang Optimal Dalam Proses Pengemasan Creamer Untuk Menghasilkan Kekuatan Seal Yang Terbaik. Supaya bisa mendapatkan setelan mesin chin fong untuk menghasilkan kekuatan seal yang optimum, setelan mesinnya adalah Faktor A Level 3 (26°C), Faktor B Level 2 (60 sc permenit), Faktor C Level 3 (195°), dan Faktor D Level 2 (125°). Untuk mendapatkan setelan mesin Masema untuk menghasilkan kekuatan *seal* yang optimum, setelan mesinnya adalah faktor A level 3 (26°C), Faktor B Level 3 (62 sc per menit), faktor C Level 3(135°), dan Faktor D Level 3(150°).

C. Kerangka Berfikir

Dari penelitian ini kita akan mengetahui peningkatan suhu, dan jarak tempuh dari optimasi penggunaan jenis busi, oli, dan campuran *ethanol* bensin (perbandingan 70:30, 75:25 dan 80:20) pada sepeda motor 4 langkah dengan metode taguchi.

Agar lebih jelas berikut kerangka konseptual dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 7. Kerangka Berfikir

D. Pertanyaan Penelitian

Bersumber pada penjelasan permasalahan serta landasan teori yang tertera diatas, sehingga pada penelitian ini peneliti mencantumkan beberapa pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui kenaikan suhu yang didapat dengan cara mengoptimasi jenis busi, oli dan campuran *ethanol* bensin sepeda motor 4 langkah.
2. Mengetahui seberapa jauh jarak tempuh yang di dapat setelah mengoptimasi jenis busi, oli dan campuran *ethanol* bensin pada sepeda motor 4 langkah.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Hasil dari pengujian yang telah peneliti lakukan, kemudian dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk hasil optimasi penggunaan jenis busi, oli ,dan campuran *ethanol* bensin terhadap peningkatan suhu mendapatkan respon optimal yaitu faktor A1 (Busi Nikel), B3 (Oli *Shell Advance*), C2 (*Ethanol* Bensin 75%:25%) dengan nilai respon SNR yaitu A1(36,2803), B3 (37,8012), C2 (36,4388), lalu untuk faktor yang paling berpengaruh dalam penelitian peningkatan suhu berdasarkan tabel respon ANOVA adalah Oli dengan nilai 50,49%, yang kedua yaitu campuran *ethanol* bensin sebesar 30,23%, dan yang terakhir adalah Busi sebesar 12,92%.
2. Untuk hasil optimasi penggunaan jens busi, oli, dan campuran *ethanol* bensin terhadap jarak tempuh mendapatkan respon optimal yaitu faktor A2 (Busi Iridium), B2 (Oli Federal Racing), C3 (*ethanol* bensin 80%:20%) dengan nilai respon SNR yaitu A2 (28,5501), B2 (28,5446), C3 (28,5446), lalu untuk faktor yang paling berpengaruh pada penelitian jarak tempuh berdasarkan tabel respon ANOVA adalah Oli dengan nilai 31,86%, kedua Busi sebesar 28,58%, dan terakhir campuran *ethanol* bensin sebesar 11,74%.

B. Saran

Saran dari peneliti melihat dari kesimpulan penelitian kali ini sebagai berikut:

1. Untuk Pembaca diharapkan bisa memilih variasi optimal pemakaian jenisbusi, oli, dan bahan bakar yang cocok untuk dipakai sehari-hari pada sepeda motor 4 langkah, agar pembakaran campuran udara dan bahan bakar terjadi secara sempurna untuk meningkatkan peforma mesin dan kenaikan suhu pada mesin normal.
2. Untuk peneliti selanjutnya jika ingin melakukan pengembangan dalam penelitian ini, diharapkan melakukan pengembangan pada mesin dan sistem bahan bakar sepeda motor 4 langkah di objek penelitian ini, agar hasil yang di dapatkan lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah Prasetyo dan Rifdarmon. (2020). *“Analisis Variasi Penggunaan Busi Pada Sepeda Motor Yamaha Vixion Tahun 2015 Terhadap Daya, Torsi dan Emisi Gas buang”* (Vol. 1 No.1) 31-38
- Amin, Bahrul. Ismet, Faisal. (2016). *Teknologi Motor Bensin*. Jakarta. Kencana.
- Badan Pusat Statistik. (2020). *Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut JenisTahun 2018-2020*.
- Budi Utami, Prabawati. Dkk. (2020). *ANALISIS PENGGUNAAN BERBAGAI MACAM JENIS MERK PELUMAS TERHADAP PUTARAN DAN TEMPERATUR MESIN PADA HONDA BEAT FI*. *Journal of Vocational Education and Automotive Technology*
- Daryanto. 2008. *Motor Bakar untuk Mobil*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Dhande, D. Y., Sinaga, N., & Dahe, K. B. (2021). *Study on combustion, performance and exhaust emissions of bioethanol-gasoline blended spark ignition engine*. *Heliyon*, 7(3), e06380.
- Effendi, M. Syafwansyah, Adawiyah Rabiatal. (2014). *“Penurunan Nilai Kekentalan Akibat Pengaruh Kenaikan Temperatur Pada Beberapa Merek Minyak Pelumas”*. *Jurnal Intekna*, Tahun XIV, No. 1, Mei 2014 : 1 – 101
- I Gede Wiratmaja. (2010). *“Analisa Unjuk Kerja Motor Bensin Akibat Pemakaian biogasoline”* *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*. (Vol. 4 No.1) 16-25
- Jama, Jalius. (2008). *Teknologi Sepeda Motor Jilid 2 Untuk Sekolah Menengah Kejuruan*. Jakarta: Direktorat Pembinaan SMK.
- Joko, Winarno. (2011). *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Bioetanol Pada Bahan Bakar Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor bensin*. Universitas Janabadra.
- Balat, M., Balat, H., & Öz, C. (2008). *Progress in bioEthanol processing. Progress in energy and combustion science*, 34(5), 551-573.
- Suhaimi, M. Y.(2022). *Pengaruh Mapping Ecu Racing BRT Vega ZR Modifikasi Injeksi Terhadap Torsi Dan Daya Dengan Variasi Injection Timing dan Ignition Timing*. (Skripsi). Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia.