



BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

MOTOR PENGGERAK

- Annisa Nur Ichniarsyah, S.TP.,M.Si
- Azhar, A.Pi.,MM

PUSAT PENDIDIKAN PERTANIAN

Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian
KEMENTERIAN PERTANIAN

2019



MOTOR PENGGERAK

- **Annisa Nur Ichniarsyah, S.TP.,M.Si**
- **Azhar, A.Pi.,MM**

PUSAT PENDIDIKAN PERTANIAN

Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian
KEMENTERIAN PERTANIAN

2019

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

POLITEKNIK PEMBANGUNAN PERTANIAN

ISBN : 978-602- 6367-52-5

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Pusat Pendidikan Pertanian

PENYUSUN

Motor Penggerak

- Annisa Nur Ichniarsyah, S.TP.,M.Si
- Azhar, A.Pi.,MM

TIM REDAKSI

Ketua : Dr. Ismaya Nita Rianti Parawansa, SP.,M.Si

Sekretaris : Yudi Astoni, S.TP.,M.Sc

Pusat Pendidikan Pertanian
Badan Penyuluhan dan Pengembangan Sumber Daya Manusia Pertanian,
Kantor Pusat Kementerian Pertanian
Gedung D, Lantai 5, Jl. Harsono RM, No. 3 Ragunan, Jakarta Selatan 12550
Telp./Fax. : (021) 7827541, 78839234

KATA PENGANTAR

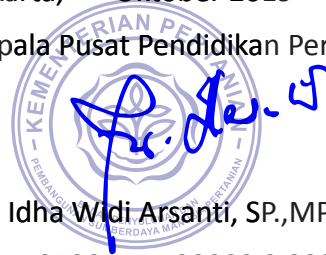
Puji dan syukur kami panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusunan Buku Petunjuk Praktikum dapat diselesaikan dengan baik. Buku Petunjuk Praktikum ini memuat Pokok Bahasan, Indikator Pencapaian, Teori, Bahan dan Alat serta Prosedur Kerja yang telah melalui beberapa diskusi pembahasan termsuk dengan dunia usaha dunia industri.

Terima kasih kami sampaikan kepada tim penyusun yang telah menyusun Buku Petunjuk Praktikum ini serta semua pihak yang telah turut membantu dalam penyelesaiannya. Buku Petunjuk Praktikum ditujukan untuk memenuhi kebutuhan informasi yang diperlukan oleh para mahasiswa, dosen serta pranata laboratorium pendidikan yang akan terlibat dalam proses kegiatan praktikum. Diharapkan pelaksanaan dan penyelenggaraan praktikum dapat terlaksana lebih baik lagi serta mampu meningkatkan kualitas pembelajaran pada lingkup Pendidikan Tinggi Vokasi Pertanian.

Pada kesempatan ini kami menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penyusunan dalam menyelesaikan Buku Petunjuk Praktikum ini. Semoga buku petunjuk praktikum ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa, dosen serta pranata laboratorium pendidikan pada Pendidikan Tinggi Vokasi Pertanian lingkup Kementerian Pertanian.

Jakarta, Oktober 2019

Kepala Pusat Pendidikan Pertanian



Dr. Idha Widi Arsanti, SP.,MP

NIP. 19730114 199903 2 002

PRAKATA

Mata kuliah Motor Penggerak merupakan salah satu mata kuliah wajib di Prodi Teknologi Mekanisasi Pertanian, sesuai dengan kurikulum yang berlaku sejak 2018. Selain kegiatan perkuliahan, mahasiswa juga wajib mengikuti kegiatan praktikum untuk mengasah pengetahuan dan keterampilan tentang cara pengoperasian dan perawatan motor penggerak.

Buku panduan praktikum ini disusun sebagai acuan kegiatan praktikum bagi mahasiswa Polbangtan. Penyusun telah berupaya untuk menyusun buku panduan praktikum sehingga mudah dipraktikkan. Materi buku panduan praktikum ini disesuaikan dengan Rencana Pembelajaran Semester (RPS) yang telah disusun oleh tim dosen.

Kami menyadari bahwa banyak kekurangan dalam buku panduan praktikum ini. Untuk itu, kami sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan buku panduan praktikum ini di masa yang akan datang. Kami mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan buku hingga kami dapat menyelesaikan buku dalam waktu yang telah ditentukan.

Penyusun

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
PRAKATA	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
Praktikum 1. Perkenalan Jenis-Jenis Motor	1
1. Pokok Bahasan	1
2. Indikator Pencapaian	1
3. Teori	1
4. Bahan dan Alat	3
5. Organisasi	3
6. Prosedur Kerja	3
7. Tugas dan Pertanyaan	3
8. Pustaka	3
9. Hasil Praktikum	4
Praktikum 2. Pengenalan Bagian Utama Motor Bakar	6
1. Pokok Bahasan	6
2. Indikator Pencapaian.....	6
3. Teori.....	6
4. Bahan dan Alat	16
5. Organisasi	16
6. Prosedur Kerja	16
7. Tugas dan Pertanyaan	16
8. Pustaka	17
9. Hasil Praktikum	18
Praktikum 3. Penghitungan Efisiensi Motor	20
1. Pokok Bahasan	20
2. Indikator Pencapaian.....	20

3. Teori	20
4. Bahan dan Alat	22
5. Organisasi	23
6. Prosedur Kerja	23
7. Tugas dan Pertanyaan	25
8. Pustaka	25
9. Hasil Praktikum	26
Praktikum 4. Pengenalan Motor Listrik Arus Searah (Motor DC)	27
1. Pokok Bahasan	27
2. Indikator Pencapaian	27
3. Teori	27
4. Bahan dan Alat	30
5. Organisasi	31
6. Prosedur Kerja	31
7. Tugas dan Pertanyaan	32
8. Pustaka	32
9. Hasil Praktikum	32
Praktikum 5. Pengenalan Motor Listrik Arus Bolak Balik (AC)	33
1. Pokok Bahasan	33
2. Indikator Pencapaian	33
3. Teori	33
4. Bahan dan Alat	39
5. Organisasi	39
6. Prosedur Kerja	40
7. Tugas dan Pertanyaan	40
8. Pustaka	40
9. Hasil Praktikum	40
Praktikum 6. Pengenalan Sistem Pendinginan dan Pelumasan	41
1. Pokok Bahasan	41
2. Indikator Pencapaian	41

3. Teori	41
4. Bahan dan Alat	42
5. Organisasi	42
6. Prosedur Kerja	42
7. Tugas dan Pertanyaan	43
8. Pustaka	43
9. Hasil Praktikum	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Komponen Motor Bensin Empat Langkah	7
2. Skema Sistem Bahan Bakar pada Motor Bensin	10
3. Skema Sistem Bahan Bakar Motor Diesel	12
4. Prinsip Kerja Motor Dua Langkah	
(a) Langkah Hisap dan Kompresi	
(b) Langkah Daya dan Buang	13
5. Prinsip Kerja Motor Empat Langkah	15
6. Klasifikasi Jenis Motor Listrik	29
7. Prinsip Medan Magnet Utama dan Medan Magnet Bantu Motor 1 Fasa	35
8. Grafik Gelombang Arus Medan Bantu dan Arus Medan Utama	36
9. Medan Magnet pada Stator Motor 1 Fasa	36
10. Grafik Torsi Kecepatan Motor Induksi AC 3 Fasa (Parekh, 2003)	38

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

MOTOR PENGGERAK

Minggu ke : I

Capaian Pembelajaran Khusus : Memperkenalkan Jenis-Jenis Motor

Waktu : 1 x 170 menit

Tempat : Bengkel Prodi Teknologi Mekanisasi Pertanian

1. Pokok Bahasan :

Perkenalan jenis-jenis motor

2. Indikator Pencapaian :

- a. Mahasiswa dapat merumuskan dan menjelaskan pengertian pesawat tenaga;
- b. Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian dan perbedaan antara motor dan mesin;
- c. Mahasiswa dapat menjelaskan pengertian dan perbedaan motor bakar dalam dan motor bakar luar; dan
- d. Mahasiswa dapat mengklasifikasikan motor bakar menurut perubahan energi, cara pembakaran, prinsip kerja, gerak yang dihasilkan, bahan bakar yang digunakan, siklus kerja yang dilakukan, jumlah dan susunan silinder, bentuk ruang bakar, sistem katup, dan posisi torak.

3. Teori :

Terdapat dua jenis energi yang dapat digunakan secara langsung di bidang pertanian: energi kinetik dan energi panas. Energi kinetik biasa digunakan untuk menggerakkan alat dan mesin pertanian (alsintan). Sedangkan energi panas digunakan untuk kegiatan pengeringan dan pengolahan pascapanen. Contoh penggunaan energi kinetik adalah pada pengolahan tanah menggunakan implemen (bajak), menarik trailer, dan lainnya. Contoh lain adalah penggunaan

energi kinetik untuk memutar poros seperti yang terdapat pada alat pompa air, alat perontok, dan lainnya.

Sumber tenaga penggerak adalah asal dari tenaga yang digunakan pada pekerjaan pertanian. Misalnya, suatu peralatan digerakkan menggunakan motor listrik, sedangkan listrik tersebut dibangkitkan oleh generator yang berputar karena kincir angin. Berarti sumber tenaga untuk peralatan tersebut adalah tenaga angin. Terdapat tiga jenis sumber tenaga yang umum digunakan manusia di bidang pertanian, antara lain tenaga manusia, tenaga hewan, tenaga mesin, dan tenaga alam.

Motor adalah mesin pengubah tenaga yang menghasilkan luaran berupa putaran poros. Motor merupakan sumber penggerak yang keluaran tenaga putarnya digunakan untuk menggerakkan berbagai mesin atau peralatan lain. Motor Penggerak adalah mesin kalor atau mesin konversi energi yang mengubah energi kimia menjadi energi mekanik berupa kerja (rotasi). Pada dasarnya mesin kalor (*Heat Engine*) dikategorikan menjadi dua yaitu:

- a. Motor bakar eksternal (*External Combustion Engine*) yang merupakan mesin yang menghasilkan daya dengan menggunakan peralatan lain untuk menghasilkan media yang dapat digunakan untuk menimbulkan daya seperti turbin uap, dimana uap yang digunakan untuk menghasilkan daya berasal dari proses lain yang terjadi di boiler, di boiler tersebut air dipanaskan sehingga menghasilkan uap (*superheated steam*) dan kemudian uap ini dikirim ke turbin uap untuk menghasilkan daya.
- b. Motor bakar dalam (*Internal Combustion Engine*) yang merupakan mesin yang mendapatkan daya dari proses penggerakannya yang terjadi dalam mesin itu sendiri, hasil penpenggerakan bahan penggerak dan udara digunakan langsung untuk menimbulkan daya. Contohnya mesin yang menggunakan piston seperti mesin bensin, mesin diesel, dan mesin dengan turbin penggerak (turbin gas).

4. Bahan dan Alat :

- 1) Motor bakar bensin
- 2) Motor bakar diesel
- 3) Traktor roda dua
- 4) Traktor roda empat

5. Organisasi :

Mahasiswa menggambar bagian-bagian motor bakar secara berkelompok. Tiap kelompok terdiri atas lima anggota.

6. Prosedur Kerja :

- 1) Mahasiswa dibagi menjadi tiga kelompok besar
- 2) Tiap kelompok secara bergantian menyimak penjelasan dosen/asisten tentang masing-masing motor/traktor
- 3) Mahasiswa menggambar bagian-bagian motor bakar
- 4) Tugas dikumpulkan sehari sebelum pertemuan selanjutnya.

7. Tugas dan Pertanyaan :

Tugas:

- a) Gambarkan bagian-bagian traktor roda dua
- b) Gambarkan bagian-bagian traktor roda empat

Pertanyaan:

- a) Sebutkan apa yang dimaksud dengan mesin?
- b) Sebutkan apa yang dimaksud dengan motor?
- c) Sebutkan apa yang dimaksud dengan motor bakar dalam?
- d) Sebutkan apa yang dimaksud dengan motor bakar luar?
- e) Jelaskan perbedaan motor bakar dalam dan motor luar!

8. Pustaka :

- Arismunandar, 2005. Penggerak Mula Motor Bakar torak. Tiga Serangkai. Jakarta
- Daryanto. 1984. Mengenal Cara Kerja Mobil Secara Praktis. Tarjito:Bandung.
- Purwadi, Tri, dkk. 2009. Buku Panduan Praktikum Azas Konversi dan Konservasi Energi. Yogyakarta: Laboratorium Energi dan Mesin Pertanian Jurusan Teknik Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Purwantana, Bambang. 1999. Motor Penggerak. Yogyakarta: Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada.
- Smith dan Wilkes, 2003. Mesin dan Peralatan Usaha Tani. Tiga Serangkai. Jakarta
- Soesilo, handoko. 1988. Sepeda motor. CV. Karya Utama: Surabaya.
- Okasatria, N dan Agus Budi Jatmiko. 2002. Motor Bakar. Perpustakaan UI: Jakarta.

9. Hasil Praktikum :

Pembahasan

Hasil Pengamatan:

No	Komponen	Fungsi
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

MOTOR PENGGERAK

Minggu ke	: 2 - 5
Capaian Pembelajaran Khusus	: Mengenal Bagian Utama Motor Bakar
Waktu	: 4 x 170 menit
Tempat	: Bengkel Prodi Teknologi Mekanisasi Pertanian

1. Pokok Bahasan :

Pengenalan bagian utama motor bakar

2. Indikator Pencapaian :

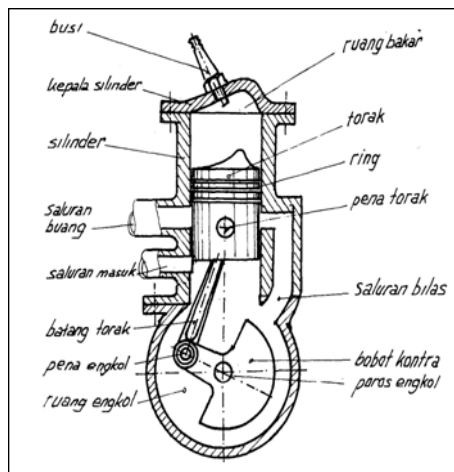
- a. Mahasiswa dapat menjelaskan definisi langkah kerja;
- b. Mahasiswa dapat menjelaskan tentang pembagian kompresi;
- c. Mahasiswa dapat mengklasifikasikan bagian motor bakar yang bergerak dan tidak bergerak;
- d. Mahasiswa dapat menjelaskan karakteristik dan fungsi dari kepala silinder, blok silinder, silinder, rumah engkol, oil pan, saluran isap/buang, torak, katup, poros kem, poros engkol, bantalan, dan roda penerus;
- e. Mahasiswa dapat memahami bagian-bagian motor bensin dan diesel; dan
- f. Mahasiswa dapat memahami kerja motor bensin dan diesel dua langkah dan empat langkah.

3. Teori:

- a. Bagian-bagian motor bakar

Motor bakar terdiri atas bagian-bagian yang disebut suku cadang. Suku cadang terdiri atas beberapa komponen, yaitu komponen yang bersifat statis (diam) dan komponen yang bersifat gerak atau bergesek dan bekerja sesuai dengan

fungsinya masing-masing. Komponen motor bakar secara umum dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Komponen Motor Bensin Empat Langkah

Adapun komponen motor seperti yang terdapat pada Gambar 1 antara lain:

1) Torak (piston)

Torak atau piston adalah bagian motor bakar yang berbentuk silinder yang berfungsi sebagai penekan udara masuk dan penerima tekanan hasil pembakaran pada ruang bakar. Piston terhubung ke poros engkol (*crankshaft*) melalui batang piston (*connecting rod*). Material piston umumnya terbuat dari bahan yang ringan dan tahan tekanan, berupa aluminium yang sudah dicampur bahan tertentu (*aluminium alloy*).

2) Batang torak (*connecting rod*)

Batang torak berfungsi untuk menghubungkan torak ke poros engkol dan selanjutnya meneruskan tenaga yang dihasilkan oleh torak ke poros engkol. Batang torak merupakan bagian penting yang melakukan proses kerja mengubah gerak naik turun menjadi gerak putar.

3) Pena torak (*piston pin*)

Pena torak berfungsi sebagai pengikat torak terhadap batang penggerak yang menghubungkan torak dengan bagian ujung yang kecil *small end* pada batang torak. Selain itu, pena torak juga berfungsi sebagai pemindah tenaga torak ke

batang penggerak agar gerak bolak-balik dari torak dapat diubah menjadi gerak berputar pada poros engkol.

4) Cincin torak (*piston ring*)

Torak dilengkapi tiga cincin yang melingkar di sekelilingnya dan membentuk bidang geser yang melawan dinding silinder. Di dekat puncak torak pada umumnya terdapat dua cincin kompresi. Cincin ketiga yang terletak di bawah cincin kompresi adalah cincin minyak yang berfungsi untuk mencegah minyak pelumas pada dinding silinder masuk ke ruang bakar pada saat langkah kompresi. Cincin torak terbuat dari baja terpasang melingkari kepala torak (*piston*).

5) Poros engkol (*crankshaft*)

Poros putar yang terletak di bagian dasar blok mesin dan ditopang oleh bantalan utama di bak engkol. Poros ini berfungsi mengubah gerak naik turun piston menjadi gerak putar (gerakan bolak-balik torak sebagai akibat tekanan gas pembakaran diubah menjadi gerakan putar dengan perantaraan batang torak).

6) Blok silinder

Blok silinder merupakan bagian dasar dari suatu motor penggerak. Bahan pembuatnya adalah besi tuang atau paduan aluminium. Susunan silinder dipasang pada blok silinder. Bagian atas blok silinder ditutup oleh kepala silinder dan di bagian bawah terdapat bak engkol tempat poros engkol bertumpu.

7) Kepala silinder (*cylinder head*)

Bagian ini adalah penutup ujung bagian atas silinder yang di bagian bawah terdapat katup-katup dan tempat memasang busi (pada mesin bensin). Kepala silinder terbuat dari besi tuang yang tahan terhadap temperatur dan tekanan yang tinggi selama mesin bekerja.

Fungsi utama kepala silinder adalah menyediakan ruang untuk terjadinya pencampuran bahan bakar dan udara sehingga pembakaran dapat terjadi secara efisien. Oleh karena itu, terdapat lubang berbentuk khusus yang berada di atas setiap silinder.

8) *Packing* kepala silinder

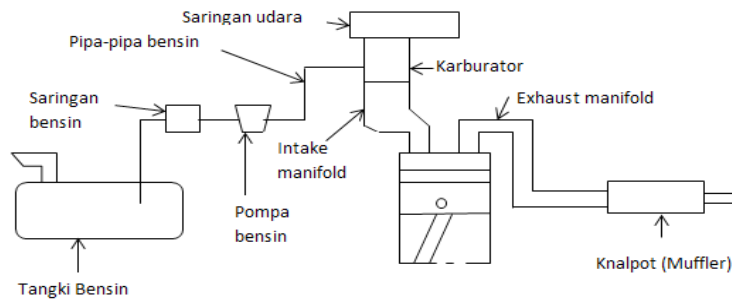
Packing kepala silinder (gasket) berfungsi untuk mencegah kebocoran gas pembakaran, air pendingin, dan oli. Gasket terbuat dari serat aramida (pengganti asbes) dan baja berlaminasi yang berisi lapisan-lapisan logam tipis karena harus tahan panas dan tekanan akibat adanya perubahan suhu.

b. Motor bakar bensin

Motor bensin memiliki karakteristik yang khas sehingga banyak digunakan untuk kendaraan pribadi dan kendaraan kecil yang tidak memerlukan torsi yang besar, antara lain:

- 1) Kecepatannya tinggi,
- 2) Mudah dalam pengoperasiannya,
- 3) Pembakarannya sempurna,
- 4) Digunakan pada mobil penumpang,
- 5) Kompresi rendah dibanding mesin solar,
- 6) Konstruksi tidak sekuat mesin solar, hal ini karena mesin bensin cenderung lebih sedikit getarannya,
- 7) Hasil pembakaran mesin bensin lebih ramah terhadap lingkungan,
- 8) Yang dikompresikan berupa bahan bakar dan udara
- 9) Menggunakan busi sebagai media untuk membakar campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder sebagai loncatan bunga api.

Berikut ini adalah sistem pembakaran pada motor bensin. Secara ringkas, skemanya ditampilkan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Skema Sistem Bahan Bakar Pada Motor Bensin

Adapun bagian-bagian sistem bahan bakar antara lain:

1) Tangki bahan bakar

Tangki bahan bakar umumnya ditempatkan di bagian belakang/bawah kendaraan. Bahan bakar diisap melalui pipa inlet bahan bakar yang ditempatkan 2 – 3 cm di bagian terendah tangki.

2) Saringan bahan bakar

Saringan bahan bakar berfungsi untuk menyaring kotoran dan air yang dibawa oleh bahan bakar. Oleh sebab itu, pembersihan saringan bahan bakar secara berkala perlu dilakukan. Tujuannya adalah untuk menjaga aliran bahan bakar tetap konstan.

3) Pompa bahan bakar

Posisi tangki bahan bakar pada umumnya lebih rendah daripada karburator sehingga dibutuhkan pompa untuk menyalurkan bahan bakar ke karburator. Terdapat dua jenis pompa yaitu mekanik dan elektrik.

4) *Charcoal canister*

Fungsi *charcoal canister* adalah untuk menampung sementara uap bensin yang berasal dari ruang pelampung pada karburator dan uap bensin yang dikeluarkan dari saluran emisi pada saat tekanan di dalam tangki naik karena meningkatnya temperatur sehingga uap bensin tidak terbuang sia-sia keluar.

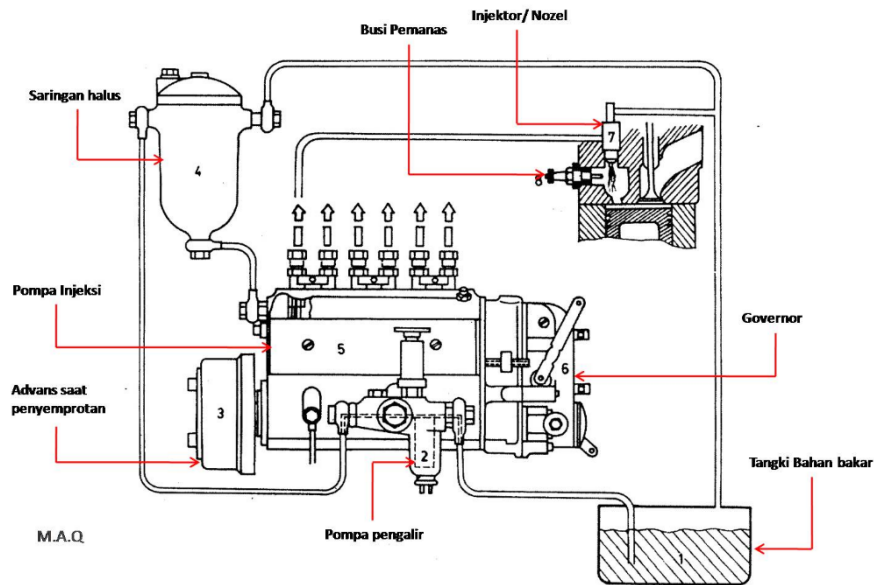
5) Karburator

Karburator mengatur pemasukan, pencampuran, atomisasi bahan bakar ke dalam arus udara sehingga dihasilkan rasio campuran yang sesuai dengan kondisi beban dan kecepatan putar poros engkol. Jumlah bahan bakar yang dapat terbakar bergantung pada jumlah udara yang ada di dalam silinder pada saat langkah isap.

Adapun komponen karburator antara lain: *throttle*, katup udara, *sprayer*, pelampung, dan sistem penyalan. Pada motor bensin, sistem penyalan disebabkan oleh busi.

c. Motor bakar diesel

Motor diesel adalah motor yang dalam proses penyalannya terjadi karena udara murni dikompresi sehingga suhunya naik dan bertemu dengan kabut solar dan akhirnya terbakar. Untuk diesel *indirect* menggunakan panas kompresi yang diperoleh dari pemijar (pemanas) yang dipasang di ruang pembakaran. Berbeda dengan motor bensin, motor diesel tidak menggunakan busi sebagai pemicu penyalan bahan bakar yaitu dengan adanya percikan bunga api pada busi. Pada motor diesel, udara masukan oleh torak ke dalam ruang bakar berupa udara murni. Udara tersebut kemudian dikompresi hingga mencapai suhu dan tekanan tertentu. Pada saat bersamaan dengan gerakan torak menuju titik mati atas (TMA), bahan bakar solar diinjeksi (disemprotkan) ke dalam ruang bakar melalui sebuah *nozzle* melalui pipa tekanan tinggi yang dipompa oleh sebuah injektor dan terjadilah ledakan atau usaha untuk menggerakkan poros engkol. Komponen yang turut membantu terjadinya proses pembakaran dalam ruang bakar antara lain injektor dan pompa injeksi. Proses terjadinya ledakan akibat proses tersebut disebut *self-combustion engine* (pembakaran sendiri). Skema sistem bahan bakar motor diesel dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema Sistem Bahan Bakar Motor Diesel

Sistem bahan bakar atau dikenal dengan istilah injeksi pada motor diesel. Sistem injeksi bahan bakar yang baik dan tepat akan menghasilkan tenaga mesin yang optimal. Sebaliknya sistem injeksi bahan bakar yang kurang baik dan kurang tepat dapat menyebabkan tenaga mesin diesel kurang optimal.

Komponen-komponen injeksi bahan bakar mesin diesel antara lain:

- 1) Tangki bahan bakar
- 2) Pompa penyalur bahan bakar
- 3) Saringan bahan bakar
- 4) Pompa injeksi bahan bakar
- 5) Pipa tekanan tinggi
- 6) Pengabut (*nozzle*)
- 7) Governor

d. Siklus operasi motor bakar

Siklus operasi motor bakar terdiri dari motor bakar dua langkah dan empat langkah. Motor dua langkah hanya membutuhkan satu kali putaran poros engkol

untuk menyelesaikan satu siklus di dalam silinder. Langkah daya dihasilkan pada setiap putara poros engkol. Tidak terdapat katup yang beroperasi pada motor dua langkah. Sebagai gantinya, sebagian besar motor dua langkah menggunakan lubang saluran di dinding silinder. Beberapa motor dua langkah menggunakan katup pasif atau kelopak penutup untuk membantu menutup bak engkol setelah campuran bahan bakar/udara dihisap. Jika seluruh proses pada motor empat langkah berlangsung di atas torak maka motor dua langkah juga memanfaatkan area di bawah torak untuk mempercepat operasi.

Proses kompresi pada motor dua langkah terjadi dua kali setiap putaran. Kompresi pertama terjadi di dalam bak engkol, ketika campuran udara/bahan bakar ditarik ke dalam bak engkol dan selanjutnya dikompresi melalui gerakan engkol dan masuk ke ruang bakar. Kompresi kedua berlangsung di dalam silinder dan ruang bakar hingga dihasilkan tekanan tinggi untuk menyalakan campuran udara/bahan bakar dengan bantuan busi. Prinsip kerja motor dua langkah dapat dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



Gambar 4. Prinsip Kerja Motor Dua Langkah

(a) Langkah Hisap dan Kompresi (b) Langkah Daya dan Buang

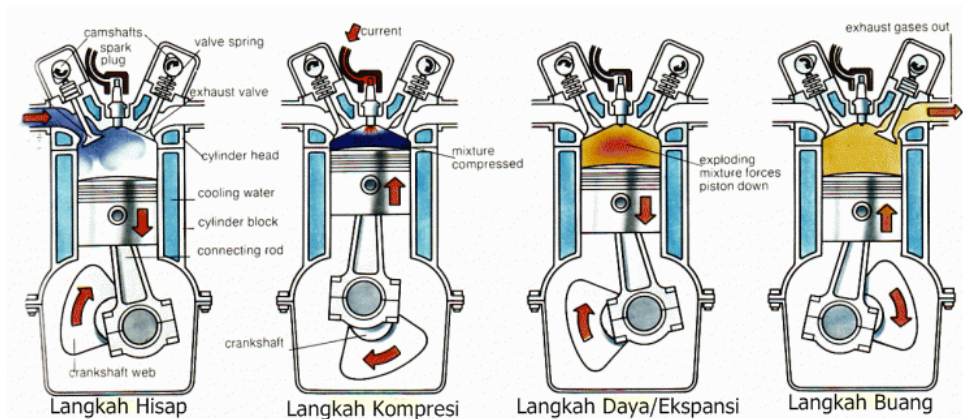
Langkah operasi motor bakar dua langkah antara lain:

1. **Langkah hisap.** Saat torak bergerak menuju TMA, setengah putaran pertama atau 180° , terjadi kevakuman di ruang engkol dan saluran masuk terbuka.

Karena adanya perbedaan tekanan, udara luar dihisap masuk dan bercampur dengan bahan bakar di karburator yang selanjutnya masuk ke ruang engkol.

2. **Kompresi pertama.** Saat torak bergerak ke bawah (setengah putaran atau 180°) menutup lubang saluran masuk dan menekan campuran udara/bahan bakar di dalam bak engkol sehingga tekanan meningkat. Saat torak terus bergerak ke bawah, saluran transfer pada dinding silinder terbuka. Campuran bertekanan didesak naik ke atas di atas piston. Pada titik ini, saluran buang di dinding silinder di seberang saluran transfer juga terbuka.
3. **Langkah kompresi.** Piston bergerak ke TMA, menutup saluran transfer dan buang dan memampatkan campuran udara/bahan bakar ke dalam ruang bakar.
4. **Langkah daya.** Tepat sebelum torak mencapai TMS, busi menyalakan campuran udara/bahan bakar dan tekanan tinggi yang diciptakan mendorong torak ke TMB untuk melakukan langkah daya.
5. **Langkah buang.** Saat torak bergerak ke bawah melakukan langkah daya, saluran buang dan campuran yang masuk dari saluran transfer membantu mendorong gas terbakar ke luar dari mesin. Proses ini disebut **pembilasan**.

Adapun motor empat langkah membutuhkan dua kali putaran poros engkol untuk menyelesaikan satu siklus di dalam silinder. Artinya, setiap silinder membutuhkan empat langkah torak pada dua putaran poros engkol untuk melengkapi siklusnya. Berdasarkan prinsip kerjanya, terdapat beberapa kelebihan yang ditemukan pada motor empat langkah yaitu efisiensi pembakaran yang lebih tinggi dibandingkan motor dua langkah, emisi bahan bakar yang lebih rendah, dan biaya perawatan yang lebih rendah dibandingkan motor dua langkah. Kelebihan-kelebihan ini mampu menutupi kekurangan motor empat langkah yang secara konstruksi lebih rumit dibandingkan dengan motor dua langkah. Prinsip kerja motor empat langkah dijelaskan pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Prinsip Kerja Motor Empat Langkah

1. **Langkah hisap.** Langkah ini diawali dengan posisi torak di TMA dan berakhir dengan posisi torak di TMB sehingga menghisap campuran segar ke dalam silinder.
2. **Langkah kompresi.** Langkah ketika kedua katup tertutup di mana campuran di dalam silinder dimampatkan dan volumenya diperkecil. Menjelang akhir langkah kompresi, pembakaran diaktifkan dan tekanan silinder naik dengan cepat.
3. **Langkah daya** atau langkah ekspansi, diawali dengan posisi torak di TMA dan berakhir di TMB ketika temperature dan tekanan gas yang tinggi mendorong torak ke bawah dan memaksa poros engkol untuk berputar. Ketika torak mendekati TMB, katup buang terbuka untuk mengawali proses buang dan tekanan silinder turun mendekati tekanan buang.
4. **Langkah buang.** Langkah ketika sisa gas yang dibakar keluar dari silinder disebabkan tekanan silinder yang lebih tinggi dibandingkan tekanan buang. Gas kemudian didorong keluar oleh torak ketika bergerak ke arah TMA. Ketika torak mendekati TMA, katup masukan terbuka. Sesaat telah TMA, katup buang menutup dan siklus dimulai lagi.

4. Bahan dan Alat :

- 1) Blok mesin bensin
- 2) Blok mesin diesel
- 3) Alat tulis

5. Organisasi :

- 1) Mahasiswa dibagi ke dalam kelompok kecil dengan anggota per kelompok lima orang.
- 2) Setiap kegiatan praktikum dicatat dan didokumentasikan dengan baik sehingga menjadi data praktikum yang baik.

6. Prosedur Kerja :

- 1) Perhatikan dengan seksama bagian-bagian motor bakar. Tuliskan dengan rinci apa kegunaan masing-masing bagian mesin tersebut.
- 2) Perhatikan sistem penyaluran bahan bakar motor bensin dari model *cut-off* motor bensin.
- 3) Perhatikan sistem penyaluran bahan bakar motor diesel dari model *cut-off* motor diesel.
- 4) Perhatikan siklus operasi motor dua langkah dan empat langkah. Lihat apakah ada perbedaan dari kedua jenis siklus operasi motor tersebut!

7. Tugas dan Pertanyaan :

Tugas:

- a) Gambarlah bagian-bagian motor bakar. Jelaskan dengan rinci apa kegunaan masing-masing bagian mesin tersebut.
- b) Gambarlah sistem penyaluran bahan bakar motor bensin dari model *cut-off* motor bensin.
- c) Gambarlah sistem penyaluran bahan bakar motor diesel dari model *cut-off* motor diesel.
- d) Gambarlah siklus operasi motor dua langkah dan empat langkah.

Pertanyaan:

- a) Sebutkan bagian motor bakar yang bergerak dan tidak bergerak!
- b) Jelaskan komponen utama dalam sistem penyaluran bahan bakar motor bensin
- c) Jelaskan komponen utama dalam sistem penyaluran bahan bakar motor diesel
- d) Apa sajakah perbedaan siklus operasi motor dua langkah dan empat langkah

8. Pustaka :

- Arismunandar, Wiranto. 1994. Motor Bakar Torak: Penggerak Mula. Bandung: ITB
- Cengel, Yunus A dan Michael A. Boles. 2015. Thermodynamics: An Engineering Approach 8th Edition. New York: McGraw Hill
- Goering, Carroll E dan Allan C. Hansen. 2004. Engine and Tractor Power 4th Edition. St. Joseph. Michigan: ASAE
- Griswold, John. 1996. Fuel Combustion and Furnaces. London: Mc. Graw- Hill.
- Ferguson, Colin R dan Allan T. Kirkpatrick. 2001. Internal Combustion Engines: Applied Thermosciences 2nd Edition. New York: John Willey & Sons INC
- Heisler, H. 1995. Advanced Engine Technology.
- Heywood, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. New York: McGraw Hill
- Kristanto, Philip. 2015. Motor Bakar Torak: Teori dan Aplikasinya. Yogyakarta: Andi
- Kuo, Kenneth K. 2005. Principles of Combustion. New Jersey: John Willey & Sons INC
- Pulkrabek, Willard W. 2013. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engines 2nd Edition. Edinburgh: Pearson
- SAE. Engineering Power Test Code – Spark Ignition and Compression Ignition – Net Power Rating. SAE J1349. Society of Automotive Engineers. 2011.
- Stone, Richard dan Jeffrey K. Ball. 2004. Automotive Engineering Fundamentals. Warrendale: SAE International

_____. 1992. Introduction to Internal Combustion Engines 2nd Edition.
Hampshire: The MacMillan Publishing LTD

Turns, Stephen R. 2012. An Introduction to Combustion: Concepts and Applications.
Boston: McGraw Hill

Williams, Forman A. 1985. Combustion Theory. Massachusetts: The Benjamis/
Cummings Publishing Company, Inc.

9. Hasil Praktikum :

- a. Gambar bagian motor bakar

- b. Gambar sistem penyaluran bahan bakar motor bensin

- c. Gambar sistem penyaluran bahan bakar motor diesel

- d. Gambar siklus operasi motor dua langkah

- e. Gambar siklus operasi motor empat langkah

Pembahasan

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

MOTOR PENGGERAK

Minggu ke	: 6 - 11
Capaian Pembelajaran Khusus	: Menghitung Efisiensi Motor
Waktu	: 6 x 170 menit
Tempat	: Bengkel Prodi Teknologi Mekanisasi Pertanian

1. Pokok Bahasan :

Penghitungan efisiensi motor

2. Indikator Pencapaian :

- Mahasiswa mampu menjelaskan dan menghitung tenaga dan torsi;
- Mahasiswa mampu menjelaskan definisi efisiensi motor;
- Mahasiswa mampu mengklasifikasikan macam-macam efisiensi motor;
- Mahasiswa mampu menghitung efisiensi termis motor bensin dan diesel; dan
- Mahasiswa mampu menghitung konsumsi bahan bakar spesifik.

3. Teori :

Torsi yang dihasilkan suatu mesin dapat diukur dengan menggunakan dinamometer yang dikopel dengan poros luaran mesin. Sifat dinamometer bertindak seolah-olah seperti sebuah rem dalam sebuah mesin, sehingga daya yang dihasilkan poros luaran ini sering disebut daya rem (*brake power*). Rumus penghitungan torsi adalah sebagai berikut:

$$P_B = \frac{2\pi \times n}{60} T$$

Keterangan:

P_B : daya keluaran (watt)
 n : putaran mesin (RPM)
 T : torsi (N.m)

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah parameter unjuk kerja mesin yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah mesin. Tujuannya adalah menghitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu. Bila daya rem dalam satuan kW dan laju aliran massa bahan bakar dalam satuan kg/jam maka:

$$Sfc = \frac{m_f \times 10^3}{P_B}$$

Keterangan:

Sfc : konsumsi bahan bakar (BB) spesifik (g/kWH)
 m_f : laju aliran BB (kg/jam)

Adapun besarnya laju aliran bahan bakar (m_f) dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$m_f = \frac{sg_f \times V_f \times 10^{-3}}{t_f} \times 3,600$$

Keterangan:

sg_f : gravitasi spesifik
 V_f : volume BB yang diuji (ml)
 t_f : waktu untuk menghabiskan BB sebanyak volume uji (detik)

Sebuah mesin empat langkah dapat mengisap udara pada kondisi isap sebanyak volume langkah torak untuk setiap langkah isapnya maka itu merupakan sesuatu yang ideal. Namun, pada kondisi riilnya massa udara yang dialirkan selalu lebih sedikit dari penghitungan teoretisnya. Hal ini disebabkan oleh adanya tekanan yang hilang pada sistem induksi dan efek pemanasan yang mengurangi kerapatan udara ketika memasuki silinder mesin. Penghitungan efisiensi volumetrik dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$\eta_v = \frac{\text{berat udara segar yang terisap}}{\text{berat udara sebanyak volume langkah torak}} = \frac{\frac{m_a}{60} \times \frac{2}{n}}{\rho_a V_s}$$

$$\eta_v = \frac{2m_a}{60 n \rho_a V_s}$$

Keterangan:

ρ_a : kerapatan udara (kg/m^3)
 V_s : volume langkah torak (sesuai spesifikasi mesin)

Jika diasumsikan udara sebagai gas ideal maka massa jenis udara diperoleh dari persamaan berikut:

$$\rho_a = \frac{P_a}{RT_a}$$

Keterangan:

R : konstanta gas (untuk udara $= 287 \text{ J/kg.K}$)

Kerja berguna yang dihasilkan selalu lebih kecil daripada energi yang dibangkitkan piston karena adanya sejumlah energi yang hilang akibat adanya kerugian mekanis (*mechanical loss*). Untuk kepentingan ekonomis, perlu dicari kerja maksimum yang dapat dihasilkan dari pembakaran sejumlah bahan bakar. Efisiensi ini yang disebut dengan efisiensi termal. Penghitungan efisiensi termal adalah:

$$\eta_b = \frac{\text{daya luaran aktual}}{\text{laju panas yang masuk}} = \frac{P_B}{m_f LHV} \times 3,600$$

Keterangan:

LHV : nilai kalor bawah BB (kJ/kg)
 P_B : daya keluaran (kW)
 m_f : laju aliran BB (kg/jam)

4. Bahan dan Alat :

- 1) Motor bensin
- 2) Motor diesel
- 3) *Stopwatch*
- 4) Tachometer
- 5) Dinamometer

- 6) Amperemeter
- 7) Voltmeter
- 8) Tabung gelas ukur

5. Organisasi :

- 1) Mahasiswa dibagi ke dalam kelompok kecil dengan anggota per kelompok lima orang.
- 2) Setiap kegiatan praktikum dicatat dan didokumentasikan dengan baik sehingga menjadi data praktikum yang baik.

6. Prosedur Kerja :

Pengujian pada mesin bensin

- 1) Langkah persiapan
 - a) Periksa kondisi minyak pelumas mesin
 - b) Periksa kondisi air pendingin mesin
 - c) Periksa kondisi bahan bakar
 - d) Periksa kondisi baterai/aki
- 2) Langkah pengujian pada kecepatan tetap
 - a) Hidupkan mesin pada putaran *idle* 700 RPM, selama lima menit supaya mesin mencapai kondisi kerja;
 - b) Tingkatkan kecepatan mesin hingga 2,000 RPM dengan tanpa beban;
 - c) Berikan beban dengan memberikan tekanan pada sistem pengereman;
 - d) Lakukan pengamatan dengan mencatat dimulai dari beban nol pada putaran 2,000 RPM kemudian ditambah beban;
 - e) Tambahan beban diberikan setelah 2,000 RPM. Yang perlu dicatat antara lain (i) waktu yang diperlukan untuk pemakaian bahan bakar sebanyak volume yang ditentukan, (ii) jumlah pembebanan untuk mendapatkan putaran mesin yang sesuai; dan

- f) Setelah pengujian selesai, bebaskan beban dan turunkan putaran mesin sampai putaran *idle*-nya 700 RPM selama 5 menit sebelum dimulai percobaan berikutnya.
- 3) Langkah pengujian pada kecepatan berubah
 - a) Tingkatkan putaran mesin sampai 1,400 RPM tanpa beban;
 - b) Selanjutnya pengujian dilakukan dengan menaikkan beban dan pengamatan dilaksanakan pada beban, dengan menjaga putaran mesin tetap 1,700 RPM, dilakukan dengan mengatur bukaan gas;
 - c) Setelah pengujian selesai, bebaskan beban dan turunkan putaran mesin dengan mengatur gas sampai putaran *idle*-nya selama tiga menit sebelum melakukan pengujian berikutnya; dan
 - d) Lakukan pengujian berikutnya pada putaran tetap 2,000 RPM dengan putaran yang sama.

Pengujian pada mesin diesel

- 1) Langkah persiapan
 - a) Periksa kondisi minyak pelumas mesin
 - b) Periksa kondisi bahan bakar
 - c) Periksa kondisi keadaan dan tegangan sabuk
 - d) Periksa kondisi kabel/kelistrikan
- 2) Langkah pengujian
 - a) Mesin dihidupkan dengan memutar engkol starter
 - b) *Throttle* pengatur bahan bakar disetel pada kedudukan tertentu dan diatur putaran *idle* $\pm 1,000$ RPM selama 3 menit supaya mesin mencapai kondisi kerjanya
 - c) Putaran mesin dinaikkan mencapai putaran 1,800 RPM dan dijaga konstan
 - d) Saklar menuju lampu dihidupkan

- e) Pengujian dilakukan dengan pembebanan mulai dari nol kemudian dinaikkan (dengan menhidupkan lampu satu persatu.
- 3) Pengamatan dan pencatatan: tegangan (volt), kuat arus (ampere), waktu untuk menghabiskan bahan bakar sebanyak volume yang ditentukan di setiap pengukuran.
- 4) Setelah percobaan selesai, lampu-lampu beban dimatikan dan putaran mesin diturunkan pada putaran *idle*-nya selama 3 menit kemudian semua saklar dan mesin dimatikan.

7. Tugas dan Pertanyaan :

Tugas:

- a) Catatlah hasil pengukuran di dalam tabel!
- b) Dokumentasikan kegiatan percobaan!

Pertanyaan:

- a) Berapakah torsi motor bensin dan diesel?
- b) Berapakah konsumsi bahan bakar spesifik motor bensin dan diesel?
- c) Berapakah efisiensi termal motor bensin dan diesel?
- d) Berapakah efisiensi volumetrik motor bensin dan diesel?
- e) Berapakah daya efektif mesin bensin dan diesel?
- f) Berapakah tekanan efektif rata-rata mesin bensin dan diesel?

8. Pustaka :

Arismunandar, Wiranto. 1994. Motor Bakar Torak: Penggerak Mula. Bandung: ITB

Cengel, Yunus A dan Michael A. Boles. 2015. Thermodynamics: An Engineering Approach 8th Edition. New York: McGraw Hill

Goering, Carroll E dan Allan C. Hansen. 2004. Engine and Tractor Power 4th Edition. St. Joseph. Michigan: ASAE

Griswold, John. 1996. Fuel Combustion and Furnaces. London: Mc. Graw- Hill.

Ferguson, Colin R dan Allan T. Kirkpatrick. 2001. Internal Combustion Engines: Applied Thermosciences 2nd Edition. New York: John Willey & Sons INC

Heisler, H. 1995. Advanced Engine Technology.

Heywood, J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. New York: McGraw Hill

Kristanto, Philip. 2015. Motor Bakar Torak: Teori dan Aplikasinya. Yogyakarta: Andi

Kuo, Kenneth K. 2005. Principles of Combustion. New Jersey: John Willey & Sons INC

Pulkrabek, Willard W. 2013. Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engines 2nd Edition. Edinburgh: Pearson

SAE. Engineering Power Test Code – Spark Ignition and Compression Ignition – Net Power Rating. SAE J1349. Society of Automotive Engineers. 2011.

Stone, Richard dan Jeffrey K. Ball. 2004. Automotive Engineering Fundamentals. Warrendale: SAE International

_____. 1992. Introduction to Internal Combustion Engines 2nd Edition. Hampshire: The MacMillan Publishing LTD

Turns, Stephen R. 2012. An Introduction to Combustion: Concepts and Applications. Boston: McGraw Hill

Williams, Forman A. 1985. Combustion Theory. Massachusetts: The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.

9. Hasil Praktikum :

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

MOTOR PENGGERAK

Minggu ke	: 12
Capaian Pembelajaran Khusus	: Mengenal Motor Listrik Arus Searah (Motor DC)
Waktu	: 1 x 170 menit
Tempat	: Bengkel Prodi Teknologi Mekanisasi Pertanian

1. Pokok Bahasan :

Pengenalan motor listrik arus searah (motor DC)

2. Indikator Pencapaian :

- a. Mahasiswa mampu menjelaskan cara kerja motor listrik arus searah;
- b. Mahasiswa mampu mengklasifikasikan beberapa jenis motor listrik; dan
- c. Mahasiswa mampu menghitung efisiensi kerja motor listrik arus searah.

3. Teori :

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, kipas, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, maupun kerja lainnya. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, kipas angin) dan di industri. Pada era industri modern saat ini, kebutuhan terhadap alat produksi yang tepat guna sangat diperlukan untuk dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Sebagian besar alat industri menggunakan tenaga listrik sebagai energi penggerak utamanya, dan di berbagai perindustrian banyak menggunakan mesin-mesin dengan penggerak utamanya adalah motor AC 1 fase contohnya pada mesin produksi seperti mesin bubut, mesin bor, dan sebagainya. Faktor yang menyebabkan hal tersebut karena motor induksi memiliki beberapa kelebihan antara lain: harga lebih murah, mudah dalam perawatan, konstruksi sederhana. Meskipun demikian, motor induksi juga

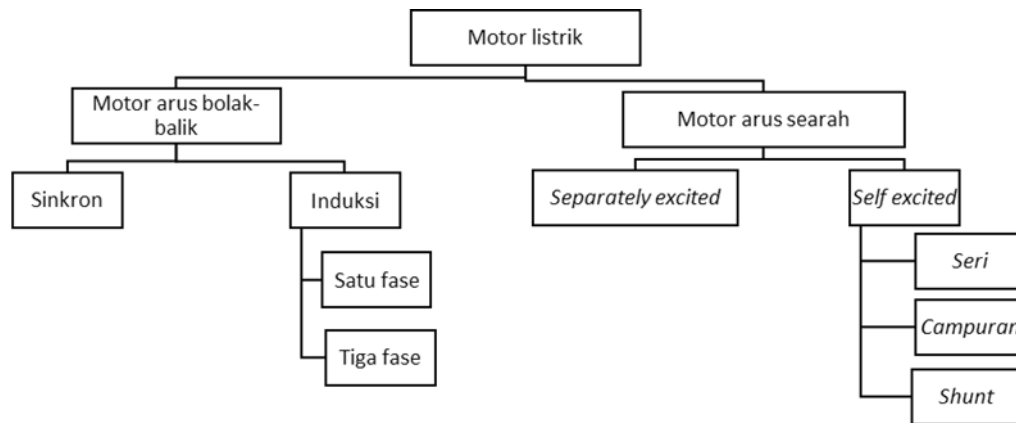
memiliki kekurangan antara lain: motor induksi memiliki nilai slip (perbedaan kecepatan putar medan stator terhadap kecepatan medan rotor) yang sangat besar, dan motor induksi sulit dalam pengendalian kecepatan putarnya.

Secara umum, mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor adalah sama. Arus listrik dalam medan magnet memberikan gaya, jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/*loop*, kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan. Pasangan gaya ini yang akan menghasilkan tenaga putar (torsi) untuk memutar kumparan. Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnet yang dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

Beban pada motor mengacu kepada keluaran tenaga putar/torsi sesuai dengan kecepatan yang diperlukan dan biasanya dikategorikan ke dalam tiga kelompok, yaitu:

- (a) **Beban torsi konstan** yaitu beban dengan permintaan luaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasi namun torsiya tidak bervariasi. Contohnya adalah konveyor, pompa *displacement* kontan, dan *rotary kilns*.
- (b) **Beban dengan torsi variabel** yaitu beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contohnya adalah pompa sentrifugal dan kipas (torsi bervariasi dengan kuadrat kecepatan).
- (c) **Beban dengan energi konstan** yaitu beban dengan permintaan torsi yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contohnya adalah peralatan-peralatan mesin.

Motor listrik biasanya terdiri atas dua jenis yaitu motor arus searah (DC) dan motor arus bolak-balik (AC). Gambar 6 berikut menunjukkan pembagian motor listrik secara umum.



Gambar 6. Klasifikasi Jenis Motor Listrik

Secara garis besar, motor listrik terbagi dua yaitu motor arus searah dan motor arus bolak-balik. Motor listrik biasanya terdiri atas dua jenis yaitu motor arus searah (DC) dan motor arus bolak-balik (AC). Motor DC memerlukan suplai tegangan yang searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi mekanik. Kumparan medan pada motor DC disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor bagian yang berputar. Jika terjadi putaran pada kumparan jangkar dalam pada medan magnet maka akan timbul tegangan (GGL) yang berubah-ubah arah pada setiap setengah putaran sehingga merupakan tegangan bolak-balik. Prinsip kerja dari arus searah adalah membalik tegangan dari gelombang yang mempunyai nilai positif dengan menggunakan komutator, dengan demikian arus yang berbalik arah dengan kumparan jangkar yang berputar dalam medan magnet. Bentuk motor paling sederhana memiliki kumparan satu lilitan yang bisa berputar bebas di antara kutub-kutub magnet permanen.

Struktur Kerja Motor DC

Secara umum, motor DC terdiri dari stator (bagian diam) berbentuk silindris dengan magnet yang dipasang secara berpasangan. Magnet dapat berupa magnet permanen atau kumparan elektromagnet. Terdapat beda kutub magnet pada keliling stator. Di dalam stator, terdapat rotor yang bergerak. Rotor terdiri dari silinder besi terlamiasi yang dipasang pada batang penggerak (*shaft*) yang disokong bantalan (*bearing*) sehingga *shaft* dapat berputar. Ruang kosong antara

permukaan rotor dengan stator dapat diberi lilitan *armature* untuk memperbesar efek gaya Lorentz.

Fluks magnet cenderung memilih jalur yang paling kecil reluktansinya. Karena reluktansi udara lebih besar dibanding reluktansi pada besi, *fluks* akan bergerak melewati lintasan terpendek dari stator ke rotor. Akibatnya fluks medan magnet akan berarah tegak lurus secara radial terhadap kumparan *armature*. Nilai fluks magnet sama besar untuk sekeliling rotor karena besar medan magnet sama. Dengan hukum Lorentz dan aturan tangan kanan akan dihasilkan torsi yang memutar *shaft* berlawanan arah jarum jam untuk kondisi yang digambarkan.

Komponen utama motor DC antara lain kutub medan, dinamo, dan komutator. Adapun keuntungan utama motor DC adalah sebagai pengendali kecepatan yang tidak mempengaruhi kualitas pasokan daya. Motor ini dapat dikendalikan dengan mengatur tegangan dinamo. Peningkatan tegangan dinamo akan meningkatkan kecepatan arus medan. Hubungan antara kecepatan, fluks medan, dan tegangan dinamo ditunjukkan dalam persamaan berikut:

Gaya elektromagnetik (E):

$$E = K\Phi N$$

Torsi:

$$T = K\Phi I_a$$

Keterangan:

E : gaya elektromagnetik yang dikembangkan termi

Φ : fluks medan yang berbanding lurus dengan arus

N : kecepatan motor (RPM)

I_a : arus dinamo (ampere)

K : konstanta persamaan

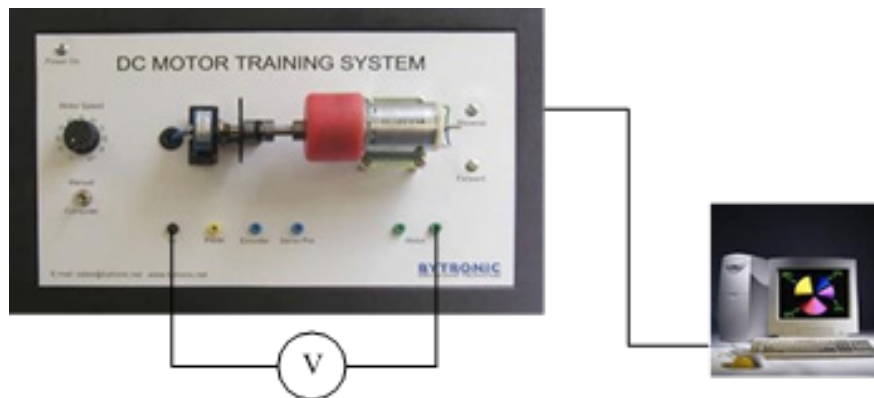
4. Bahan dan Alat :

- 1) DC motor training system
- 2) Voltmeter digital
- 3) Tachometer
- 4) CPU/laptop

5. Organisasi :

- 1) Mahasiswa dibagi ke dalam kelompok kecil dengan anggota per kelompok lima orang.
- 2) Setiap kegiatan praktikum dicatat dan didokumentasikan dengan baik sehingga menjadi data praktikum yang baik
- 3) Laporan praktikum pengamatan motor listrik ditulis menggunakan kertas A4 dengan berat minimal 70 gram.
- 4) Laporan dijilid dengan sampul depan plastik berwarna hijau dan sampul belakang menggunakan karton jeruk berwarna hijau.

6. Prosedur Kerja :



- 1) Rangkailah alat seperti pada gambar di atas!
- 2) Hubungkan DC Motor Training System ke komputer PC menggunakan kabel USB.
- 3) Gunakan voltmeter digital untuk mengukur tegangan yang masuk ke Motor pada terminal
- 4) Pastikan bahwa potensiometer untuk kecepatan motor berada pada posisi minimum (nol).
- 5) Hidupkan DC *Motor Training System*.
- 6) Naikkan kecepatan motor secara dengan memutar potensiometer ke arah kanan.

7. Tugas dan Pertanyaan :

Tugas:

- a) Buatlah skema motor DC sederhana dan tulis nama-nama bagiannya!
- b) Amati kecepatan motor yang ditunjukkan pada komputer secara bersamaan dengan perubahan tegangan yang ditunjukkan oleh voltmeter,
- c) Catat data/besaran kecepatan dan tegangan ke dalam tabel,
- d) Buatlah grafik fungsi kecepatan dan tegangan

Pertanyaan:

- a) Bagaimana hubungan antara tegangan input dengan kecepatan motor?
- b) Hitunglah nilai K motor listrik tersebut!
- c) Bagaimana prinsip kerja motor DC?
- d) Jelaskan mekanisme kerja dari motor secara umum!
- e) Jelaskan cara mengukur kecepatan putar motor menggunakan *tachometer*!

8. Pustaka :

[http://www.faqs.org/docs/elctric/Lessons In Electric Circuits -- Volume I](http://www.faqs.org/docs/elctric/Lessons%20In%20Electric%20Circuits%20--%20Volume%20I) Diakses tanggal 14 September Pukul 19:24 WIB

[http://www.faqs.org/docs/elctric/Lessons In Electric Circuits -- Volume II](http://www.faqs.org/docs/elctric/Lessons%20In%20Electric%20Circuits%20--%20Volume%20II) Diakses tanggal 14 September Pukul 19:24 WIB

Zuhal. 2000. Dasar Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama

9. Hasil Praktikum :

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

MOTOR PENGGERAK

Minggu ke	:	13
Capaian Pembelajaran Khusus	:	Mengenal Motor AC
Waktu	:	1 x 170 menit
Tempat	:	Bengkel Prodi Teknologi Mekanisasi Pertanian

1. Pokok Bahasan :

Pengenalan motor listrik arus bolak-balik (motor AC)

2. Indikator Pencapaian :

- a. Mahasiswa mampu menjelaskan cara kerja motor listrik arus bolak-balik;
- b. Mahasiswa mampu mengklasifikasikan beberapa jenis motor listrik; dan
- c. Mahasiswa mampu menghitung efisiensi kerja motor listrik arus bolak-balik.

3. Teori :

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, kipas, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, maupun kerja lainnya. Motor listrik digunakan juga di rumah (*mixer*, bor listrik, kipas angin) dan di industri. Pada era industri modern saat ini, kebutuhan terhadap alat produksi yang tepat guna sangat diperlukan untuk dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya. Sebagian besar alat industri menggunakan tenaga listrik sebagai energi penggerak utamanya, dan di berbagai perindustrian banyak menggunakan mesin-mesin dengan penggerak utamanya adalah motor AC 1 fase contohnya pada mesin produksi seperti mesin bubut, mesin bor, dan sebagainya. Faktor yang menyebabkan hal tersebut karena motor induksi memiliki beberapa kelebihan antara lain: harga lebih murah, mudah

dalam perawatan, konstruksi sederhana. Meskipun demikian, motor induksi juga memiliki kekurangan antara lain: motor induksi memiliki nilai slip (perbedaan kecepatan putar medan stator terhadap kecepatan medan rotor) yang sangat besar, dan motor induksi sulit dalam pengendalian kecepatan putarnya.

Secara umum, mekanisme kerja untuk seluruh jenis motor adalah sama. Arus listrik dalam medan magnet memberikan gaya, jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/*loop*, kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan. Pasangan gaya ini yang akan menghasilkan tenaga putar (torsi) untuk memutar kumparan. Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamanya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnet yang dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan.

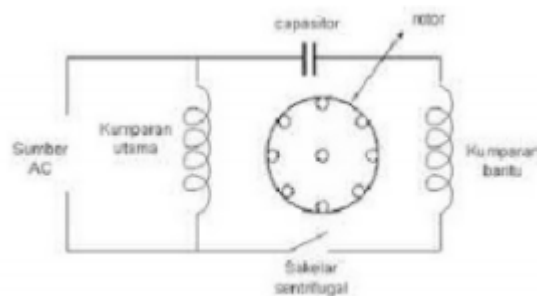
Beban pada motor mengacu kepada keluaran tenaga putar/torsi sesuai dengan kecepatan yang diperlukan dan biasanya dikategorikan ke dalam tiga kelompok, yaitu:

- (a) **Beban torsi konstan** yaitu beban dengan permintaan luaran energinya bervariasi dengan kecepatan operasi namun torsiya tidak bervariasi. Contohnya adalah konveyor, pompa *displacement* kontan, dan *rotary kilns*.
- (b) **Beban dengan torsi variabel** yaitu beban dengan torsi yang bervariasi dengan kecepatan operasi. Contohnya adalah pompa sentrifugal dan kipas (torsi bervariasi dengan kuadrat kecepatan).
- (c) **Beban dengan energi konstan** yaitu beban dengan permintaan torsi yang berubah dan berbanding terbalik dengan kecepatan. Contohnya adalah peralatan-peralatan mesin.

Komponen utama motor AC terdiri dari rotor (komponen bergerak) dan stator (komponen diam). Rotor terdiri dari poros jangkar, inti poros jangkar, belitan jangkar, dan kipas pendingin. Adapun komponen stator antara lain kerangka mesin, sepatu kutub, bantalan poros, sikat arang, dan slip ring. Berdasarkan karakteristik arus listrik yang mengalir, motor AC terdiri dari dua jenis yaitu motor listrik AC 1 fasa dan 3 fasa.

Motor listrik 1 fasa

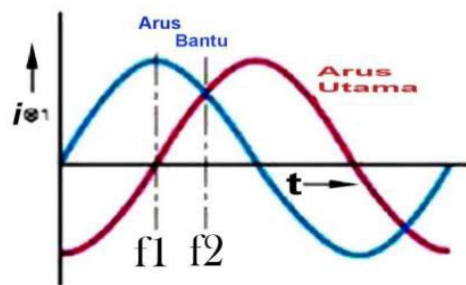
Motor AC satu fasa berbeda cara kerjanya dengan motor AC tiga fasa, yaitu pada motor AC tiga fasa untuk belitan statornya terdapat tiga belitan yang menghasilkan medan putar dan pada rotor sangkar terjadi induksi dan interaksi torsi yang menghasilkan putaran. Sedangkan pada motor satu fasa memiliki dua belitan stator, yaitu belitan fasa utama (belitan U1-U2) dan belitan fasa bantu (belitan Z1-Z2) yang dapat dilihat pada Gambar 7 berikut



Gambar 7. Prinsip Medan Magnet Utama dan Medan Magnet Bantu Motor 1 Fasa

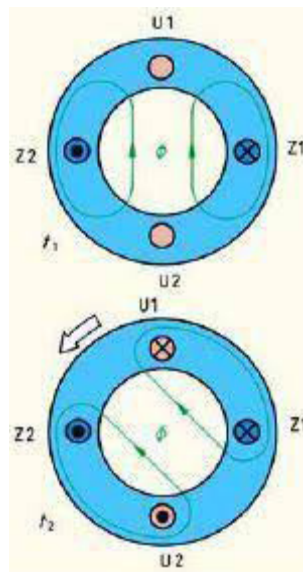
Belitan utama menggunakan penampang kawat tembaga lebih besar sehingga memiliki impedansi kecil. Sedangkan belitan bantu dibuat dari tembaga berpenampang kecil dan jumlah belitan lebih banyak sehingga menghasilkan impedansi lebih besar daripada impedansi belitan utama.

Grafik arus belitan / bantu dan arus belitan / utama berbeda fasa sebesar ϕ . Hal ini disebabkan karena perbedaan besarnya impedansi kedua belitan tersebut. Perbedaan arus beda fasa ini menyebabkan arus total, merupakan penjumlahan vektor arus utama dan arus bantu. Medan magnet utama yang dihasilkan belitan utama juga berbeda fasa sebesar ϕ dengan medan magnet bantu. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8. Grafik Gelombang Arus Medan Bantu dan Arus Medan Utama

Belitan bantu Z1-Z2 pertama dialiri arus I bantu menghasilkan fluks magnet Φ tegak lurus. Beberapa saat kemudian belitan utama U1-U2 dialiri arus I utama yang bernilai positif. Hasilnya adalah medan magnet yang bergeser sebesar 45° dengan berlawanan arah jarum jam. Kejadian ini berlangsung terus hingga sampai satu siklus sinusoida sehingga menghasilkan medan magnet yang berputar pada belitan statornya seperti dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Medan Magnet Pada Stator Motor 1 Fasa

Rotor motor satu fasa sama dengan rotor motor tiga fasa yaitu berbentuk batang-batang kawat yang ujung-ujungnya dihubungkan singkatkan dan menyerupai bentuk sangkar tupai, maka sering disebut rotor sangkar. Belitan rotor yang dipotong

oleh medan putar stator, menghasilkan tegangan induksi, interaksi antara medan putar stator dan medan magnet rotor akan menghasilkan torsi putar pada rotor.

Motor listrik 3 fasa

Motor induksi tiga fasa memiliki dua komponen dasar yaitu stator dan rotor, bagian rotor dipisahkan dengan bagian stator oleh celah udara yang sempit (*air gap*) dengan jarak antara 0.4 mm sampai 4 mm. Tipe dari motor induksi tiga fasa berdasarkan lilitan pada rotor dibagi menjadi dua macam yaitu rotor belitan (*wound rotor*) adalah tipe motor induksi yang memiliki rotor terbuat dari lilitan yang sama dengan lilitan statornya dan rotor sangkar tupai (*Squirrel-cage rotor*) yaitu tipe motor induksi dimana konstruksi rotor tersusun oleh beberapa batangan logam yang dimasukkan melewati slot-slot yang ada pada rotor motor induksi, kemudian setiap bagian disatukan oleh cincin sehingga membuat batangan logam terhubung singkat dengan batangan logam yang lain.

Prinsip kerja motor AC 3 fasa adalah apabila sumber tegangan 3 fase dipasang pada kumparan stator, akan timbul medan putar dengan kecepatan:

$$N_s = 120 \frac{f}{p}$$

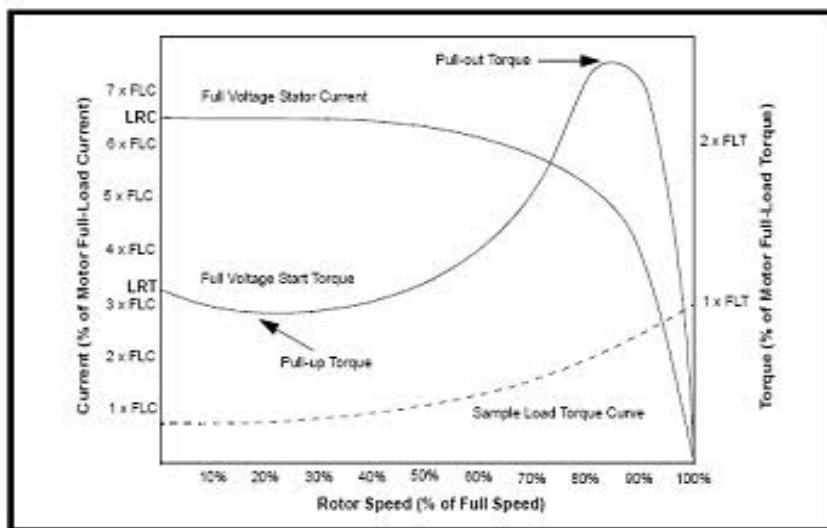
Keterangan:

N_s : kecepatan putar
 f : frekuensi sumber
 p : kutub motor

Medan putar stator tersebut akan memotong batang konduktor pada rotor. Akibatnya pada batang konduktor dari rotor akan timbul GGL induksi. Karena batang konduktor merupakan rangkaian yang tertutup maka GGL akan menghasilkan arus (I). Adanya arus (I) di dalam medan magnet akan menimbulkan gaya (F) pada rotor. Bila kopel mula yang dihasilkan oleh gaya (F) pada rotor cukup besar untuk memikul kopel beban, rotor akan berputar searah dengan medan putar stator. GGL induksi timbul karena terpotongnya batang konduktor (rotor) oleh medan putar stator. Artinya agar GGL induksi tersebut timbul, diperlukan adanya perbedaan relatif antara kecepatan medan putar stator (n_s) dengan kecepatan berputar rotor (n_r). Perbedaan atau selisih antara

kecepatan medan putar stator dengan kecepatan berputar rotor disebut slip yang dinyatakan dengan:

Bila $n_r = n_s$, GGL induksi tidak akan timbul dan arus tidak mengalir pada batang konduktor (rotor), dengan demikian tidak dihasilkan kopel. Dilihat dari cara kerjanya, motor induksi disebut juga sebagai motor tak serempak atau asinkron. Hubungan antara beban, kecepatan, dan torsi dapat dilihat pada Gambar 10 berikut.



Gambar 10. Grafik Torsi-Kecepatan Motor Induksi AC 3 Fasa (Parekh, 2003)

Hubungan antara torsi dan kecepatan pada motor induksi 3 fasa dari gambar di atas adalah:

- Motor mulai menyala ternyata terdapat arus start yang tinggi akan tetapi torsi rendah.
- Saat motor mencapai 80% dari kecepatan penuh, torsi mencapai titik tertinggi dan arusnya mulai menurun.
- Pada saat motor sudah mencapai kecepatan penuh atau kecepatan sinkron, arus torsi dan stator akan menurun ke nol.

Keuntungan penggunaan motor 3 fasa antara lain konstruksi sangat sederhana terutama jika menggunakan rotor sangkar, harga relatif murah dengan tingkat

keandalan tinggi, efisiensi relatif tinggi, dan biaya pemeliharaan rendah.

Kerugian penggunaan motor 3 fasa antara lain kecepatan tidak mudah dikontrol, *power factor* rendah pada beban ringan, dan arus *start* biasanya 5 sampai 7 kali dari arus nominal.

4. Bahan dan Alat :

- 1) Satu unit *power supply* 1 fasa
- 2) 1 unit penyearah
- 3) 1 unit *base plate*
- 4) 1 unit motor sinkron
- 5) 1 unit rem *prony*
- 6) 1 unit alat ukur DC
- 7) 1 unit amperemeter AC
- 8) 1 unit voltmeter
- 9) 1 unit watt meter
- 10) 1 buah *flexible coupling*
- 11) 1 set kabel penghubung
- 12) 1 unit *tachometer*
- 13) 1 set osiloskop

5. Organisasi :

- 1) Mahasiswa dibagi ke dalam kelompok kecil dengan anggota per kelompok lima orang.
- 2) Setiap kegiatan praktikum dicatat dan didokumentasikan dengan baik sehingga menjadi data praktikum yang baik
- 3) Laporan praktikum pengamatan motor listrik ditulis menggunakan kertas A4 dengan berat minimal 70 gram

- 4) Laporan dijilid dengan sampul depan plastik berwarna hijau dan sampul belakang menggunakan kertas jeruk berwarna hijau.

6. Prosedur Kerja :

- 1) Siapkan terlebih dahulu osiloskop, *tachometer*, 1 set kabel penghubung, motor listrik yang akan diukur getarannya.
- 2) Perhatikan instruksi dari dosen/asisten dosen!

7. Tugas dan Pertanyaan :

Tugas:

- 1) Ukurlah kecepatan putar motor listrik menggunakan *tachometer*
- 2) Ukurlah besarnya getaran pada motor listrik

Pertanyaan:

- 1) Apa saja komponen motor listrik AC 1 fasa?
- 2) Jelaskan perbedaan cara kerja motor listrik AC 1 fasa dan 3 fasa!

8. Pustaka :

Utomo, Heri Budi.2002. *Overhaul* Trafo Tenaga Tegangan Tinggi & Extra Tinggi.

AREVA T&D. (2008). Power Transformers (Vol. 1 Fundamentals). Paris: ArevaT&D.

Zuhal. 2000. Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya. Jakarta: PT Gramedia
Pustaka Utama

9. Hasil Praktikum :

BUKU PETUNJUK PRAKTIKUM

MOTOR PENGGERAK

Minggu ke	: 14 - 15
Capaian Pembelajaran Khusus	: Sistem Pendinginan dan Pelumasan
Waktu	: 12 x 170 menit
Tempat	: Bengkel Prodi Teknologi Mekanisasi Pertanian

1. Pokok Bahasan :

Pengenalan sistem pendinginan dan pelumasan

2. Indikator Pencapaian :

- a. Mahasiswa mampu menjelaskan definisi sistem pendinginan;
- b. Mahasiswa mampu menjelaskan definisi sistem pelumasan;
- c. Mahasiswa mampu menjelaskan komponen-komponen dalam sistem pendinginan; dan
- d. Mahasiswa mampu menjelaskan komponen-komponen dalam sistem pelumasan.

3. Teori :

Pendinginan merupakan suatu proses pembuangan panas yang dihasilkan dari proses pembakaran melalui proses perpindahan kalor. Pada dasarnya kalor hanya dapat berpindah karena adanya perbedaan temperatur.

Motor perlu didinginkan karena jika terlalu panas akan menimbulkan beberapa gangguan. Proses pendinginan membutuhkan fluida pendingin bisa berupa air ataupun udara yang dialirkan ke bagian mesin di luar silinder. Panas yang terjadi di dalam silinder akan memanasi dinding silinder dan selanjutnya panas ini dipindahkan ke fluida pendingin.

Terdapat dua metode umum yang digunakan untuk mendinginkan ruang bakar motor. Blok atau silinder pada motor berpendingin air (*water cooled*) dilingkupi mantel air (*water jacket*) yang berisi fluida pendingin yang disirkulasikan dengan pompa air ke radiator. Motor berpendingin udara (*air cooled*) mempunyai sirip pada permukaan luar blok atau motor untuk mengarahkan aliran udara.

Motor bakar dalam menggunakan komponen logam yang bergerak satu sama lain pada kecepatan yang sangat tinggi. Hal ini menyebabkan munculnya gesekan yang menyebabkan adanya panas karena gesekan tersebut akan menyebabkan sebagian tenaga hilang dan mempercepat keausan komponen. Oleh karena itu, sistem pelumasan pada motor diperlukan untuk mensirkulasikan minyak pelumas (oli) ke bagian-bagian yang bergesekan.

Sebagai bagian dari sistem pelumasan, minyak pelumas harus mampu melumasi semua komponen yang bergerak untuk menghindari kontak antarlogam. Berdasarkan bahan dasarnya, minyak pelumas dibedakan menjadi dua, yaitu pelumas sintetis dan mineral. Pelumas sintetis dibuat dari unsur-unsur kimia sintetis baik bahan dasar maupun aditifnya. Pelumas mineral dibuat dari bahan dasar yang berasal dari minyak mentah dengan tambahan aditif sekitar 10 – 20%.

Untuk menghasilkan pelumasan yang baik, minyak pelumas dibagi ke dalam beberapa peringkat pelumas berdasarkan **grade API** (*American Petroleum Institute*) yang disesuaikan untuk penggunaannya (motor bensin atau motor diesel) dan **grade SAE** (*Society of Automotive Engineers*) yang disesuaikan untuk bagian mesin yang memerlukan.

4. Bahan dan Alat :

- 1) Traktor tangan
- 2) Traktor roda empat
- 3) Alat tulis

5. Organisasi :

- 1) Mahasiswa dibagi ke dalam kelompok kecil dengan anggota per kelompok lima orang.

- 2) Setiap kegiatan praktikum dicatat dan didokumentasikan dengan baik sehingga menjadi data praktikum yang baik.
- 3) Laporan praktikum pengamatan ditulis menggunakan kertas A4 dengan berat minimal 70 gram.
- 4) Laporan dijilid dengan sampul depan plastik berwarna hijau dan sampul belakang menggunakan karton jeruk berwarna hijau.

6. Prosedur Kerja :

- 1) Persiapkan traktor roda dua dan roda empat
- 2) Perhatikan instruksi dari dosen/asisten dosen

7. Tugas dan Pertanyaan :

Tugas:

- a) Gambar dan tulis komponen-komponen sistem pelumasan kedua jenis traktor!
- b) Gambar dan tulis komponen-komponen sistem pendinginan pada kedua jenis traktor!

Pertanyaan:

- a) Bagaimanakah cara kerja komponen sistem pendinginan dan pelumasan pada traktor roda dua?
- b) Bagaimanakah cara kerja komponen sistem pendinginan dan pelumasan pada traktor roda empat?
- c) Apa saja perbedaan sistem pendinginan pada traktor roda dua dan roda empat?
- d) Apa saja perbedaan sistem pendinginan dan pelumasan pada traktor roda dua dan roda empat?

8. Pustaka :

Arismunandar, Wiranto. 1994. Motor Bakar Torak: Penggerak Mula. Bandung: Penerbit ITB

Kristanto, Philip. 2015. Motor Bakar Torak: Teori dan Aplikasinya. Yogyakarta: Penerbit Andi

9. Hasil Praktikum :

