

PENGEMBANGAN ALAT SIMULASI DAN PENGUJIAN
STARTING SYSTEM



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan diploma tiga (D-3) Program Studi Perawatan Alat Berat
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

MUH ALRIDWAN 344 18 015
MUH FAKHRI MUAKHIR 344 18 016

PROGRAM STUDI D-3 PERAWATAN ALAT BERAT
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2021

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan tugas akhir ini dengan judul “Pengembangan Alat Simulasi dan Pengujian *Starting System*” oleh Muh AlRidwan NIM 344 18 015, dan Muh Fakhri Muakhir NIM 344 18 016, telah diterima dan disajikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.



Makassar, 3 September 2021

Pembimbing I

K. ARWAN M. M.T
NIP. 196012311984031022

Pembimbing II

Puri Priyadi, S.ST., M.T
NIP. 199104092019031010

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

K. ARWAN M. M.T
NIP. 196012311984031022

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Jumat tanggal 1 Oktober 2021 tim penguji laporan tugas akhir telah menerima dengan baik hasil tugas akhir oleh mahasiswa Muh AIRidwan NIM 344 18 015 dan Muh Fakhri Muakhir NIM 344 18 016 dengan judul “Pengembangan Alat Simulasi dan Pengujian *Starting System*.”



Makassar, 1 Oktober 2021

Tim Penguji Ujian Sidang Laporan Tugas Akhir:

- | | |
|---------------------------------|---------------|
| 1. Anthonius, L.S.H., S.T., M.T | Ketua |
| 2. Yan Kondo, S.T., M.T | Sekretaris |
| 3. Ir. Yosrihard Basongan, M.T | Anggota |
| 4. Nur Wahyuni, S.T., M.T | Anggota |
| 5. Ir. Anwar M., M.T | Pembimbing I |
| 6. Peri Pitriadi, S.ST., M.T | Pembimbing II |

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan iman, kekuatan, berkat, dan karunia-Nya kepada penulis sehingga Laporan Tugas Akhir dengan judul **“Pengembangan Alat Simulasi dan Pengujian *Starting System*”** dapat terselesaikan dengan baik. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar AMD D-3 Perawatan Alat Berat Jurusan Teknik Mesin di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Tak lupa penulis juga menyadari bahwa dalam penulisan Laporan Tugas Akhir ini telah melibatkan banyak bantuan dan dukungan dari berbagai pihak terkait di lingkungan kampus dan keluarga kami, untuk itu sebelumnya penulis ingin mengucapkan banyak-banyak terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Bapak Prof. Ir. Muhammad Anshar, Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
2. Bapak Rusdi Nur, S.ST., M.T., Ph.D. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, atas segala dukungan moral yang selama inidiberikan.
3. Bapak Ir Anwar, M.T. selaku Koordinator Program Studi Perawatan Alat Berat, atas dukungan moral yang selama ini diberikan.
4. Bapak Ir Anwar, M.T. selaku pembimbing I dan Bapak Peri Pitriadi, S.ST., M.T., selaku pembimbing II dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
5. Rekan-rekan Perawatan Alat Berat 2018 yang telah turut membantu

dan memberikan dukungan kepada kami.

6. Dan seluruh pihak yang telah berpartisipasi dan turut membantu dalam Penulisan Laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna sebagaimana mestinya. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi perbaikan pada masa mendatang.

Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi kita semua dan dapat menambah wawasan kepada siapa saja yang membacanya.



Makassar, 7 September 2021

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
SURAT PERNYATAAN.....	xii
RINGKASAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Ruang Lingkup Kegiatan	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan	3
1.4.1 Tujuan kegiatan	3
1.4.2 Manfaat kegiatan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Alat Simulasi.....	5
2.2 Defenisi <i>Starting System</i>	6
2.3 Prinsip Kerja Motor <i>Starter</i>	7

2.4	Konstruksi <i>Motor Starter</i>	12
2.5	Komponen <i>Starting System</i>	13
2.6	Cara Kerja <i>Starting System</i>	19
BAB III METODE KEGIATAN		23
3.1	Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	23
3.2	Alat dan Bahan	23
3.2.1	Alat yang digunakan.....	23
3.2.2	Bahan yang digunakan.....	24
3.3	Diagram Alir	25
3.4	Langkah Kerja	26
3.4.1	Rancangan Rangka Dudukan Komponen <i>Starting System</i>	26
3.4.2	Pembuatan Rangka, Pengadaan Komponen <i>Starting System</i>	27
3.4.3	Pengujian <i>Starting Sistem</i>	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		31
4.1	Hasil.....	31
4.1.1	Hasil Rancangan	31
4.1.2	Hasil Pengujian	34
4.2	Deskripsi Kegiatan	41
BAB V PENUTUP		43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA		45
Lampiran		46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Alat Simulasi <i>Starting System</i> Sebelumnya.....	2
Gambar 2.1 <i>Electric Starting System</i>	6
Gambar 2.2 Kemagnetan.....	7
Gambar 2.3 <i>Pole Piece</i>	8
Gambar 2.4 <i>Field Winding</i>	9
Gambar 2.5 Medan Magnet.....	9
Gambar 2.6 <i>Armature</i> Sederhana.....	10
Gambar 2.7 <i>Commutator</i> dan <i>Brush</i>	10
Gambar 2.8 <i>Armature</i>	12
Gambar 2.9 <i>Field Winding</i>	13
Gambar 2.10 <i>Battery</i>	14
Gambar 2.11 <i>Cable</i> dan <i>Wire</i>	15
Gambar 2.12 <i>Key Start Switch</i>	16
Gambar 2.13 <i>Start Relay</i>	16
Gambar 2.14 <i>Starter Selenoid</i>	17
Gambar 2.15 <i>Motor Starter</i>	18
Gambar 2.16 Saat <i>Stand By</i>	19
Gambar 2.17 Saat <i>Key On</i>	20
Gambar 2.18 Saat <i>Starting</i>	21

Gambar 2.19 Saat <i>Key Off</i>	22
Gambar 3.1 Diagram Alir.....	25
Gambar 3.2 Rancangan Rangka Dudukan.....	26
Gambar 3.3 Pengujian Tanpa Beban.....	28
Gambar 3.4 <i>Pull In Coil & Hold In Coil Test</i>	30
Gambar 4.1 Hasil Rancangan Pengembangan Alat Simulasi.....	31
Gambar 4.2 Alat Simulasi <i>Starting</i>	32
Gambar 4.3 Sebelum <i>Cranking</i>	36
Gambar 4.4 <i>Cranking</i>	36
Gambar 4.5 Kecepatan <i>Pinion Gear</i>	36
Gambar 4.6 Pemahaman Mahasiswa Mengenai Alat Simulasi.....	40



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Percobaan Pengujian Tanpa Beban.....	36
Tabel 4.2 Data Pengujian <i>Hold In Coil</i>	38
Tabel 4.3 Data Pengujian <i>Pull In Coil</i>	38
Tabel 4.4 Pengujian Mahasiswa.....	40



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Proses Pembuatan Alat Simulasi	46
Lampiran 2 Pengujian	47
Lampiran 3 Contoh Hasil Kuesioner Mahasiswa	50



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Muh Fakhri Muakhir

NIM : 34418016

Menyatakan dengan sebenarn-benarnya bahwa segala pernyataan dalam laporan Tugas Akhir ini yang berjudul **Pengembangan Alat Simulasi dan Pengujian Starting System** merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun paqda perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan oleh penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam daftar pustaka laporan tugas akhir ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, .. September 2021

Muh Fakhri Muakhir
34418016

RINGKASAN

Sistem *Starting* merupakan salah satu sistem terpenting dalam sebuah *engine*, fungsi sistem *starting* adalah sebagai penggerak mula (menghidupkan) *engine*, komponen-komponen utama yang termasuk dalam sistem *starting* ini adalah *Battery*, *Starting Switch*, *Starter Relay*, *Starter Selenoid* dan *Motor Starter*. Pada aktualnya alat simulasi *starting system* sudah ada akan tetapi mengalami kerusakan pada motor, kabel *connector*-nya yang rusak, dan baterainya tidak ada.

Kegiatan pengembangan alat simulasi ini bertujuan agar Mahasiswa mampu melakukan pengujian tanpa beban, *pull in* dan *hold in coil* pada alat simulasi *starting system* dan memahami cara kerja dari *starting system*.

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa setelah dilakukan pengembangan alat simulasi yaitu mahasiswa dapat mudah melakukan pengujian yaitu pengujian tanpa beban, *hold in coil* dan *pull in coil*, adapun hasil yang telah didapatkan dari pengujian tersebut yaitu tegangan rata-rata pada saat sebelum *cranking* sebesar 11.89 V sedangkan tegangan rata-rata pada saat *cranking* sebesar 8.06 V, arus rata-rata yang mengalir sebesar 72.33 A dan kecepatan rata-rata *pinion gear* sebesar 2675.1 RPM, *hold in coil* dan *pull in coil* pada *selenoid* masih berfungsi dengan baik dan memahami cara kerja *starting system* berdasarkan data yang didapatkan terjadi peningkatan pemahaman mahasiswa mengenai *Starting System*.



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Starting system merupakan salah satu sistem terpenting dalam sebuah *engine*, fungsi *starting system* adalah sebagai penggerak mula (menghidupkan) *engine*, komponen-komponen utama yang termasuk dalam sistem *starting* ini adalah *Battery*, *Starting Switch*, *Starter Relay*, *Starter Selenoid* dan *Motor Starter*. *Starting system* merupakan sistem yang digunakan untuk memutar *engine* untuk pertama kali dengan memanfaatkan energi listrik yang kemudian dikonversi menjadi energi mekanik. Pada zaman dahulu kebanyakan tipe *engine* dihidupkan dengan cara manual yaitu dengan menggunakan *Starting handel/gagang* engkol untuk menghidupkan suatu *engine*, atau tanpa ada sistem *starting* di *engine* tersebut. berbeda dengan sekarang sistem *starting* hampir kita temui di setiap *engine*, baik itu *diesel engine* maupun *gasoline engine* sesuai dengan meningkatnya kebutuhan industri guna menciptakan keefektifan sebuah *engine*.

Meningkatnya kebutuhan industri dalam penggunaan sistem *starting* tentu menjadi sorotan dalam dunia pendidikan khususnya di Politeknik Negeri Ujung Pandang, mahasiswa diharapkan mampu memahami dan mengerti cara kerja dari sistem *starting* tersebut.



Gambar 1.1 Alat Simulasi *Starting System* Sebelumnya

Sumber : Tugas Akhir. I Gede Agus A, I Putu Sudiksa. 2017.

Pada aktualnya Simulasi *Starting System* di kampus sudah ada, akan tetapi mengalami kerusakan pada motor, kabel *connectornya* yang rusak, dan baterainya tidak ada. Adapun spesifikasi Alat Simulasi *Starting System* sebelumnya yaitu.

1. *Motor Starter* 12 V
2. *Connector Banana Jack*
3. Kabel
4. *Starter Relay*
5. *Start Switch*
6. Lampu *On, Off, dan Start*
7. MCB

Dari masalah di atas, maka akan dilakukan pembaruan simulasi *starting system* dengan melengkapi kekurangan alat simulasi tersebut dan memudahkan mahasiswa melakukan pengujian *starting system* dengan menggunakan alat simulasi agar dapat digunakan sebagai media praktik dan mahasiswa mampu memahami cara kerja dari *system starting* pada program studi D3 Perawatan Alat Berat.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana mengembangkan alat agar lebih mudah dijadikan alat pengujian pada *Starting System* dan lebih mudah dipahami oleh mahasiswa?
2. Bagaimana mahasiswa dapat memahami cara kerja *Starting System*?

1.3 Ruang Lingkup Kegiatan

Dalam ruang lingkup kegiatan Tugas Akhir ini kami membuat beberapa batasan-batasan yang sekiranya dapat lebih mengarahkan kepada manfaat yang ingin dicapai ataupun untuk tercapainya maksud dan tujuan dari penulis, maka penulis membatasi pembahasan dalam beberapa poin dibawah ini:

1. Tipe motor *starting* yang digunakan yaitu tipe konvensional dengan tegangan 12 V.
2. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian tanpa beban, pengujian *pull in coil* dan pengujian *hold in coil*.

1.4 Tujuan dan Manfaat Kegiatan

1.4.1 Tujuan kegiatan

Tujuan yang diharapkan dari karya tulis tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Memudahkan mahasiswa melakukan pengujian pada alat simulasi *starting system* agar lebih mudah dipahami.

2. Mahasiswa lebih mudah memahami cara kerja *Starting System*.

1.4.2 Manfaat kegiatan

Manfaat yang diharapkan dari karya tulis tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Mahasiswa lebih mudah melakukan pengujian terhadap *Starting System*.
2. Mahasiswa mampu mengetahui komponen beserta fungsinya dari *Starting System*.
3. Mahasiswa mampu memahami proses kerja dari *Starting System*.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Alat Simulasi

Kata alat simulasi terdiri dari dua kata yaitu pada kata pertama adalah alat yang artinya adalah benda yang digunakan untuk mengerjakan sesuatu dan kata yang kedua adalah simulasi yang artinya penggambaran suatu sistem atau metode pelatihan yang meragakan sesuatu dalam bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan yang sesungguhnya.

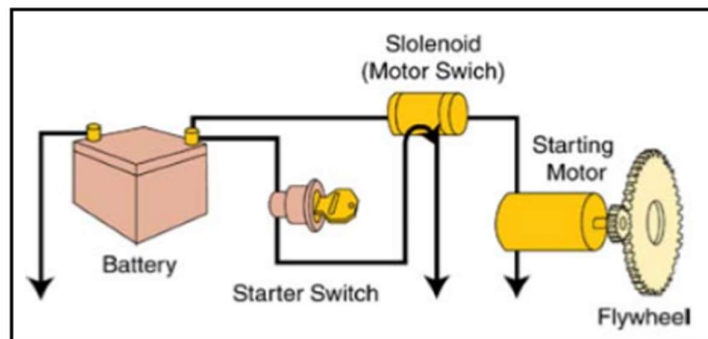
Alat simulasi adalah alat-alat yang digunakan untuk metode pelatihan yang meragakan sesuatu dalam bentuk tiruan yang mirip dengan keadaan yang sesungguhnya . Beberapa pendapat tentang pengertian simulasi yaitu :

- A. Abu Ahmadi (2005 : 23) Menyatakan bahwa “Simulasi berarti tiruan atau suatu perbuatan yang bersifat pura-pura saja. Sebagai metode mengajar, simulasi dapat diartikan. sebagai suatu kegiatan yang menggambarkan keadaan sebenarnya.”
- B. Shannon dalam Ermantoni, Ed., (2018:10) Simulasi merupakan proses perencanaan model dari sistem nyata yang dilanjutkan dengan pelaksanaan eksperimen terhadap model untuk mempelajari perilaku sistem atau evaluasi strategi.

Berdasarkan pendapat di atas tentang simulasi dapat disimpulkan bahwa simulasi merupakan suatu kegiatan yang dilakukan dengan perencanaan model

atau eksperimen yang menggambarkan keadaan yang sebenarnya sebagai metode pengajaran yang dapat meningkatkan proses pembelajaran.

2.2 Defenisi *Starting System*



Gambar 2.1 *Electric Starting System*

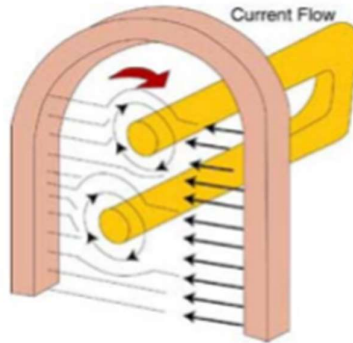
Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Starting system merupakan salah satu sistem yang digunakan untuk memutar *engine* pertama kali. (Gambar 2.1) di atas menunjukkan rangkaian *electric starting system*. Ketika *starter switch* diaktifkan, arus yang kecil mengalir dari baterai ke *solenoid* dan kembali ke baterai melalui *ground*. *Solenoid* mempunyai fungsi ganda, yaitu menghubungkan *pinion* dengan *flywheel* dan menggerakkan *switch* (kontaktor) di dalam *solenoid* antara baterai dan *starter motor*, sehingga arus yang besar mengalir dari *battery* ke *starter motor*.

Starter motor mengambil energi listrik dari baterai dan mengubahnya ke dalam energi mekanik untuk memutar *flywheel* saat *engine* di-start. Motor *starter* sama dengan motor listrik lainnya, dimana gaya putar diperoleh dari interaksi gaya-gaya magnet di dalam motor itu sendiri.

2.3 Prinsip Kerja Motor Starter

Prinsip Kerja Kemagnetan



Gambar 2.2 Kemagnetan

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

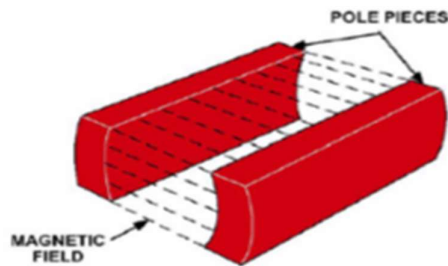
Sebelum mempelajari prinsip dasar *starter motor* beberapa prinsip dasar magnet perlu diulas kembali. Prinsip-prinsip ini antara lain adalah:

- Kutub yang sama tolak menolak, kutub yang berbeda tarik menarik.
- Garis-garis *fluks* magnet merupakan garis berlanjut yang menghasilkan gaya magnet.
- Konduktor penghantar arus memiliki medan magnet yang mengelilingi konduktor tersebut dalam arah yang ditentukan oleh aliran arus.

Jika sebuah konduktor dialiri arus yang terus menerus, maka akan terbentuk medan magnet. Sebuah magnet permanen memiliki medan pada kedua kutubnya. Pada saat konduktor yang menghantarkan arus diletakkan dalam medan magnet permanen, maka akan timbul gaya yang dihasilkan pada konduktor karena medan

magnet tersebut. Jika konduktor terbentuk dalam sebuah lilitan dan ditempatkan dalam medan magnet, maka hasilnya adalah sama. Karena aliran arus berada dalam arah yang berlawanan dengan kumparan, salah satu akan terdorong ke atas dan sisi lainnya terdorong ke bawah. Hal ini akan membuat efek rotasi atau torsi pada kumparan (Gambar 2.2).

A. Pole Piece

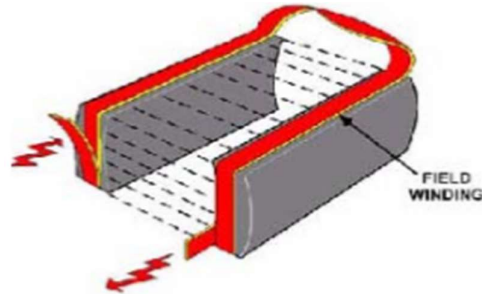


Gambar 2.3 Pole Piece

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Pole Piece dalam kerangka suatu medan dapat ditunjukkan sebagai ujung sebuah magnet. Jarak antara kutub inilah yang merupakan medan magnet (Gambar 2.3). Pada umumnya, motor *starter* memiliki empat buah *pole piece* yang terikat pada *yoke* (*housing* dari *armature*) menggunakan sekrup.

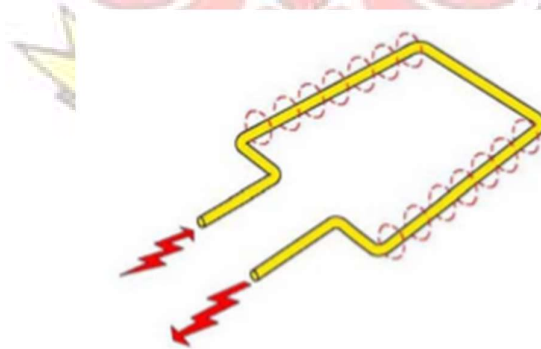
B. *Field Winding* (Kumparan Medan)



Gambar 2.4 *Field Winding*

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Jika sebuah kawat, yang disebut *field winding*, dililitkan di antara *Pole Piece* dan dialiri arus, kekuatan medan magnet di antara kedua kutub akan meningkat (Gambar 2.4). *Field winding* terbuat dari bahan tembaga dan *field winding* dihubungkan secara seri agar arus yang mengalir melewati *field winding* ini nantinya juga akan mengalir ke *armature coil*.

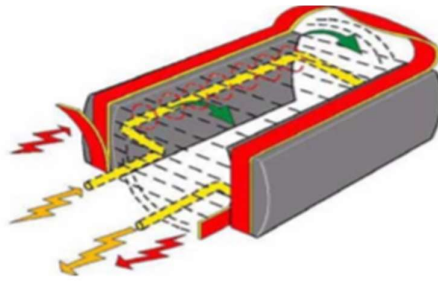


Gambar 2.5 Medan Magnet

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Jika sebuah arus dialirkan dari sumber baterai ke sebuah lilitan maka akan terbentuk medan magnet disekeliling kawat (Gambar 2.5).

C. *Armature* Sederhana

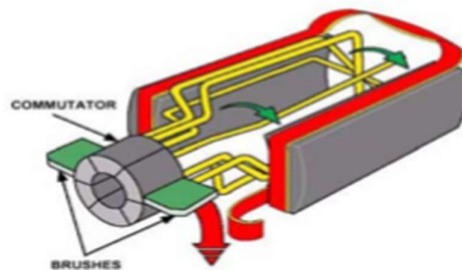


Gambar 2.6 *Armature* Sederhana

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Jika suatu lilitan kawat diletakkan pada medan magnet antara dua kutub (*pole piece*) dan dialiri arus, maka akan terbentuk sebuah *armature* sederhana. Medan magnet di sekitar lilitan dan medan magnet antara kutub akan tolak menolak, yang menyebabkan lilitan tersebut berputar (Gambar 2.6).

D. *Commutator* dan *Brush*



Gambar 2.7 *Commutator* dan *Brush*

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Commutator dan *brush* digunakan untuk menjaga agar motor tetap berputar dengan cara mengendalikan aliran arus yang melalui kumparan (Gambar 2.7). *Commutator* berfungsi sebagai *timing* pengatur aktifnya kumparan dan penyambung listrik antara kumparan dan *brush*. *Commutator* memiliki banyak *segmen*, yang saling terisolasi satu dengan lainnya. *Brush* bergesekan dengan *commutator* dan mengalirkan arus dari baterai ke kumparan. Ketika kumparan berputar menjauhi *segmen brush*, *segmen commutator* merubah aliran listrik antara *brush* dan kumparan. Hal ini akan membalikkan medan magnet pada sekeliling kumparan. Kumparan akan tertarik kembali melalui kutub yang lain. Hubungan listrik yang berubah terus-menerus akan membuat motor berputar. Sebuah gerakan tarik dan dorong secara terus-menerus dibuat ketika setiap lilitan bergerak di dalam kutub. Banyaknya kumparan dan *commutator* digunakan untuk meningkatkan daya motor dan kehalusan gerakan. Setiap kumparan dihubungkan dengan *segmen* tersendiri pada *commutator*. Pada saat motor berputar, kumparan memberikan dorongan gerakan tersebut dengan menghasilkan gaya putar yang halus dan konstan.

2.4 Konstruksi *Motor Starter*

1. *Armature* (Rotor)



Gambar 2.8 *Armature*

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Starter motor, berbeda dengan motor listrik sederhana. *Starter* motor dapat menghasilkan torsi yang sangat besar pada kecepatan yang relatif tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem untuk mendukung lilitan serta untuk meningkatkan kekuatan setiap medan magnet pada lilitan tersebut. Sebuah *starter armature* (Gambar 2.8) terdiri atas *armature shaft*, *armature core*, *commutator* dan *armature winding*. *Starter* motor *shaft* menopang *armature* pada saat *armature* tersebut berputar dalam *housing*. *Commutator* diletakkan pada salah satu ujung *armature shaft*. *Armature core* menahan lilitan pada tempatnya. *Armature core* terbuat dari besi untuk meningkatkan kekuatan medan magnet yang dihasilkan oleh lilitan.

2. *Field Winding* (Stator)



2.9 *Field Winding*

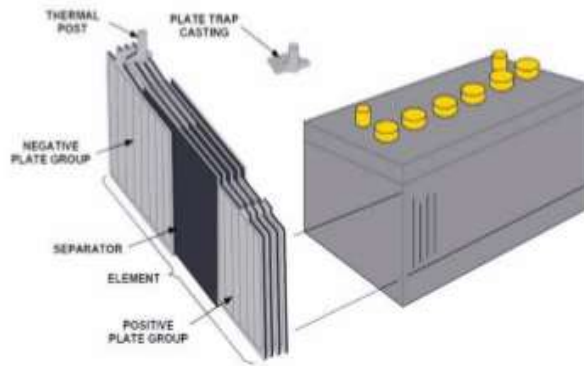
Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Field winding (Gambar 2.9) adalah sebuah kawat (*fixed*) terisolasi yang digulung dengan bentuk melingkar, dan menciptakan medan magnet yang kuat di sekitar motor *armature*. Pada saat arus mengalir melalui kumparan, medan magnet antara kutub menjadi sangat besar. Medan tersebut dapat berkisar 5 hingga 10 kali medan magnet permanen. Pada saat medan magnet di antara *pole piece* tolak menolak dengan medan yang dihasilkan *armature* maka motor akan berputar dengan daya besar.

2.5 **Komponen *Starting System***

Rangkaian *starter* memiliki beberapa komponen yang dihubungkan sebagai perangkat kontrol dan pelindung. Perangkat ini dibutuhkan pada *Starter* motor serta dan mencegah *Starter* motor beroperasi ketika mesin sedang berada dalam mode operasi karena alasan *safety*. Komponen pada rangkaian listrik *starter* terdiri atas berikut ini.

1. Battery

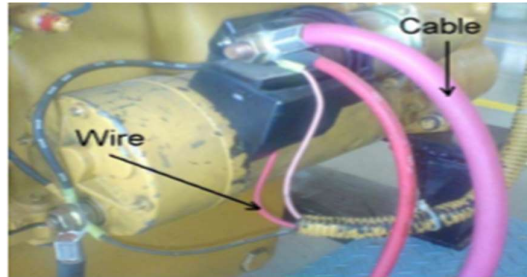


Gambar 2.10 Battery

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Baterai merupakan sumber penyuplai energi utama saat akan menghidupkan mesin. Baterai akan menyediakan suplai arus listrik ke sistem *starter* dan komponen kelistrikan pada unit. Kapasitas baterai yang digunakan untuk *starter* bervariasi tergantung kapasitas mesin tentunya. Namun untuk *voltage* atau tegangan, umumnya menggunakan baterai bertegangan 12 Volt pada mobil, dan 24 Volt untuk truk dan bus.

2. *Cable and Wire*



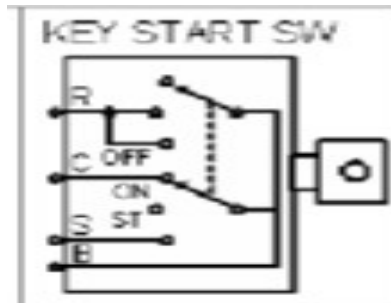
Gambar 2.11 *Cable dan Wire*

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Arus yang mengalir tinggi yang melalui *starter motor* cukup tinggi, sehingga membutuhkan kawat yang berukuran cukup besar agar memiliki resistansi rendah. Dalam sebuah rangkaian seri, nilai resistansi akan bertambah di dalam suatu rangkaian sehingga akan mempengaruhi beban operasi karena terjadi pengurangan jumlah total aliran arus di dalam rangkaian.

Dalam sistem, kabel akan menghubungkan baterai dengan *relay*, *relay* dengan *starter motor*, sementara dalam sistem yang lain kabel akan dihubungkan langsung dari baterai ke *starter*. Kabel *ground* juga harus berukuran cukup besar agar dapat menahan aliran arus. Semua konektor dan sambungan dalam sistem *starter* harus memiliki resistansi sekecil mungkin.

3. Key Start Switch

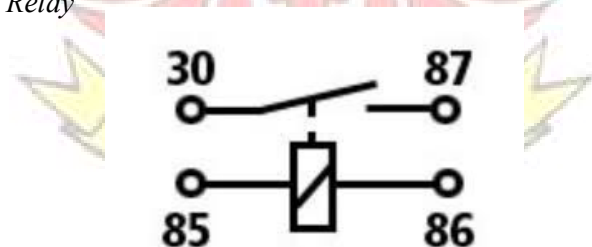


2.12 Key Start Switch

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Start switch mengaktifkan *starter motor* dengan cara meneruskan daya ke *starter relay* dari baterai. *Switch* tersebut dapat dioperasikan secara langsung dengan menggunakan kunci atau tombol atau diaktifkan dari jarak jauh dengan menggunakan kunci pengontrol, serta ditempatkan pada *dashboard assembly*.

4. Starter Relay



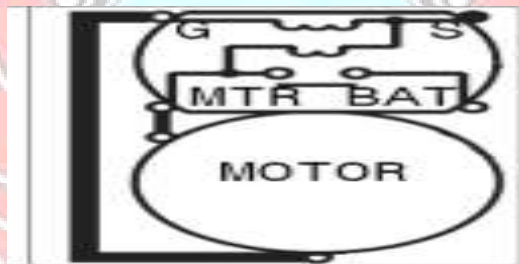
Gambar 2.13 *Start Relay*

Sumber : <https://www.lksotomotif.com/2018/10/>

Starter relay (switch magnet) dapat digunakan dalam beberapa sistem *starter*. Komponen ini dalam rangkaian kontrol, terletak di antara *start switch* dan *starter solenoid*. Komponen ini merupakan sebuah *switch magnet* yang

kumparannya diaktifkan oleh listrik dari baterai yang disuplai melalui *start switch*. *Start relay* umumnya memiliki 4 kaki atau terminal yang terdiri dari terminal 30 yang dihubungkan dengan sumber arus listrik atau baterai, terminal 87 yang dihubungkan dengan terminal S pada motor *starter* yang dimana kedua terminal tersebut akan dialiri arus dari baterai, terminal 86 yang dihubungkan dengan terminal S pada kunci kontak, terminal 85 dihubungkan dengan massa atau *ground* pada unit. Kedua terminal tersebut berfungsi mengaktifkan terminal 30 dan terminal 87 sehingga arus baterai mengalir.

5. *Starter Solenoid*



Gambar 2.14 *Starter Solenoid*

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Solenoid merupakan kombinasi cara kerja sebuah *relay* dengan kemampuan untuk melakukan pekerjaan mekanikal (mengaktifkan penggerak). *Starter solenoid* menghasilkan medan magnet yang menarik *solenoid plunger* dan *disk*. *Solenoid* ditempatkan di bagian atas *starter* motor sehingga dapat langsung terhubung dengan *overrunning clutch drive* untuk mengaktifkan *pinion*.

6. Motor *Starter*



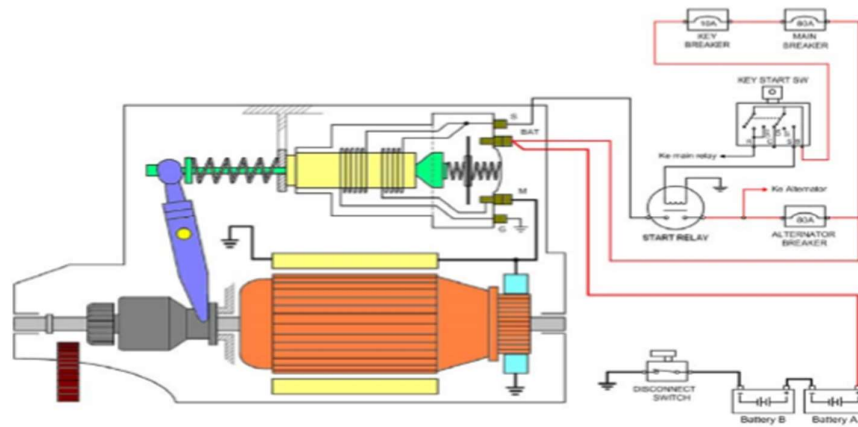
Gambar 2.15 Motor *Starter*

Sumber : Pustekkom Depdiknas.2007. *Motor Starter*

Motor *starter* merupakan komponen yang memutar *flywheel* (poros engkol) pertama kali sehingga mesin dapat hidup setelah itu terjadi siklus yang akan menghasilkan tenaga. Motor *starter* bekerja karena adanya gaya medan magnet yang dialiri arus listrik dari baterai.

2.6 Cara Kerja Starting System

A. Standby

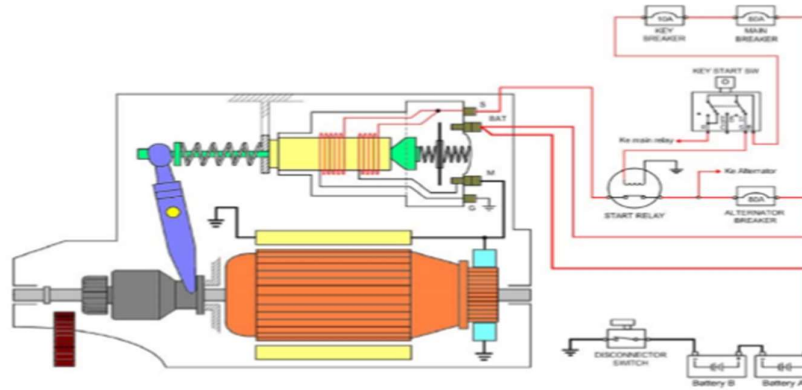


Gambar 2.16 Saat *Stand By*

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Saat *disconnect switch* pada posisi *close*, rangkaian dari baterai menjadi satu rangkaian menuju *ground*. (Gambar 2.16) adalah sistem *starter* dalam kondisi *standby*. *Supply* dari baterai sudah *standby* di terminal BAT pada *starter* motor dan di terminal B pada *start switch*.

B. Key On



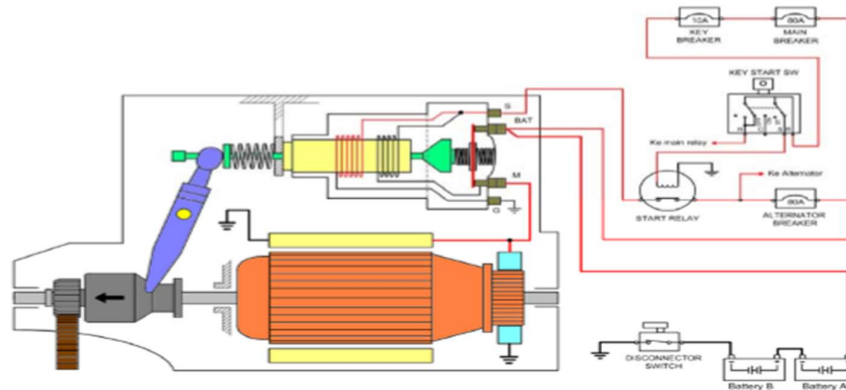
Gambar 2.17 Saat Key On

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Pada saat *start switch* diposisikan ke *start* (Gambar 2.17), maka arus akan mengalir dari *supply* baterai di terminal B ke terminal S pada *start switch* menuju salah satu terminal kumparan pada *start relay*. Pada saat yang sama arus yang lebih besar mengalir dari baterai ke terminal S pada *Starter* motor melalui kontak *start relay* yang sudah *close*, dan membuat *pull-up winding* dan *hold-in winding* di-energized.

Dalam waktu yang sangat singkat, saat terminal BAT dan M belum terhubung oleh kontaktor, kedua *pull-in* dan *hold-in winding* aktif, yang menyebabkan tuas mendorong *pinion* sambil *overrunning clutch*-nya bersentuhan dengan *flywheel*. *Pull-in winding* aktif berperan untuk membantu *hold-in winding* mendorong *pinion*.

C. Starting



Gambar 2.18 Saat Starting

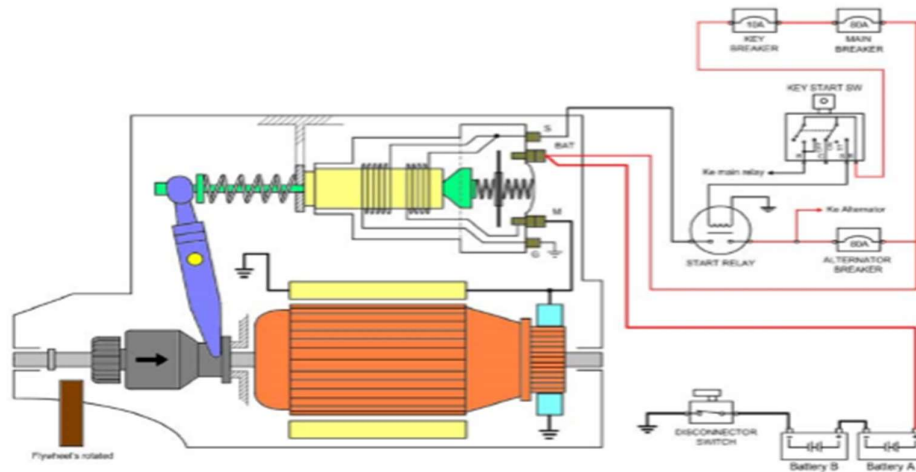
Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Gaya magnet menarik *plunger* ke arah kiri, yang akan menggerakkan *overrunning clutch* dan *pinion* ke arah *flywheel ring gear* (Gambar 2.18). Pada saat *plunger* ditarik ke kiri dan terminal BAT dan M terhubung oleh plat kontaktor, pada tahap ini *pinion* mulai *engage* dengan *flywheel ring gear* dan *pull-in winding* menjadi tidak aktif yang dikarenakan tidak ada arus yang mengalir padanya karena di-*bypass* oleh plat kontaktor. Pada saat ini *plunger* dipertahankan dalam posisi tertarik hanya oleh gaya magnet dari *hold-in winding*. *Starter motor* kemudian dialiri arus besar, *pinion* akan *engage* dengan *flywheel ring gear* dan *engine* akan mulai berputar.

Solenoid melakukan dua fungsi, yaitu menghubungkan *pinion* dengan *flywheel* dan menghubungkan arus yang tinggi dari baterai ke *starter motor*. *Starter motor* mengambil energi listrik dari baterai dan merubahnya menjadi

energi mekanik yang berputar untuk menghidupkan mesin. Cara kerja ini serupa dengan motor listrik pada umumnya. Semua motor listrik menghasilkan gaya dorong / tarik melalui interaksi medan magnet di dalam motor.

D. Key Off



Gambar 2.19 Saat Key Off

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

Posisi *starter* motor berhenti (*key start switch* kembali pada posisi *on*). Pada saat *ignition switch* diputus, arus yang mengalir melalui *hold-in winding* dan *pull-in winding* berhenti, yang menyebabkan gaya magnet pada *hold-in winding* hilang. Kontak pada *solenoid* kemudian terbuka. *Plunger* dan *overrunning clutch* didorong kembali ke posisi awal oleh *spring*, dan motor akan berhenti berputar (Gambar 2.19).

BAB III METODE KEGIATAN

3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

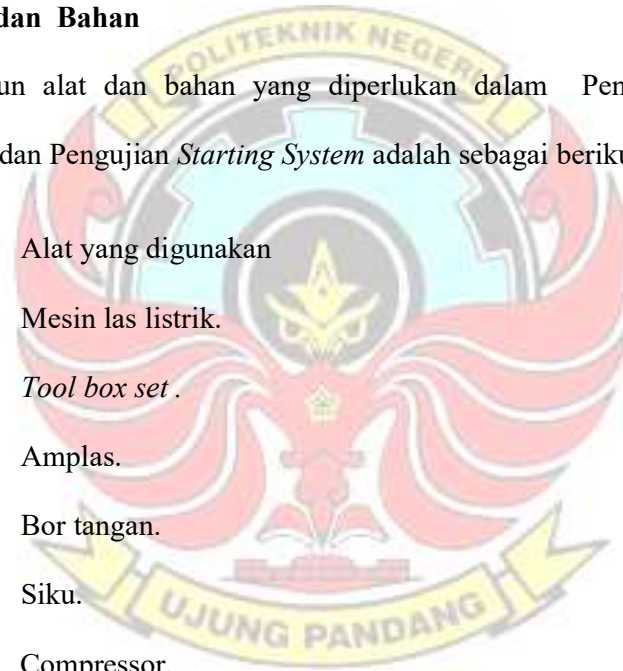
Kegiatan Pengembangan Simulasi dan Pengujian *Starting System* dikerjakan di Bengkel Alat Berat Politeknik Negeri Ujung Pandang dimulai dari bulan April sampai September awal 2021.

3.2 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam Pengembangan Alat Simulasi dan Pengujian *Starting System* adalah sebagai berikut :

3.2.1 Alat yang digunakan

- a. Mesin las listrik.
- b. *Tool box set* .
- c. Amplas.
- d. Bor tangan.
- e. Siku.
- f. Compressor.
- g. Gerinda.
- h. Marker.
- i. Terminal steker.
- j. Elektroda.
- k. Mata gerinda.
- l. Mata bor.



m. Kacamata las.

3.2.2 Bahan yang digunakan

a. Besi Hollo 40x40 mm.

b. Besi Siku 30x30 mm.

c. Akrilik 460x550x5 mm.

d. Alcopan (aluminium *composite* panel) 2400x1120x3 mm.

e. Jack Banana *Socket & Plug*.

f. Skun Kabel+isolasi warna merah & hitam.

g. Kabel Aki & kabel serabut 1,5 mm.

h. Lampu *Pilot Indicator*.

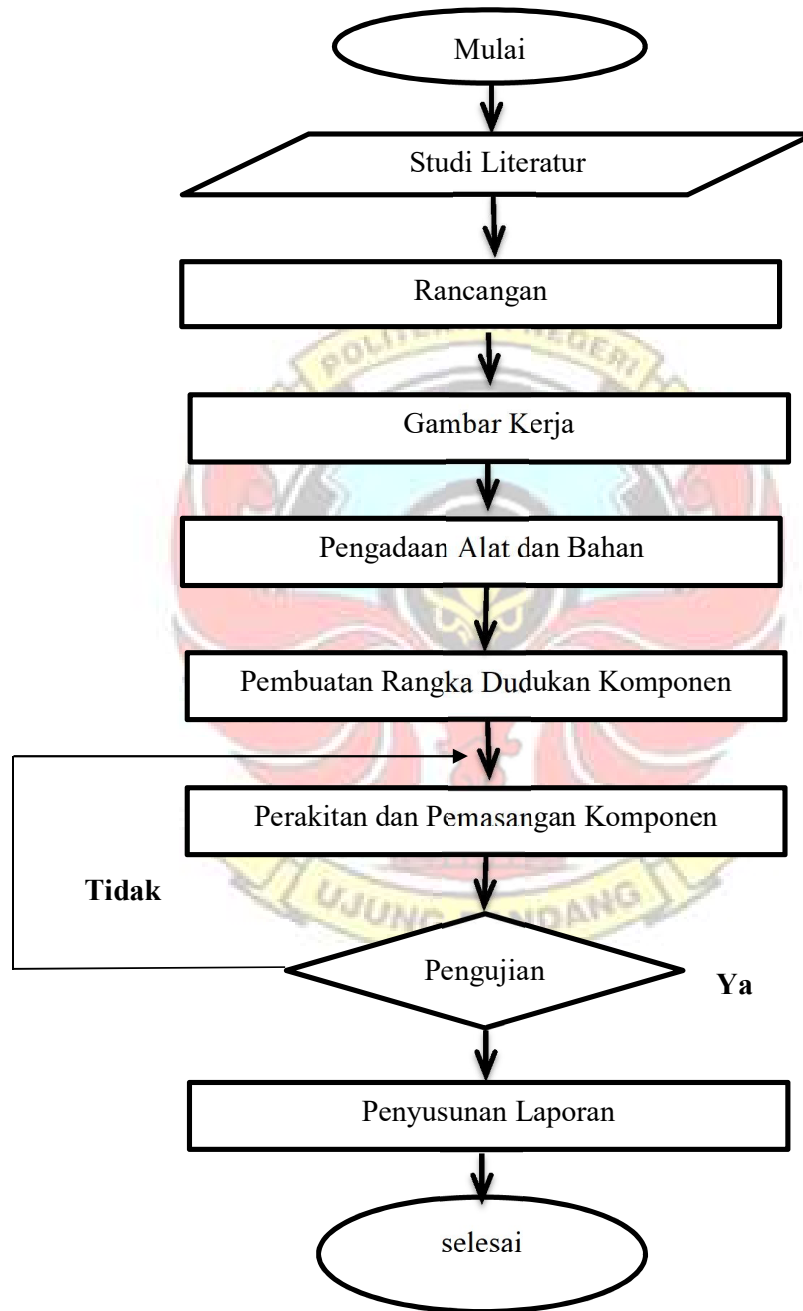
i. Cat warna kuning.

j. Roda.



3.3 Diagram Alir

Adapun bagan alir dalam proses pembuatan alat simulasi dan pengujian *Starting System* dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.

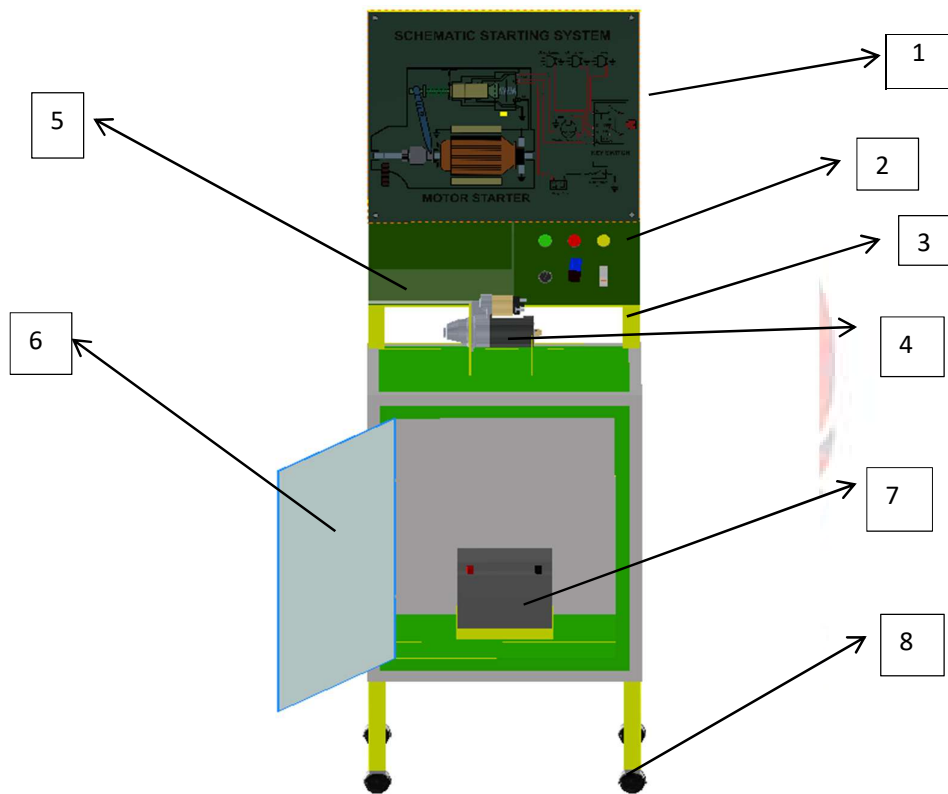


Gambar 3.1 Diagram Alir

3.4 Langkah Kerja

Untuk melakukan pengembangan maka diperlukan beberapa langkah yang terdiri dari tahap pembuatan gambar rancangan, tahap pembuatan rangka serta pengadaan komponen *starting system* dan Pengujian Pada *Starting System*.

3.4.1 Rancangan Rangka Dudukan Komponen *Starting System*



Gambar 3.2 Rancangan Rangka Dudukan

Keterangan:

1. Papan akrilik Skematik.
2. Panel komponen yang terdiri dari beberapa komponen yaitu lampu *pilot* indikator, kunci kontak, *disconnecting switch*, dan *relay*.

3. Rangka.
4. Motor *Starter*.
5. Dudukan alat ukur seperti *digital multimeter*, *tang ampere*, dan *tachometer*.
6. Penutup rangka.
7. Baterai.
8. Roda.

3.4.2 Pembuatan Rangka, Pengadaan Komponen *Starting System* dan Perakitan.

1. Rangka

Pengadaan rangka dudukan yg akan dilakukan seperti besi holow sebagai *frame* dari dudukan komponen, besi siku sebagai dudukan papan skematik, dan alcopan sebagai penutup bagian bawah rangka adapun metode pembuatan rangka yang dilakukan yaitu pengelasan dan pengeboran bahan rangka yang sesuai dengan yang ada pada gambar rancangan.

2. Pengadaan komponen *Starting System*

Komponen yang akan kita gunakan adalah Motor *Starter* tipe konvensional dengan tegangan 12 V, lalu akan ada pengadaan komponen tambahan seperti baterai, *relay* dll.

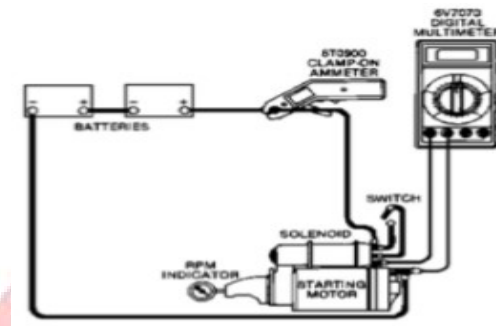
3. Perakitan

Setelah rangka *starting system* dan pengadaan komponen selesai selanjutnya dilakukan perakitan komponen *starting system* dengan

memasang kabel-kabel komponen dengan menghubungkan ke komponen yang sesuai dengan alur yang ada pada papan skematik.

3.4.3 Pengujian *Starting Sistem*

1. Pengujian tanpa beban



Gambar 3.3 Pengujian Tanpa Beban

Sumber : PT Trakindo Utama. *Caterpillar electric & electronic*.2010

- Menghubungkan baterai 12 V dengan motor *starter*. Hubungkan kabel baterai positif ke terminal B di *solenoid* motor *starter*. Hubungkan kabel baterai negatif ke *housing* motor *starter* atau terminal *negative*.
- Menghubungkan *switch* yang terbuka antara terminal S dan B terminal di *solenoid*.
- Menghubungkan voltmeter pada *lead* yang merah ke terminal baterai motor *starter*. Menghubungkan voltmeter pada *lead* yang hitam ke *housing* motor *starter* atau terminal negatif.
- Menggunakan tang ampere ke kabel penghubung positif baterai.
- Menggunakan indikator RPM atau *tachometer* untuk mengukur kecepatan *armature*.

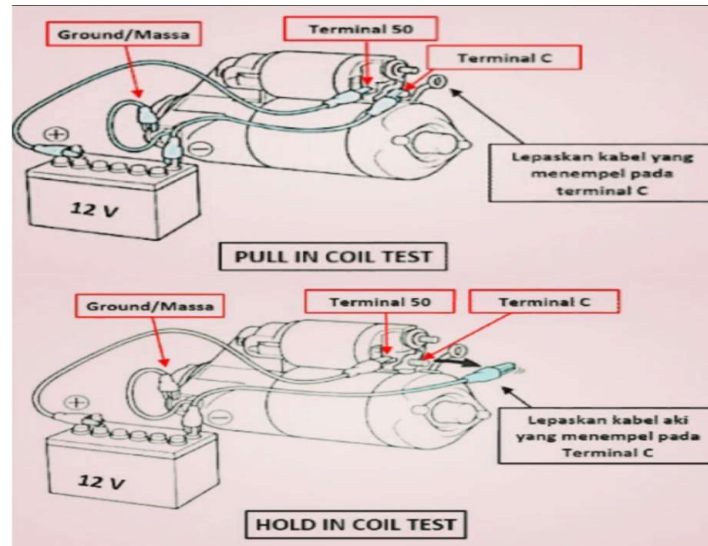
2. Pengujian *pull in coil* dan *hold in coil*

a. Pengujian *Pull in coil*

Pertama-tama lepas mur pada terminal C motor *starter* dan lepas kabel yang menempel pada terminal C tersebut, kemudian hubungkan *magnetic switch* dengan baterai. Bagian negatif baterai dihubungkan dengan *body motor starter* dan baut terminal C. Bagian positif baterai dihubungkan ke terminal 50 motor *starter*. Jika *pinion* bergerak ke arah luar maka hal ini berarti *pull in coil* masih dalam keadaan baik, jika tidak bergerak keluar maka *pull in coil* kemungkinan rusak.

b. Pengujian *hold in coil*

Dilakukan dengan melanjutkan langkah pemeriksaan *pull in coil* dan *hold in coil test* dengan cara melepas salah satu kabel dari negatif baterai yaitu kabel yang menuju ke terminal C motor *starter*. Saat kabel ini dilepas maka *pinion* harus tetap keluar pada posisi semula, jika *pinion* kembali masuk setelah kabel pada terminal C dilepas maka kemungkinan *hold in coil* rusak.



Gambar 3.4 *Pull In Coil & Hold In Coil Test*

Sumber : <https://www.otospeedcar.com/2020/03/Pengujian-dan-pengetesan-motor-starter.html>

3. Pengambilan data kuisisioner pemahaman mahasiswa

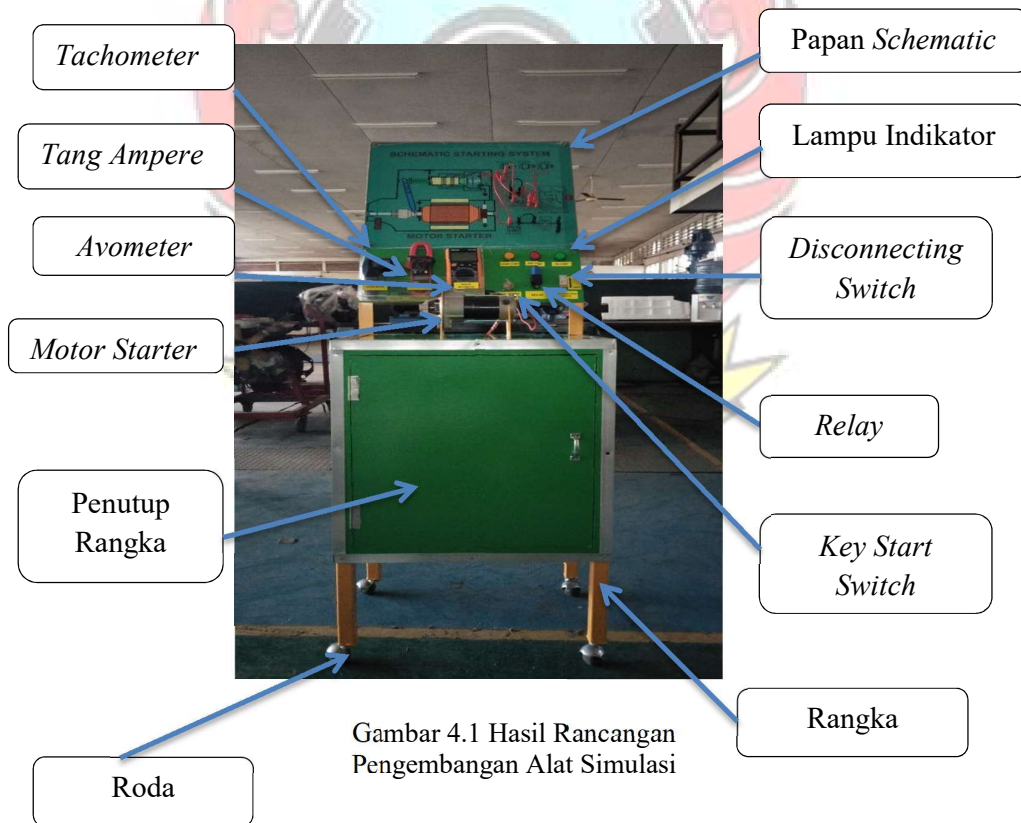
Setelah dilakukan pembuatan dan pengujian alat simulasi *starting system*, selanjutnya dilakukan pengujian dengan memberikan kuisisioner sebelum praktik (*pretest*) dan sesudah praktik (*posttest*) kepada mahasiswa prodi perawatan alat berat. Tujuan dilakukan pengujian yaitu untuk mengetahui dengan adanya alat simulasi ini akan meningkatkan pemahaman prinsip kerja dan fungsi komponen yang ada pada *starting system*.

BAB IV HASIL DAN DESKRIPSI KEGIATAN

4.1 Hasil

4.1.1 Hasil Rancangan

Perancangan alat simulasi *starting system* dilaksanakan di Bengkel Perawatan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Kegiatan perancangan dimulai sejak bulan April 2021. Adapun hasil rancangan pengembangan alat simulasi *starting system* dapat dilihat pada gambar 4.1 dan gambar 4.2 berikut ini.





Gambar 4.2 Alat Simulasi *Starting*

Setelah dilakukan proses perancangan alat simulasi *starting system* selesai dan panel *schematic* terpasang beserta kabel konektor komponen terpasang dan berfungsi dengan baik. Adapun komponen alat tersebut terdiri dari.

1. Rangka
 - a. Rangka terbuat dari besi hollow 40x40 mm dan besi siku 30x30 mm dengan ukuran 380x560x1630 mm.
 - b. Penutup (*cover*) yang digunakan yaitu alcopan (*aluminium composite panel*) dengan ukuran 380x560x640 mm berwarna hijau.
 - c. Untuk menyambung rangka dan penutup rangka menggunakan las listrik dan bor tangan.

- d. Rangka terdiri dari empat buah roda pada bagian kaki rangka.
2. Skematik
 - a. Skematik terbuat dari akrilik berukuran 460x550 mm.
 - b. Bagian belakang papan akrilik skematik dilapisi dengan stiker bergambar skema *starting system*.
 - c. Warna latar skematik berwarna hijau.
 3. Panel Komponen
 - a. Panel komponen terdiri dari tachometer, digital multi meter, tang ampere *relay*, MCB sebagai pengganti *disconnecting switch*, *key start switch* dan lampu indikator jingga, merah dan hijau.
 - b. Panel komponen terbuat dari alcopan berukuran 200x550 mm berwarna hijau.
 4. Kabel Penghubung
 - a. Kabel penghubung yang digunakan berjenis serabut agar mampu menahan arus yang cukup besar mengalir dalam kabel.
 - b. Resistansi tiap kabel dibawah 0,5 ohm.
Ukuran kabel yang digunakan yaitu.
 - 1) Kabel serabut dengan diameter 4 mm
 - 2) Kabel serabut dengan diameter 6 mm

5. Konektor

- a. Konektor yang digunakan dalam rangkaian listrik sistem *starter* adalah konektor *jack banana*.
- b. Diameter konektor yang digunakan yaitu 5 mm.
- c. Konektor terbagi menjadi dua yaitu *plug* dan *socket* yang terbuat dari plastik dan besi.

6. Motor *Starter*

- a. Motor yang digunakan merupakan motor dengan arus *Dirrect Current* (DC).
- b. Motor *starter* yang digunakan motor *starter* toyota kijang kapsul dengan spesifikasi daya listrik 1 kW dan tegangan 12 V.
- c. Perhitungan arus motor *starter* secara teori.

$$P = 1000 \text{ Watt}$$

$$V = 12 \text{ V}$$

$$I \dots ?$$

$$P = E \times I$$

$$1000 = 12 \times I$$

$$I = \frac{1000}{12}$$

$$I = 83.3 \text{ A.}$$

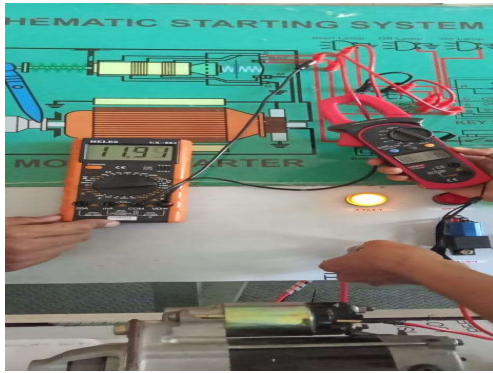
4.1.2 Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengembangan alat simulasi *starting system* dan semua komponen *starting system* terpasang pada rangka dan berfungsi dengan baik. Ada beberapa pengambilan data pengujian pada alat simulasi yaitu sebagai berikut.

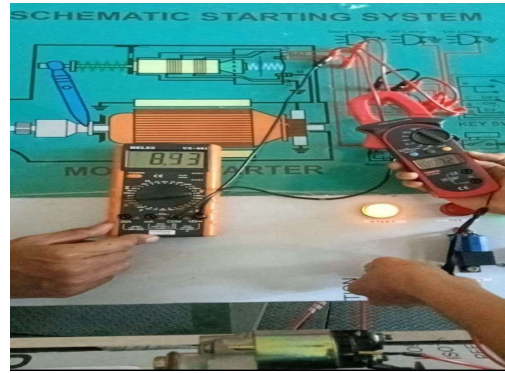
a. Data Pengujian Tanpa Beban

Pengujian tanpa beban dilakukan bertujuan untuk memeriksa bahwa *starter* berputar dengan lembut dan *pinion gear* bergerak ke luar Adapun langkah dari pengujian tanpa beban pada motor *starter* yaitu sebagai berikut.

- a. Melakukan pengecekan pada komponen *starting system* terutama motor *starter*.
- b. Memastikan baterai memiliki tegangan tidak kurang dari 12 V.
- c. Menghubungkan rangkaian kabel penghubung sesuai dengan yang ada pada papan skematik.
- d. Menghubungkan terminal kabel positif dan negatif pada terminal positif dan negatif pada baterai.
- e. Menghubungkan voltmeter pada *lead* yang merah ke terminal baterai *solenoid motor starter*, untuk *lead* berwarna hitam pada voltmeter ke terminal negatif baterai.
- f. Menghubungkan *clamp on ammeter* kabel penghubung positif baterai yang menuju ke terminal *solenoid motor*.
- g. Menggunakan *tachometer* untuk mengukur kecepatan poros *pinion gear*.
- h. Melakukan posisi *start* atau *Close*-kan *switch* pada kunci kontak dan amati perbandingan tegangan dan arus sebelum *start* dan sesudah *start*.



Gambar 4.3 Sebelum *Cranking*



Gambar 4.4 *Cranking*



Gambar 4.5 Kecepatan *Pinion Gear*

Setelah melakukan langkah pengujian tanpa beban pada alat simulasi *starting system*, adapun data hasil pengujian *starting system* yang kami dapatkan yaitu sebagai berikut.

Tabel 4.1 Percobaan Pengujian Tanpa Beban

Percobaan	Tegangan (V)		Arus (A)	Kecepatan (RPM)
	Sebelum <i>Cranking</i>	<i>Cranking</i>		
Pertama	11.91	8.08	73	2837.3
Kedua	11.89	8.13	72	2684.1
Ketiga	11.88	7.97	72	2504.1
Rata-rata	11.89	8.06	72.33	2675.1

Dari hasil tabel percobaan pengujian *starting system* diatas nilai tegangan sebelum *cranking* rata- rata sebesar 11.89 V, tegangan pada saat cranking rata- rata sebesar 8.06 V, nilai arus pada saat *cranking* rata- rata sebesar 72.33 A dan nilai RPM pada *pinion* motor *starter* sebesar rata-rata 2675.1, jadi besarnya daya motor dapat dihitung dari nilai tegangan rata-rata sebelum *cranking* dan arus rata-rata yang didapatkan.

$$I = 72.33 \text{ A}$$

$$E = 11.89 \text{ V}$$

P.....?

$$P = E \times I$$

$$= 11.89 \times 72.33$$

$$= 860 \text{ Watt (0,860 kW)}$$

b. Pengujian *Pull in Coil* dan *Hold in Coil*

Tujuan dilakukan pengujian *hold in coil* dan *pull in coil* yaitu memeriksa kumparan yang berfungsi sebagai penahan *pinion gear* dan kumparan penarik yang berfungsi sebagai penarik sehingga *pinion gear* bergerak keluar hingga *pinion gear* terhubung dengan *flywheel engine* agar tetap berfungsi dan bekerja dengan baik. Adapun data yang diperoleh dari pengujian *pull in coil* dan *hold in coil* pada tanggal 15 Agustus 2021 yaitu sebagai berikut.

1. Pengujian *pull in coil*

Tabel 4.2. data pengujian *pull in coil*

No	Kondisi Kabel	Posisi <i>Pinion</i>	Keterangan
1.	Kabel negatif baterai terhubung dengan bodi <i>starter</i> dan terminal 50 dan kabel positif baterai terhubung dengan terminal c.	<i>Pinion</i> bergerak kearah luar dengan durasi selama 3 detik.	Kondisi bagus.

2. Pengujian *Hold In Coil*

Tabel 4.3 data pengujian *hold in coil*

NO	Kondisi Kabel	Posisi <i>Pinion</i>	Keterangan
1	Kabel negatif baterai yang terhubung dengan terminal 30 dilepas.	Tertahan dengan durasi selama 10 detik.	Kondisi bagus.

Dari pengujian *hold in coil* dan *pull in coil* didapatkan kondisi *pinion* bergerak keluar ke arah luar dan tertahan selama 10 detik yang artinya pengujian *pull in coil* dan *hold in coil* yang dilakukan pada alat simulasi *starting system* masih dalam keadaan bagus dan berfungsi dengan baik.

c. Data Hasil Kuisisioner Pemahaman Mahasiswa

Pengambilan data dilakukan di Bengkel Mekanik pada tanggal 10 Agustus 2021. Responden terdiri dari lima mahasiswa angkatan 2020 dari jurusan Teknik Mesin prodi D3 Perawatan Alat Berat yang akan mempelajari mata kuliah *Intermediet electric & electronic* khususnya pada pokok bahasan *Starting System* pada unit/kendaraan.

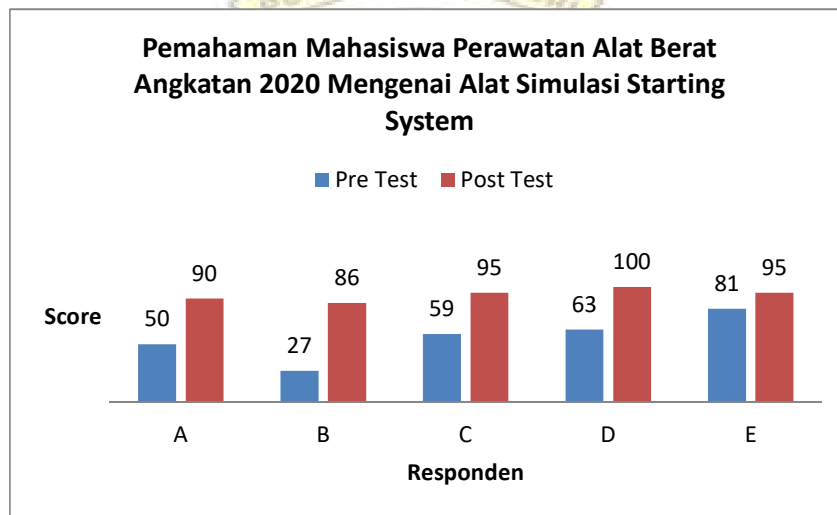
Adapun kegiatan dalam memperoleh data yaitu membagikan soal *pretest* kepada responden mengenai *starting system* setelah mendapatkan nilai responden, selanjutnya memberi pemahaman kepada responden mengenai fungsi komponen, prinsip kerja *starting system* dengan menggunakan media pembelajaran alat simulasi *starting system*, lalu soal *Post test* diberikan kepada setiap responden setelah mereka diberikan pemahaman mengenai *starting system* menggunakan media pembelajaran yang telah dibuat. Dalam memperoleh nilai persentase tingkat keberhasilan mahasiswa, berikut cara memperoleh nilai tersebut.

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Jumlah Bagian Soal Benar}}{\text{Jumlah Keseluruhan Soal}} \times 100$$

Berikut data hasil pengujian alat sebelum praktek (*pretest*) dan sesudah praktek (*post test*) yang telah dilakukan.

Tabel 4.4 Pengujian Mahasiswa

No	Kode Mahasiswa	Pre Test		Post Test	
		Poin	Nilai	Poin	Nilai
1	A	11	50	20	90
2	B	6	27	19	86
3	C	13	59	21	95
4	D	14	63	22	100
5	E	18	81	21	95
Rata-rata		12.4	56	20.6	93.2



Gambar 4.6 Pemahaman Mahasiswa Mengenai Alat Simulasi

Adapun tolak ukur sistem penilaian pemahaman pada alat simulasi *starting system* yang digunakan berdasarkan sistem penilaian yang berlaku di Politeknik Negeri Ujung Pandang yaitu minimal nilai 80 (A).

Keterangan :

Tidak Paham = 0-20

Sedikit Paham = 30-40

Paham = 50-70

Sangat Paham = 80-100

Dari tabel dan grafik diatas dapat dilihat bahwa hasil dari praktik yang dilakukan terjadi peningkatan pemahaman mahasiswa dari kuisisioner sebelum praktek (*pretest*) yaitu rata-rata 56 sedangkan setelah melakukan praktek (*Posttest*) terjadi peningkatan sebesar 93.2. Nilai tersebut masuk kedalam *range* sangat paham yaitu 80-100, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan adanya alat simulasi yang telah dikembangkan mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai *starting system* sehingga dapat dijadikan sebagai acuan tingkat keberhasilan alat.

4.2 Deskripsi Kegiatan

Setelah dilakukan pengembangan alat simulasi ini yaitu dengan melengkapi komponen yang telah rusak dan dilakukan tahap pembuatan rangka simulasi yang meliputi perancangan gambar, pemilihan bahan, pemotongan bahan rangka, pengelasan, pengoboran bahan penutup rangka dan yang terakhir yaitu pengecatan rangka alat simulasi selanjutnya pembuatan papan skematik yang terbuat dari akrilik dengan ukuran 460x550 mm dengan tambahan stiker rangkaian skematik, pembuatan panel komponen yang terbuat dari panel aluminium *composite*, lalu dilakukan perakitan komponen *starting system* yang dimulai dari pemasangan baterai, pemasangan komponen *starting system* seperti motor *starter*, kunci kontak kabel terminal komponen lainnya yang sesuai dengan alur rangkaian skematik *starting system* dan pemasangan *jack banana* dan kabel penghubung pada akrilik rangkaian skematik.

Setelah rangka dan komponen terpasang selanjutnya dilakukan pengujian yang meliputi pengujian tanpa beban, pengujian *pull in coil* dan *hold in coil*.

Berdasarkan data pengujian tanpa beban tabel 4.1 yaitu nilai tegangan sebelum *cranking* rata-rata sebesar 11.89 V, tegangan pada saat *cranking* rata-rata sebesar 8.06 V, nilai arus pada saat *cranking* rata-rata 72.33 A dan nilai kecepatan pada *pinion* motor *starter* rata-rata sebesar 2675.1 RPM berdasarkan spesifikasi daya listrik motor *starter* 1 kW dan tegangan 12 V sehingga didapatkan arus berdasarkan perhitungan secara teori yaitu 83.3 A. Arus yang diukur tanpa beban didapatkan 72.33 A memiliki selisih dengan perhitungan secara teori yaitu 10.97 A, menurut analisis ini dikarenakan arus yang mengalir pada motor *starter* belum mendapatkan beban putaran secara penuh sehingga arus yang masuk kurang dari arus yang didapatkan dari perhitungan secara teori.

Selanjutnya dilakukan pengujian *pull in coil* dan *hold in coil* dan didapatkan hasil berdasarkan tabel data pengujian 4.2 dan 4.3 yaitu *pinion* bergerak kedepan dan *pinion* berada pada posisi.

Berdasarkan tabel data pengujian pemahaman mahasiswa 4.4 dan grafik didapatkan hasil praktek (*pretest*) yaitu rata-rata 56 sedangkan setelah melakukan praktek (*Posttest*) terjadi peningkatan sebesar 93.2, sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan adanya alat simulasi yang telah dikembangkan mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa mengenai *starting system* sehingga dapat dijadikan sebagai acuan tingkat keberhasilan alat.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengembangan alat simulasi dan pengujian *starting system* dapat disimpulkan bahwa:

- a. Alat simulasi yang telah dibuat mahasiswa mudah melakukan pengujian pada *starting system* yaitu pengujian tanpa beban, *hold in coil* dan *pull in coil*, adapun hasil yang telah didapatkan dari pengujian tersebut yaitu tegangan rata-rata pada saat sebelum *cranking* sebesar 11.89 V sedangkan tegangan rata-rata pada saat *cranking* sebesar 8.06 V, arus rata-rata yang mengalir 72.33 A dan kecepatan rata-rata *pinion gear* sebesar 2675.1 RPM.
- b. Dengan adanya alat simulasi *starting system* mahasiswa mudah memahami cara kerja dari *starting system*, berdasarkan data yang didapatkan terjadi peningkatan pemahaman mahasiswa mengenai *starting system* karena mahasiswa langsung melihat, mempraktekkan, menguji, dan merangkai sendiri kabel penghubung komponen yang sesuai dengan jalur rangkaian yang ada pada papan skematik.

5.2 Saran

1. Sebelum mengoperasikan alat simulasi *starting system* perhatikan arah sambungan kabel yang sesuai dengan arah aliran yang ada pada papan skematik untuk mencegah terjadinya kerusakan pada komponen.

2. Gunakan APD, periksa tegangan motor *starter* sebelum mengoperasikan alat simulasi *starting system*.
3. Lakukan pengecekan sebelum dan sesudah alat simulasi tersebut digunakan.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi Abu. 2005. Strategi Belajar Mengajar. Pustaka Setia. Bandung.
- I Gede Agus A, I Putu Sudiksa. 2017. Pembuatan Media Praktik Sistem Starter. Laporan Hasil Penelitian. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Juliandi, S.ST.2018.Merakit relay jenis 4 kaki.,*lksotomotif*, (Online), (<https://www.lksotomotif.com/2018/10/> diakses 7 September 2021).
- MotorStarter*.2007.PustekomDepdiknas .(Online). (<https://medukasi.kemdikbud.go.id/medukasi/produkfiles/kontenonline/onlin2007/motorstater/materi01.html>), diakses 8 maret 2021).
- Nursam.2018.Pengujian dan Pengetesan *Motor Starter*.(Online). (<https://www.otospeedcar.com/2020/03/Pengujian-dan-pengetesan-motor-starter.html> diakses 10 Maret 2021).
- PT Trakindo Utama. 2010. *Caterpillar Electric & Electronic*. Bogor: Training Center.
- PT Trakindo Utama. 2003. *Caterpillar Battery Maintenance*. Bogor: Training Center.
- Shannon dalam Ermantoni(u)(Ed). 2018. Pemodelan dan Simulasi Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Animasi. *Jurnal elib unikom*, (Online), 12(3): 7, (<https://elib.unikom.ac.id> , diakses 9 Maret 2021).

Lampiran

Lampiran 1. Proses Pembuatan Alat Simulasi *Starting System*



Gambar L.1 Pematangan Rangka



Gambar L.2 Perakitan Komponen

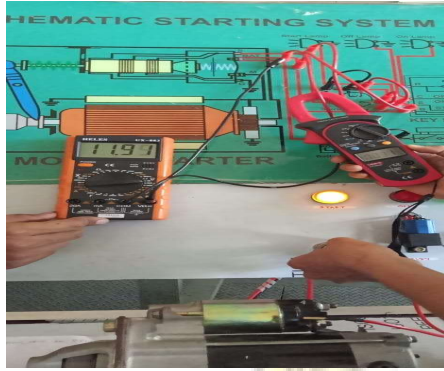
Gambar L.3 Pengelasan Rangka



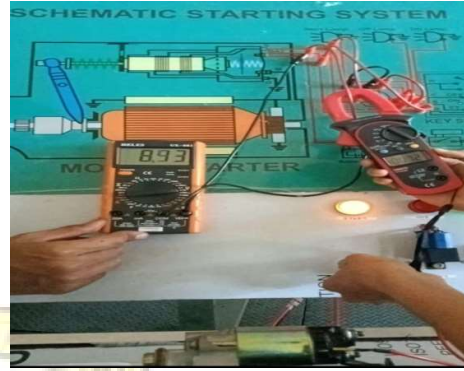
Gambar L.4 Pengeboran tutup rangka Gambar L.5 Pengeboran dudukan skematik

Lampiran 2 Pengujian

a. Pengujian Tanpa Beban Percobaan Pertama



Gambar L2.1 Sebelum *cranking*

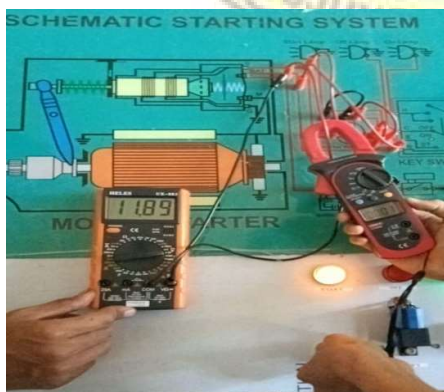


Gambar L2.2 *Cranking*

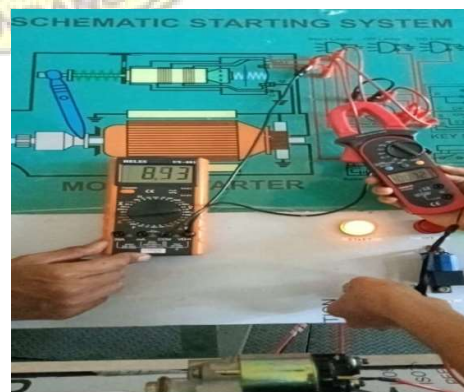


Gambar L2.3 Kecepatan putaran *Pinion*

b. Pengujian Tanpa Beban Percobaan Kedua



Gambar L2.4 Sebelum *cranking*



Gambar L2.5 *Cranking*

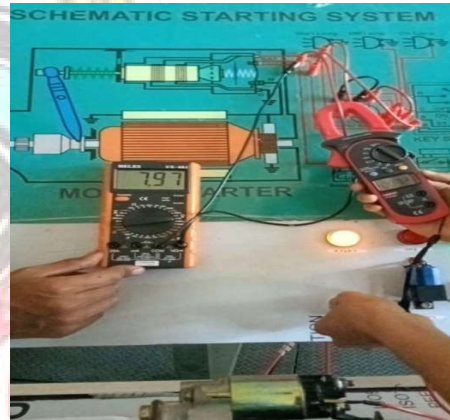


Gambar L2.6 Kecepatan putaran *Pinion*

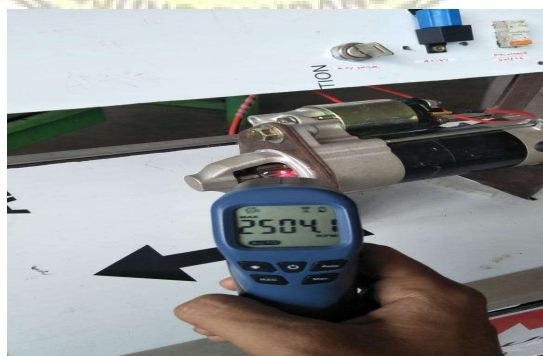
c. Pengujian Tanpa Beban Percobaan Ketiga



Gambar L2.7 sebelum *cranking*



Gambar L2.8 *Cranking*



Gambar L2.9 Kecepatan putaran *Pinion*



Gambar L2.10 Posisi *pinion* pada saat *pull in coil* dan *hold in coil*



Gambar L2.11 Pengambilan data kuesioner pemahaman mahasiswa

Lampiran 3. Contoh Hasil Kuisioner Mahasiswa

Pre test Simulasi Staffing System

isi formulir ini dengan jujur sesuai dengan kemampuan anda

Email *

fashlulkhitabalfaruq@gmail.com

1. Salah satu sistem yang digunakan untuk menghidupkan engine pertama kali yaitu *

Starting System

Lubrication System

Charging System

Air Intake System

2. Berikut yang bukan merupakan komponen dari starting system yaitu *

Aki

Dioda

Motor Starter

Starter Switch

3. Mana pernyataan yang salah tentang baterai dibawah ini *

Baterai yang ada pada kendaraan/unit berfungsi untuk start engine

Baterai dalam kendaraan berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dari alternator agar baterai siap untuk start engine

Baterai dalam kendaraan sebagai sumber energi listrik untuk seluruh kebutuhan listrik saat mesin hidup

Baterai dalam kendaraan berfungsi hanya menyuplai listrik untuk sistem pendingin/AC pada kendaraan/unit

4. Berikut pernyataan yang benar tentang komponen starter switch yaitu *

- Start switch mengaktifkan starter motor dengan cara meneruskan daya ke starter relay dan baterai. Switch tersebut dapat dioperasikan secara langsung dengan menggunakan kunci atau tombol.
- Start switch merupakan kombinasi cara kerja sebuah relay dengan kemampuan untuk melakukan pekerjaan mekanikal (mengaktifkan penggerak).
- Start switch mengatur besaran arus baterai yang masuk ke terminal yang ada pada motor starter
- Start switch menggunakan sejumlah kecil arus dari start switch untuk mengendalikan arus yang lebih besar ke starter solenoid serta mengurangi beban

5. Apa fungsi dari starter relay *

- Sebagai penyearah arus listrik Membantu
- perputaran awal motor stater
- Sebagai saklar elektromagnetik dan mengaktifkan motor starter
- Mengubah dan mengatur arus

6. Pilihlah pernyataan dibawah ini dengan pilihan yang tepat *

- Motor starter pada unit/kendaraan menggunakan energi listrik AC Motor
- starter pada unit/kendaraan menggunakan mekanik
- Motor starter pada unit/kendaraan menggunakan energi listrik DC
- Motor starter pada unit/kendaraan menggunakan energi listrik AC & DC

7. Motor starter adalah komponen utama sistem starter yang berfungsi untuk *

- Menghantarkan arus listrik dari field coil ke armature coil langsung ke massa melalui komutator Menyambungkan arus yang besar dari baterai ke starter motor
- Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik melalui proses kemagnetan untuk memutar flywheel saat engine di-start
- Tempat untuk mengikatkan pole core

8. Yang termasuk komponen utama motor starter dibawah ini adalah *

- Switch starter, komutator, field coils, brush, dioda dan pinion gear
- Selenoid, fieldcoil, brush, armature, comutator, pinion gear dan over running clutch Fuse,
- komutator, field coils, dan brush
- Armature coil, switch starter, field coils, inti starter dan relay

9. Apa fungsi dari selenoid dalam motor starter *

- Sebagai kontrol arus motor starter
- Pengatur tegangan
- Menghubungkan arus utama untuk motor starter dan mendorong pinion gear untuk menghubungkan dengan flywheel
- Memutar gear yang ada pada flywheel

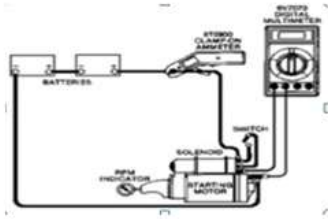
10. Fungsi dari kumparan hold in coil pada motor starter yaitu *

- untuk mempertahankan posisi gear pinion setelah didorong oleh shift lever sewaktu memutar flywheel hingga mesin hidup
- untuk mendorong shift lever agar gear pinion starter terhubung dengan flywheel untuk
- mendapatkan penurunan putaran gear pinion
- untuk mempertahankan arus yang masuk pada motor starter
-

11. Fungsi dari kumparan pull in coil pada motor starter yaitu *

- Untuk mendapatkan penurunan putaran gear pinion.
- untuk mempertahankan arus yang masuk pada motor starter
- untuk mempertahankan posisi gear pinion setelah didorong oleh shift lever sewaktu memutar flywheel hingga mesin hidup
- untuk mendorong shift lever agar gear pinion starter terhubung dengan flywheel

12. berikut gambar pengujian apakah yang ada dibawah ini !!! *



- Pengujian di unit
- Pengujian tanpa beban
- Pengujian hold in coil
- Pengujian pull in coil

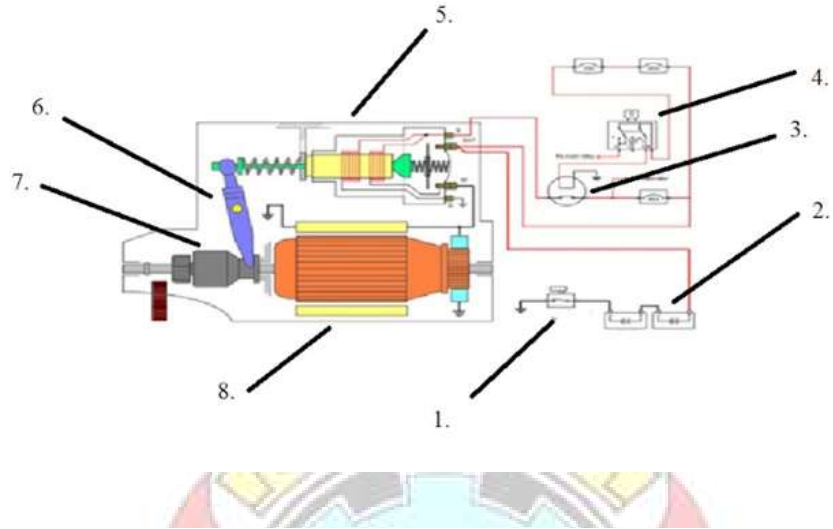
13. Alat ukur apakah yang digunakan dalam mengukur RPM (Revolution Per Minute) pada gear *

- Tachometer Digital
- Multimeter Clamp
- on ampere
- Vernier Caliper

14. Tujuan dilakukannya pengujian pull in coil dan hold in coil yaitu *

- Untuk memastikan pinion gear bergerak maju kedepan terhubung dengan flywheel dan memastikan pinion tetap keluar pada posisi semula
- Untuk memastikan pinion gear agar tetap berputar
- Untuk memastikan arus tetap mengalir pada selenoid menuju motor starter Untuk
- memastikan arus suplai dari baterai dalam kondisi bagus

15. Pilihlah nomor yang sesuai dengan nomor komponen dibawah ini !!! *



	1	2	3	4	5	6	7	8
Batterai	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Motor Starter	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Solenoid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Overrunning Clutch	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Key Start Switch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Relay	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Disconnecting Switch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Shift Lever	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>

☑ Skor

Post test Simulasi Staffing System

isi formulir ini dengan jujur sesuai dengan kemampuan anda

Email *

fashlulkitabalfaruq@gmail.com

1. Salah satu sistem yang digunakan untuk menghidupkan engine pertama kali yaitu *

- Starting System
- Lubrication System
- Charging System
- Air Intake System

2. Berikut yang bukan merupakan komponen dari starting system yaitu *

- Aki
- Dioda
- Motor Starter
- Starter Switch

3. Mana pernyataan yang salah tentang baterai dibawah ini *

- Baterai yang ada pada kendaraan/unit berfungsi untuk start engine
- Baterai dalam kendaraan berfungsi sebagai penyimpan energi listrik dari alternator agar baterai siap untuk start engine
- Baterai dalam kendaraan sebagai sumber energi listrik untuk seluruh kebutuhan listrik saat mesin hidup
- Baterai dalam kendaraan berfungsi hanya menyuplai listrik untuk sistem pendingin/AC pada kendaraan/unit
-

4. Berikut pernyataan yang benar tentang komponen starter switch yaitu *

- Start switch mengaktifkan starter motor dengan cara meneruskan daya ke starter relay dari baterai. Switch tersebut dapat dioperasikan secara langsung dengan menggunakan kunci atau tombol.
- Start switch merupakan kombinasi cara kerja sebuah relay dengan kemampuan untuk melakukan pekerjaan mekanikal (mengaktifkan penggerak).
- Start switch mengatur besaran arus baterai yang masuk ke terminal yang ada pada motor starter
- Start switch menggunakan sejumlah kecil arus dari start switch untuk mengendalikan arus yang lebih besar ke starter solenoid serta mengurangi beban

5. Apa fungsi dari starter relay *

- Sebagai penyearah arus listrik Membantu
- perputaran awal motor stater
- Sebagai saklar elektromagnetik dan mengaktifkan motor starter
- Mengubah dan mengatur arus

6. Pilihlah pernyataan dibawah ini dengan pilihan yang tepat *

- Motor starter pada unit/kendaraan menggunakan energi listrik AC Motor
- starter pada unit/kendaraan menggunakan mekanik
- Motor starter pada unit/kendaraan menggunakan energi listrik DC
- Motor starter pada unit/kendaraan menggunakan energi listrik AC & DC

7. Motor starter adalah komponen utama sistem starter yang berfungsi untuk *

- Menghantarkan arus listrik dari field coil ke armature coil langsung ke massa melalui komutator Menyambungkan arus yang
- besar dari batere ke starter motor
- Mengubah energi listrik menjadi energi mekanik melalui proses kemagnetan untuk memutar flywheel saat engine di-start
- Tempat untuk mengikatkan pole core

8. Yang termasuk komponen utama motor starter dibawah ini adalah *

- Switch starter, komutator, field coils, brush, dioda dan pinion gear
- Selenoid, fieldcoil, brush, armature, komutator, pinion gear dan over running clutch Fuse,
- komutator, field coils, dan brush
- Armature coil, switch starter, field coils, inti starter dan relay

9. Apa fungsi dari selenoid dalam motor starter *

- Sebagai kontrol arus motor starter
- Pengatur tegangan
- Menghubungkan arus utama untuk motor starter dan mendorong pinion gear untuk menghubungkan dengan flywheel
- Memutar gear yang ada pada flywheel

10. Fungsi dari kumparan hold in coil pada motor starter yaitu *

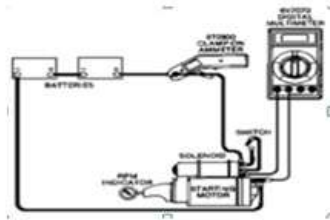
- untuk mempertahankan posisi gear pinion setelah didorong oleh shift lever sewaktu memutar flywheel hingga mesin hidup
- untuk mendorong shift lever agar gear pinion starter terhubung dengan flywheel untuk
- mendapatkan penurunan putaran gear pinion
- untuk mempertahankan arus yang masuk pada motor starter
-



11. Fungsi dari kumparan pull in coil pada motor starter yaitu *

- Untuk mendapatkan penurunan putaran gear pinion.
- untuk mempertahankan arus yang masuk pada motor starter
- untuk mempertahankan posisi gear pinion setelah didorong oleh shift lever sewaktu memutar flywheel hingga mesin hidup
- untuk mendorong shift lever agar gear pinion starter terhubung dengan flywheel
-

12. berikut gambar pengujian apakah yang ada dibawah ini !!! *



- Pengujian di unit
- Pengujian tanpa beban
- Pengujian hold in coil
- Pengujian pull in coil

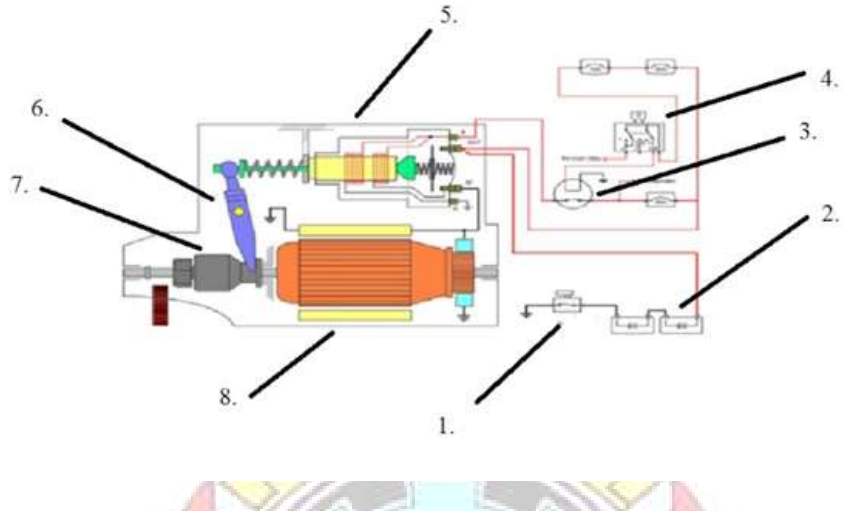
13. Alat ukur apakah yang digunakan dalam mengukur RPM(Revolution PerMunite) pada gear *

- Tachometer Digital
- Multimeter Clamp
- on ampere
- Vernier Caliper

14. Tujuan dilakukannya pengujian pull in coil dan hold in coil yaitu *

- Untuk memastikan pinion gear bergerak maju kedepan terhubung dengan flywheel dan memastikan pinion tetap keluar pada posisi semula
- Untuk memastikan pinion gear agar tetap berputar
- Untuk memastikan arus tetap mengalir pada solenoid menuju motor starter Untuk
- memastikan arus suplai dari baterai dalam kondisi bagus

15. Pilihlah nomor yang sesuai dengan nomor komponen dibawah ini !!! *



	1	2	3	4	5	6	7	8
Batterrai	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mottorr Starrtterr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Sellenenoid	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
overrunning Clutch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Key Start Switch	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rally	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
diisconnecting Switch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Shiifft Levrr	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

☑ Skor

Email

fashlulkhitalfaruq@gmail.com

Skor / 22

20