

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Peraturan Kecepatan Langsir di Dipo Lokomotif Semarang Poncol

Langsir atau lebih populer sebagai langsiran adalah pergerakan rangkaian kereta, gerbong, atau hanya lokomotif untuk berpindah jalur rel. Perpindahan jalur rel terutama diperlukan untuk memisahkan atau merangkaikan kereta atau gerbong. Proses langsir membutuhkan keahlian khusus agar dapat berlangsung aman, kegiatan langsir biasanya dipandu oleh seorang juru langsir. Juru langsir dapat turun langsung ke halaman langsir atau mengendalikan dari rumah langsir. Di area dipo lok Semarang Poncol operator BB 304 hanya diizinkan melakukan gerakan langsir dengan kecepatan 5 km/jam. Sesuai dengan peraturan ketentuan langsir di stasiun dan di jalan bebas sebagai berikut:

1. Ketentuan Peraturan Dinas 19 Jilid I Bab VII Pasal 116 Ayat (5)

Kecepatan langsiran setinggi-tingginya 30 km/jam, sedangkan langsiran melalui peron tidak boleh melebihi kecepatan orang berjalan kaki dan untuk menjamin keselamatan umum, langsiran tersebut harus didahului juru langsir yang memperlihatkan bendera merah.

2. Ketentuan pada Peraturan Dinas 16A Bab VI pasal 41 ayat (3) c:

Langsiran melewati peron kecepatan tidak melebihi 5 km/jam dan harus didahului juru langsir yang memperlihatkan bendera merah.



Gambar 2.1 Rambu Peraturan Mengenai Batas Kecepatan Langsiran

Gambar 2.1 merupakan rambu mengenai batas kecepatan langsir di dipo lokomotif, menginformasikan kepada operator bahwa pergerakan kecepatan langsiran dibatasi maksimal 5 km/jam. Peraturan lain yang harus diperhatikan adalah ketika menggandeng lokomotif dengan kereta atau lokomotif lain rantai pengaman harus terpasang dengan baik. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin keselamatan dalam proses langsiran. Kecepatan tersebut dapat dikurangi sampai sebesar yang diperlukan bila terjadi keadaan pada lokomotif yang didorong operator tidak dapat melihat jalur rel yang akan dilalui, operator tidak dapat dilihat dari lokomotif. Hal ini dimaksudkan agar selama langsiran tidak terjadinya kecelakaan langsir yang dapat mengganggu proses keluar masuknya lokomotif di dipo lokomotif Semarang Poncol.

## 2.2 Prinsip Dasar Lokomotif Diesel Hidrolik BB 304

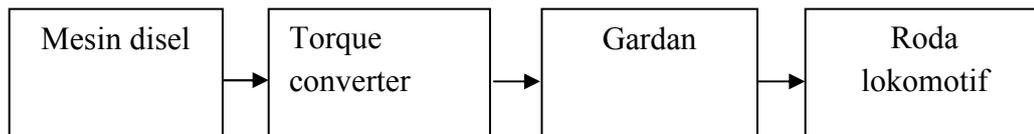
Lokomotif diesel hidrolik adalah suatu lokomotif yang menggunakan peralatan *torque converter* (transmisi hidrolis) untuk meneruskan tenaga yang dibangkitkan oleh mesin diesel kepada roda lokomotif. Mesin diesel berfungsi sebagai penggerak generator untuk membangkitkan tenaga listrik. Tenaga listrik yang dibangkitkan generator digunakan sebagai alat untuk pengisian daya baterai. Baterai tersebut berfungsi sebagai sumber listrik untuk penerangan dan *control relay* pada lokomotif.

Prinsip dasar lokomotif diesel hidrolik BB 304 secara umum adalah sebagai berikut:

1. Lokomotif pada saat *start*, arus listrik dari baterai mengalir menuju generator yang berfungsi sebagai motor start.
2. Generator yang menerima arus listrik dari baterai merubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik dengan memutar *gear pinion* yang terhubung pada poros mesin diesel.
3. Mesin diesel yang berputar merubah energi panas dari hasil pembakaran HSD (*High Speed Diesel*) pada ruang bakar mesin yang diteruskan untuk menggerakkan *crankshaft* menyebabkan poros utama berputar.
4. Generator yang dihubungkan satu poros dengan mesin diesel, akan berputar sesuai dengan putaran poros mesin diesel.
5. Generator selanjutnya merubah tenaga mekanik menjadi tenaga arus listrik bolak-balik yang diubah oleh *rectifire* menjadi arus listrik searah sebagai

sumber pengisian arus listrik pada baterai dan sebagai sumber listrik untuk komponen listrik lainnya.

6. Mesin diesel yang berputar terhubung dengan transmisi hidrolis sebagai alat untuk meneruskan putaran mesin diesel kepada roda yang diteruskan menggunakan gardan primer dan gardan sekunder.



Gambar 2.2 Blok Diagram Transmisi Hidrolik

Gambar 2.2 merupakan blok diagram transmisi hidrolis pada lokomotif BB 304. Mesin diesel merupakan alat untuk merubah energi kimia menjadi energi mekanik. Putaran mesin diesel diteruskan ke roda lokomotif melalui gardan. Putaran mesin diesel tersebut sebelumnya diatur di *torque converter* untuk mengatur arah gerakan putar yang akan diteruskan ke roda lokomotif.

### 2.3 Profil Tentang Lokomotif Diesel Hidrolik BB 304

Lokomotif ini dapat berjalan dengan kecepatan maksimum yaitu 120 km/jam. Lokomotif ini bergandar B'B, artinya memiliki dua *bogie*, dimana setiap *bogie* memiliki dua poros penggerak yang saling dihubungkan. Lokomotif ini terdapat di dipo lok Tanah Abang, dipo lok Cepu, dipo lok Semarang Poncol. Tidak handalnya lokomoti BB 304 dalam operasional KA, sekarang lokomotif ini hanya diperuntukan sebagai lokomotif langsir dan lokomotif evakuasi ketika rel tergenang banjir.



Gambar 2.3 Lokomotif Seri BB 304

Gambar 2.3 merupakan bentuk fisik dari lokomotif BB 304. Lokomotif BB 304 adalah lokomotif diesel hidrolis milik PT Kereta Api Indonesia (Persero) buatan pabrik Fried Krupp, Jerman. Lokomotif ini mulai dinas (operasi) sejak tahun 1976. Lokomotif ini berdaya mesin sebesar 1550 HP (*Horse Power*). Lokomotif ini biasa digunakan untuk dinas kereta penumpang atau kereta barang pada masanya.

Tabel 2.1 Spesifikasi Lokomotif BB 304

Dimensi	
Lebar sepur	1.067 mm
Diameter roda	904 mm
Panjang	11.700 mm
Lebar	2.800 mm
Tinggi	3.660 mm
Jarak alat perangkai	13.380 mm
Jarak antar pivot	6.000 mm
Jarak antar gandar	2.220 mm

Dimensi	
Berat kosong	48 ton
Berat siap	52 ton
Berat adhesi	52 ton
Tinggi alat perangkai	760 mm

Spesifikasi lokomotif BB 304 dapat dilihat pada tabel 2.1. Dimensi adalah ukuran panjang, lebar, tinggi, luas, dan lainnya. Dimensi lokomotif BB 304 merupakan data-data mengenai berat, panjang, lebar, tinggi dan jarak alat perangkai. Data dimensi ini memberikan informasi yang sangat penting untuk digunakan sebagai acuan ketika lokomotif akan digunakan untuk menarik rangkaian kereta gerbong.

## 2.4 Komponen Utama Lokomotif BB 304

### 2.4.1 Motor Diesel

Motor diesel adalah motor bakar torak yang proses penyalannya bukan menggunakan loncatan bunga api melainkan ketika torak hampir mencapai titik mati atas (TMA) bahan bakar disemprotkan ke dalam ruang bakar melalui *nozzel* sehingga terjadilah pembakaran pada ruang bakar dan udara dalam silinder sudah mencapai temperatur tinggi. Syarat ini dapat terpenuhi apabila perbandingan kompresi digunakan cukup tinggi, yaitu berkisar 16-25 (Arismunandar.W,1998).

Motor diesel adalah salah satu dari *internal combustion engine* (motor dengan pembakaran didalam silinder), dimana energi kimia dari bahan bakar langsung diubah menjadi tenaga kerja mekanik. Pembakaran pada motor diesel akan lebih sempurna pada saat unsur karbon (C) dan hidrogen (H) dari bahan

bakar diubah menjadi air (H<sub>2</sub>O) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), sedangkan gas karbon monoksida (CO) yang terbentuk lebih sedikit dibanding dengan motor bensin (Mulyono Harjosentono, 1981).

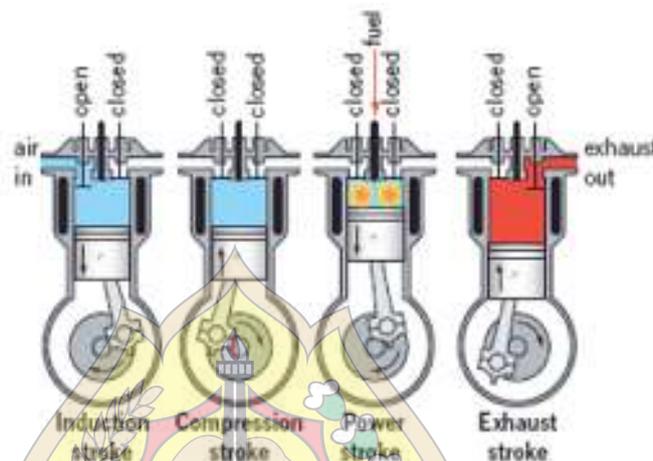
#### 2.4.1.1 Prinsip Kerja Mesin Diesel

Torak yang bergerak didalam *cylinder* dihubungkan dengan poros engkol yang berputar pada bantalannya dengan perantara batang penggerak. Campuran bahan bakar dan udara dibakar di dalam ruangan bakar yaitu di dalam ruangan yang dibatasi oleh dinding *cylinder*, kepala *cylinder* dan kepala torak. Gas pembakaran kemudian digunakan untuk menggerakkan torak dan memutar poros engkol. Kepala *cylinder* terdapat katub hisap dan katub buang, dimana katub hisap berfungsi untuk memasukkan udara ke dalam *cylinder*, sedangkan katub buang berfungsi untuk mengeluarkan gas pembakaran yang tidak terpakai di dalam *cylinder* ke atmosfer.

Adapun prinsip kerja dari mesin diesel dapat dijelaskan pada gambar 2.4. Sesuai dengan gambar 2.4, apabila torak pada posisi jauh dari kepala *cylinder* katub hisap dan katub buang posisi tertutup sehingga gerak torak keatas menekan udara di dalam *cylinder* (langkah kompresi) yang mengakibatkan terjadinya kenaikan tekanan dan temperatur udara. Bersamaan dengan gerakan torak keatas bahan bakar disemprotkan ke dalam *cylinder*, sehingga saat posisi torak terdekat menyebabkan mesin diesel bertekanan dan temperatur naik sehingga terjadilah proses pembakaran.

Proses pembakaran berlangsung sesaat, karena gas pembakaran kemudian mendorong torak kebawah (langkah ekspansi) menggerakkan poros engkol. Beberapa saat setelah torak mencapai Titik Mati Bawah (TMB) katub

buang terbuka, sehingga gas pembakaran keluar dari *cylinder* yang dipaksa oleh gerakan torak dari bawah ke atas (langkah buang). Selang beberapa saat kemudian setelah torak kebawah katub buang menutup dan proses tersebut diatas akan berlangsung berulang-ulang.



Gambar 2.4 Prinsip Kerja Mesin Diesel

Berdasarkan jenisnya mesin diesel digolongkan menjadi tiga (3) jenis yaitu:

- Mesin diesel putaran rendah dengan kecepatan kurang dari 500 Rpm.
- Mesin diesel putaran sedang dengan kecepatan 500 sampai dengan 1000 Rpm.
- Mesin diesel putaran tinggi dengan kecepatan diatas 1000 Rpm.

Proses pengaturan kecepatan mesin diesel umumnya dilakukan dengan mengatur *governor*. *Governor* adalah alat untuk mengatur putaran mesin diesel supaya konstan. Tugas *governor* adalah menggerakkan batang pengatur kapasitas bahan bakar yang masuk ke dalam silinder. Apabila beban turun putaran mesin diesel akan menjadi tinggi dan untuk menjaga agar putaran tetap konstan, maka

jumlah bahan bakar yang masuk ke dalam *cylinder* harus dikurangi agar putaran tetap konstan.

## 2.4.2 Baterai

Baterai adalah alat yang digunakan untuk mengubah energi kimia menjadi energi listrik yang didalamnya terdiri dari beberapa sel yang dihubungkan secara seri. Menurut jenisnya baterai dibedakan menjadi dua (2) jenis yaitu:

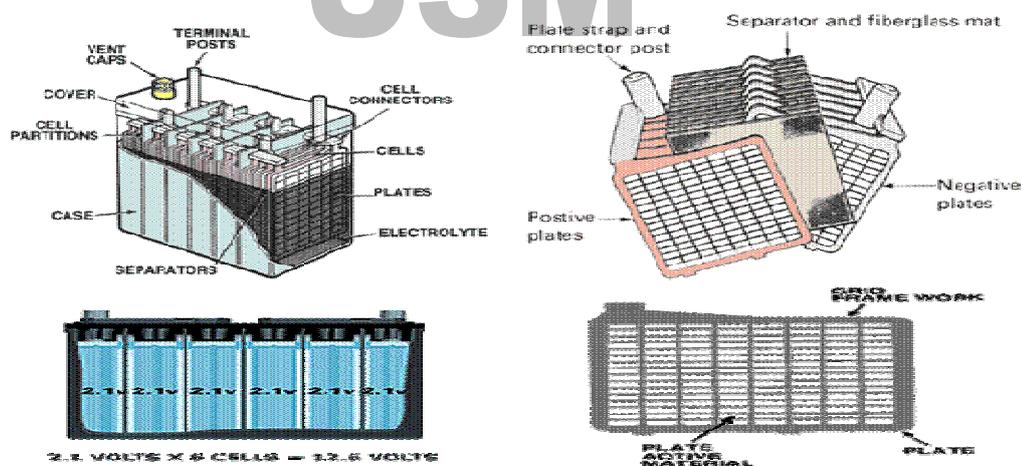
### a. Baterai Sel Primer

Baterai sel primer adalah baterai yang menggunakan bahan aktif yang perlu pembaharuan jika sel sudah tidak dapat digunakan.

### b. Baterai Sel Sekunder

Baterai sel sekunder adalah baterai yang menggunakan bahan aktif yang dapat diperbaharui dengan mengisi kembali. Penjelasan gambar mengenai konstruksi baterai sel sekunder dapat dilihat pada gambar 2.5.

Baterai sel sekunder merupakan bahan sel penyimpanan yang memiliki kondisi fisik dan kimiawi dari elektrode dan elektrolit yang dapat disimpan kembali dengan mengisinya.



Gambar 2.5 Konstruksi *Battery* Sel Sekunder

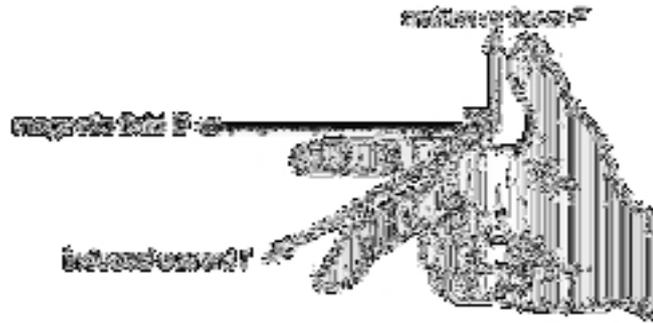
Gaya gerak listrik (GGL) yang dibangkitkan oleh sel sekunder tergantung pada bahan yang digunakan untuk elektrode dan elektrolit. Tegangan terminal rata-rata dari sel kira-kira 12V sampai dengan 13V.

Kapasitas baterai tergantung pada jumlah, ukuran pelat dan banyaknya elektrolit. Banyaknya energi yang dihasilkan oleh baterai dalam kondisi terisi penuh tergantung pada laju pengosongan, temperatur dan berat jenis elektrolit. Umumnya kapasitas baterai dalam Ampere Jam (*Ampere-Hour, Ah*) = arus pengosongan (*Ampere*) x lamanya waktu pengosongan (jam).

### 2.4.3 Generator

Generator adalah suatu alat atau sistem yang dapat mengubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik dan menghasilkan tenaga listrik bolak-balik atau tenaga listrik searah tergantung pada tipe generator. Generator arus bolak-balik sering disebut juga generator sinkron. Prinsip kerja generator berdasarkan hukum Faraday tentang induksi elektro magnetik yaitu bila suatu konduktor digerakkan dalam medan magnet, maka akan membangkitkan gaya gerak listrik. Konstruksi generator sinkron terdiri dari *rotordan stator* (Al-Fikri, 2013).

Generator adalah peralatan elektromekanis yang mengkonversikan energi mekanik menjadi energi listrik arus bolak balik, tetapi pengertian yang berlaku umum adalah generator listrik pada mesin. Sesuai dengan percobaan Faraday yang menyatakan bahwa, jika sebuah penghantar digerakkan di dalam fluks magnet, maka kumparan tersebut akan berbentuk Gaya Gerak Listrik (GGL) induksi. Arah GGL induksi yang terbentuk dalam kumparan ditentukan berdasarkan kaidah tangan kanan (*Fleming*) (Syamsul Hadi, 2016).



Gambar 2.6 Kaidah Tangan Kanan (*Fleming*)

Apabila jari-jari tangan kanan disusun sedemikian rupa sebagaimana yang ditunjukkan dalam gambar 2.6, maka ibu jari akan menunjukkan arah gerakan. Jari-jari telunjuk menunjukkan arah fluks magnet dan jari tengah menunjukkan arah GGL induksi yang terbentuk dalam kumparan.

Pada lokomotif BB 304 generator berfungsi sebagai pengisian arus baterai dan mengalirkan arus listrik kekomponen listrik lainnya. Sistem pengisian bekerja saat magnet pada generator berputar karena menerima putaran dari *crankshaft*. Gaya magnet ini akan memotong spul pengisian sehingga menimbulkan arus listrik. Listrik yang dihasilkan ini akan dialirkan ke *voltage revolver* untuk diatur tegangannya sebelum dialirkan kekomponen listrik yang membutuhkan. Kelebihan listrik akan dialirkan ke baterai untuk *charger* baterai.

#### 2.4.3.1 Prinsip Kerja Generator

Prinsip kerja generator adalah kebalikan daripada saat mesin bekerja sebagai motor. Ketika mesin bekerja sebagai motor, kumparan stator diberi tegangan tiga fasa sehingga akan timbul medan putar dengan kecepatan sinkron. Namun jika motor berfungsi sebagai generator, pada rotor motor diputar oleh

sumber penggerak dengan kecepatan lebih besar daripada kecepatan sinkronnya (Ingriany S, 2014).

Motor saat berfungsi sebagai generator, pada *rotor* motor diputar oleh sumber penggerak dengan kecepatan lebih besar daripada kecepatan sinkronnya. Bila suatu konduktor yang berputar didalam medan magnet (kumparan *stator*) akan membangkitkan tegangan dan bila dihubungkan beban akan mengalirkan arus. Arus pada *rotor* ini akan berinteraksi dengan medan magnet pada kumparan *stator* sehingga timbul arus pada kumparan *stator* sebagai reaksi atas gaya mekanik yang diberikan. Proses perubahan motor induksi menjadi generator induksi dibutuhkan daya reaktif atau daya magnetisasi untuk membangkitkan tegangan pada terminal keluarannya. Dalam hal ini yang berfungsi sebagai penyedia daya reaktif adalah kapasitor yang besarnya disesuaikan dengan daya reaktif yang diperlukan (Ingriany S,2014).

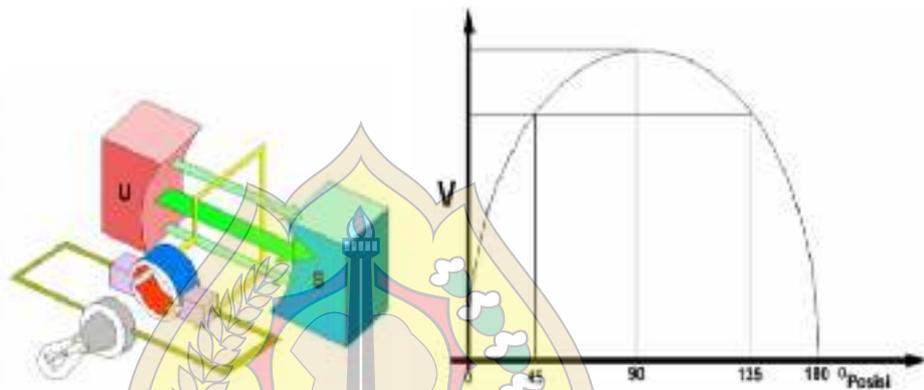


Gambar 2.7 Prinsip Kerja Generator

Berdasarkan gambar 2.7 tentang prinsip kerja genartor, bekerja karena adanya induksi listrik. Suatu kawat penghantar dililitkan pada inti besi, lalu didekatnya digerakan sebuah magnet, maka akan timbul energi listrik pada kawat tersebut (jarum milivoltmeter) bergerak. Timbulnya energi listrik tersebut hanya

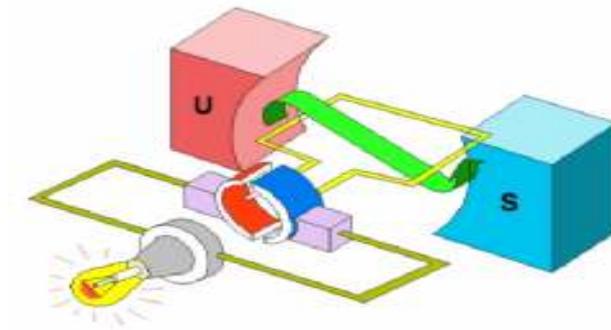
terjadi saat ujung magnet mendekati dan menjauhi inti besi. Induksi listrik terjadi bila magnet dalam keadaan bergerak.

Saat magnet berputar didalam kumparan maka akan timbul arus bolak-balik pada kumparan. Berhubungan antara arus yang dibangkitkan dengan posisi magnet.



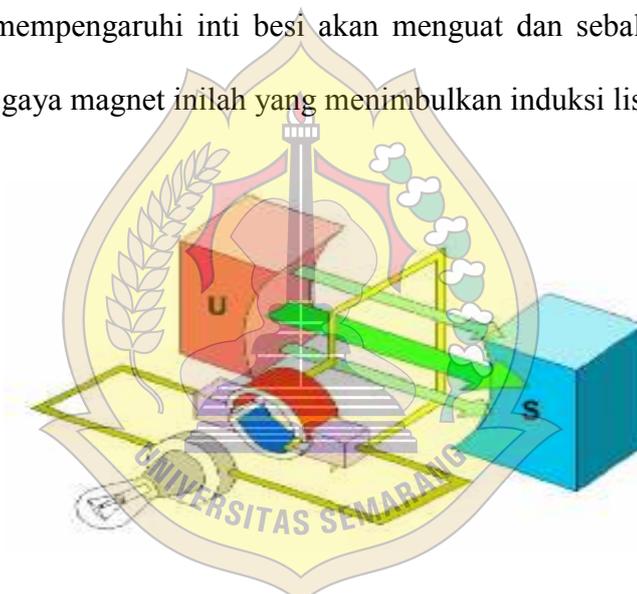
Gambar 2.8 Posisi Kawat Penghantar 0°

Gambar 2.8 merupakan batang kawat dibentuk sedemikian rupa, ditopang oleh sebuah *shaff* (poros) dan pada ujung-ujungnya dilengkapi dengan cincin yang disebut komutator. Komutator dan *carbonbrush* (sikat arang) dihubungkan dengan seutas kabel. Kawat penghantar diletakan diantara dua kutub magnet yang tarik menarik (kutub U dan S). Berdasarkan gambar diatas kawat penghantar berada pada posisi terjauh dari magnet. Oleh karena itu kawat penghantar belum mendapat pengaruh dari garis gaya magnet.



Gambar 2.9 Posisi Kawat Penghantar 90 Derajat

Gambar 2.9 adalah kondisi saat ujung magnet mendekati inti besi, garis gaya magnet yang mempengaruhi inti besi akan menguat dan sebaliknya. Perubahan kekuatan garis gaya magnet inilah yang menimbulkan induksi listrik.



Gambar 2.10 Posisi Kawat Penghantar 180 Derajat

Gambar 2.10 adalah kondisi kawat penghantar telah mencapai posisi tegak kembali, kawat tidak mendapat pengaruh medan magnet karena kembali pada posisi terjauh dari magnet. Saat ini tidak terbangkit energi listrik didalam kawat penghantar dan lampu padam.

#### 2.4.3.2 Fungsi Sistem Pengisian

Sistem pengisian pada lokomotif memiliki fungsi utama diantaranya:

- a. Sebagai penyedia energi listrik untuk seluruh kebutuhan energi listrik lokomotif saat mesin hidup.
- b. Memberikan energi listrik untuk mengisi baterai agar baterai selalu terisi penuh dan siap pakai.

#### 2.4.3.3 Persyaratan Sistem Pengisian

Berdasarkan fungsi diatas, maka sistem pengisian dikatakan baik jika memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- a. Daya total beban tidak melebihi daya maksimal generator jika berlebihan menyebabkan baterai tekor.
- b. Sistem pengisian dapat bekerja dengan baik jika saat beban penuh tegangan terakhir pada terminal sebesar 27 Volt.
- c. Baterai harus dalam kondisi baik sebab baterai jelek akan menjadi beban generator.
- d. Kondisi rangkaian dalam keadaan baik, kerugian tegangan dalam sistem sekecil mungkin.
- e. Sistem pengisian harus bisa mengisi (menyuplai) listrik dengan baik pada berbagai tingkat/kondisi putaran mesin.
- f. Sistem pengisian harus mampu mengatur tegangan listrik yang diperlukan untuk sistem kelistrikan lokomotif tidak berlebih (*over charging*).

#### 2.4.4 Transmisi Daya

Transmisi adalah salah satu dari sistem pemindah tenaga dari mesin ke diferensial kemudian ke poros *axle* yang mengakibatkan roda dapat berputar dan

menggerakkan mobil, yang berfungsi mendapatkan variasi momen dan kecepatan sesuai dengan kondisi jalan dan kondisi pembebanan yang pada umumnya menggunakan perbandingan-perbandingan roda gigi dan untuk mereduksi putaran sehingga diperoleh kesesuaian tenaga mesin dengan beban (A Setiawan, 2016).

Tujuan penggunaan transmisi daya adalah:

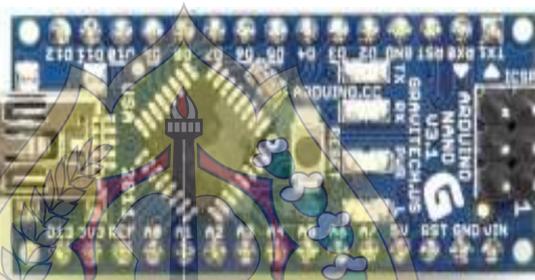
- a. Untuk menyediakan sambungan poros unit yang diproduksi secara terpisah seperti motor dan generator dan untuk menyediakan pemutusan untuk perbaikan atau pergantian.
- b. Untuk memutuskan dan menghubungkan aliran daya/gerak/momen dari mesin kesistem pemindahan tenaga (transmisi).
- c. Untuk mengurangi perpindahan beban kejut dari suatu poros yang lain.
- d. Untuk memperkenalkan perlindungan terhadap *overload*.
- e. Untuk mengubah karakteristik getaran unit berputar.

Transmisi daya ketika bergabung dengan poros dalam mesin, mekanik dapat memilih antara kopling fleksibel dan kaku. Sementara unit-unit yang fleksibel menawarkan beberapa gerakan dan memberikan antara poros. Kopling kaku adalah pilihan yang paling efektif untuk penyelarasan tepat dan terus aman. Dengan tepatnya menyelaraskan dua poros dan menahan mereka tetap di tempatnya, kaku membantu kopling untuk memaksimalkan kinerja dan meningkatkan masa kerja dari mesin.

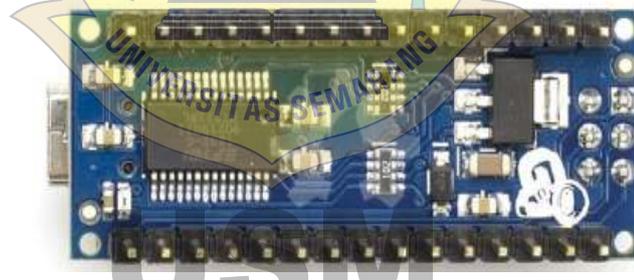
## 2.5 Mikrokontroler Arduino Nano

Arduino nano adalah salah satu papan pengembangan mikrokontroler yang berukuran kecil, lengkap dan mendukung penggunaan *breadboard* secara visual

tampak depan dan belakang dapat dilihat pada gambar 2.11 dan 2.12. Arduino nano diciptakan dengan basis mikrokontroler ATmega328 (untuk arduino nano versi 3.x) atau ATmega 168 (untuk versi 2.x). Arduino nano kurang lebih memiliki fungsi yang sama dengan Arduino duemilanove, tetapi dalam paket yang berbeda. Arduino nano tidak menyertakan colokan DC berjenis *Barrel Jack*, dan dihubungkan ke komputer menggunakan port USB Mini-B. Arduino nano dirancang dan diproduksi oleh perusahaan Gravitech (Ihsan, 2016).



Gambar 2.11 Arduino Nano Tampak Depan



Gambar 2.12 Arduino Nano Tampak Belakang

### 2.5.1 Spesifikasi Arduino Nano

Mikrokontroler	: Atmel ATmega168 ataATmega328
Tegangan Operasi	: 5V
Input Voltage	: 7-12V
Input Voltage (limit)	: 6-20V
Pin Digital I/O	: 14 (6 pin sebagai output PWM)

Pins Input Analog	: 8
Arus DC per pin I/O	: 40 mA
Flash Memory	: 16KB (ATmega168) atau 32KB (ATmega328) 2KB digunakan oleh Bootloader
SRAM	: 1 KB (ATmega168) atau 2 KB (ATmega328)
EEPROM	: 512 byte (ATmega168) atau 1KB (ATmega328)
Clock Speed	: 16 MHz
Ukuran	: 1.85cm x 4.3cm

### 2.5.2 Sumber Daya

Arduino nano dapat diaktifkan melalui koneksi USB Mini-B, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6-20 volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN, atau melalui catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 volt melalui pin 27 atau pin 5V. Sumber daya akan secara otomatis dipilih dari sumber tegangan yang lebih tinggi. Chip FTDI FT232L pada arduino nano akan aktif apabila memperoleh daya melalui USB, ketika arduino nano diberikan daya dari luar (Non-USB) maka Chip FTDI tidak aktif dan pin 3.3V pun tidak tersedia (tidak mengeluarkan tegangan), sedangkan LED TX dan RX pun berkedip apabila pin digital 0 dan 1 berada pada posisi *HIGH*.

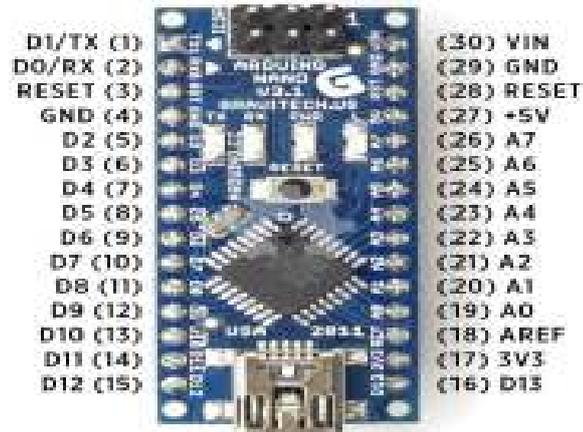
### 2.5.3 Pemetaan Pin Arduino Nano

Pemetaan pin pada arduino dapat terlihat pada tabel 2.2 tentang spesifikasi arduino nano. Perhatikan pemetaan antara pin arduino nano dan port ATmega328 SMD. Pemetaan untuk ATmega8, ATmega168, dan ATmega328 sangat identik atau sama persis (Archtz : 2015,05).

Tabel 2.2 Spesifikasi Arduino Nano

Nomer Pin ATmega328	Nama Pin	Nomer Pin Arduino	Nama Pin
1	PD3 (PCINT19/OCB2B/INT1)	6	Digital Pin 3 (PWM)
2	PD4 (PCINT20/XCK/T0)	7	Digital Pin 4
3	GND	4 & 29	GND
4	VCC	27	VCC
5	GND	4 & 29	GND
6	VCC	27	VCC
7	PB6(PCINT/XTAL1/TOASC1)	-	-
8	PB7(PCINT/XTAL1/TOASC2)	-	-
9	PD5(PCINT21/OC0B/T1)	8	Digital Pin 5 (PWM)
10	PD6(PCINT22/OC01/AIN0)	9	Digital Pin 6 (PWM)
11	PD7(PCINT23/AIN1)	10	Digital Pin 7
12	PD7(PCINT0/CLK0/ICP1)	11	Digital Pin 8
13	PB1(PCINT1/OC1A)	13	Digital Pin 9 (PWM)

Nomer Pin ATmega328	Nama Pin	Nomer Pin Arduino	Nama Pin
14	PB3 (PCINT3/OC2A/MOSI)	14	Digital Pin 11 (PWM – MOSI)
15	PB4 (PCINT4/MISO)	15	Digital Pin 13 (SCK)
16	PB5 (PCINT5/SCK)	16	Digital Pin 13 (SCK)
17	AVCC 27 VCC	27	VCC
18	ADC6 25 Analog Input	25	Analog Input 6
19	AREF 18 AREF 2	18	AREF
20	GND 4 & 29 GND	4 & 9	GND
21	ADC7 26 Analog Input 7	26	Analog Input 7
22	PC0 (PCINT8/ADC0)	19	Analog Input 0
23	PC1 (PCINT9/ADC1)	20	Analog Input 1
24	PC2 (PCINT10/ADC2)	21	Analog Input 2
25	PC3 (PCINT11/ADC3)	22	Analog Input 3
26	PC4 (PCINT12/ADC4/SDA)	24	Analog Input 4 (SDA)
27	PC5 (PCINT13/ADC5/SCL)	25	Analog Input 5 (SCL)
28	PC6 (PCINT14/RESET)	28 & 3	RESET
29	PD0 (PCINT16/RXD)	2	Digital Pin 0 (RX)
30	PD1 (PCINT17/TXD)	1	Digital Pin 1 (TX)
31	PD2 (PCINT18/INT0)	3	Digital Pin 2



Gambar 2.13 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Gambar 2.13 merupakan pemetaan pin pada arduino nano. Konfigurasi pin arduino nano diperlukan untuk mengetahui fungsi dari masing-masing pin pada mikrokontroler arduino nano. Dimaksudkan agar pin tersebut dapat digunakan berdasarkan fungsi dan peruntukannya.

#### 2.5.4 Memory

ATmega168 memiliki 16 KB *flash memory* untuk menyimpan kode (2 KB digunakan untuk *bootloader*; sedangkan ATmega328 memiliki *flash memory* sebesar 32 KB, (juga dengan 2 KB digunakan untuk *bootloader*). ATmega168 memiliki 1 KB *memory* pada SRAM dan 512 *byte* pada EEPROM (yang dapat dibaca dan ditulis dengan perpustakaan EEPROM), sedangkan ATmega328 memiliki 2 KB *memory* pada SRAM dan 1 KB pada EEPROM.

#### 2.5.5 Input dan Output

Masing-masing dari 14 pin digital arduino nano dapat digunakan sebagai input atau output, menggunakan fungsi `pinMode()`, `digitalWrite()`, dan `digitalRead()`. Mereka beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin dapat

memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal (terputus secara *default*) dari 20-50 kOhms. Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi spesial:

1. Serial: pin 0 (RX) dan 1 (TX) Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data serial TTL. Pin ini terhubung dengan pin ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.
2. Eksternal Interupsi: Pin 2 dan 3 dapat dikonfigurasi untuk memicu *interrupt* pada nilai yang rendah (*low value*), *rising* atau *falling edge*, atau perubahan nilai. Lihat fungsi `attachInterrupt()` untuk rinciannya.
3. PWM: Pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 Menyediakan 8-bit PWM dengan fungsi `analogWrite()`.
4. SPI: pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK) mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan perpustakaan SPI.
5. LED: pin 13. Built-in LED terhubung ke pin digital 13. LED akan menyala ketika diberi nilai *HIGH*.

Arduino nano memiliki 8 input analog, berlabel A0 sampai A7, yang masing-masing menyediakan resolusi 10 bit (yaitu 1024 nilai yang berbeda). Secara *default* mereka mengukur dari *ground* sampai 5 volt, perubahan tegangan maksimal menggunakan pin AREF dan fungsi `analogReference()`. Selain itu, beberapa pin tersebut memiliki spesialisasi fungsi, yaitu TWI: pin A4 atau SDA dan A5 atau SCL mendukung komunikasi TWI menggunakan perpustakaan `Wire`. Ada beberapa pin lainnya yang tertulis di *board*:

1. AREF. Tegangan referensi untuk input analog. Dapat digunakan dengan fungsi *analogReference()*.
2. Reset. Digunakan LOW untuk mereset mikrokontroler. Biasanya digunakan untuk menambahkan tombol reset.

### 2.5.6 Komunikasi Arduino Nano

Arduino nano memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, arduino lain, atau mikrokontroler lainnya. ATmega328 menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin digital 0 (RX) dan 1 (TX). Pada ATmega16U2 saluran komunikasi serial melalui USB dan muncul sebagai com *port virtual* untuk perangkat lunak pada komputer. *Firmware* 16U2 menggunakan standar *driver* USB COM, dan tidak ada *driver* eksternal diperlukan. Namun, pada Windows, diperlukan file inf. Perangkat lunak arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data tekstual sederhana akan dikirim ke dan dari papan arduino. RX dan TX LED di papan akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chip* USB-to-serial dan koneksi USB komputer (tetapi tidak untuk komunikasi serial pada pin 0 dan 1). ATmega328 juga mendukung I2C (TWI) dan komunikasi SPI. Perangkat lunak arduino termasuk perpustakaan *Wire* berfungsi menyederhanakan penggunaan bus I2C. Untuk komunikasi SPI, menggunakan perpustakaan SPI.

### 2.5.7 Perlindungan Arus USB

Arduino nano memiliki *polyfuse reset* yang melindungi *port* USB komputer dari arus pendek atau berlebih. Meskipun kebanyakan komputer

memberikan perlindungan internal sendiri, sekering menyediakan lapisan perlindungan tambahan. Jika lebih dari 500 mA, sekering otomatis bekerja.

### 2.5.8 Karakteristik Fisik

Panjang maksimum dan lebar PCB arduinonano masing-masing adalah 2,7 dan 2,1 inci, dengan konektor USB dan colokan listrik yang melampaui dimensi tersebut. Empat lubang sekrup memungkinkan *board* harus terpasang ke permukaan. Perhatikan bahwa jarak antara pin digital 7 dan 8 adalah 0,16", tidak seperti pin lainnya.

### 2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah suatu jenis media tampilan yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama. Pada LCD berwarna semacam monitor, terdapat banyak sekali titik cahaya (*pixel*) yang terdiri dari satu buah kristal cair sebagai suatu titik cahaya. Walaupun disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. Sumber cahaya di dalam sebuah perangkat LCD adalah lampu neon berwarna putih di bagian belakang susunan kristal cair tadi. Titik cahaya yang jumlahnya puluhan ribu bahkan jutaan inilah yang membentuk tampilan citra. Kutub kristal cair yang dilewati arus listrik akan berubah karena pengaruh polarisasi medan magnetik yang timbul dan oleh karenanya akan hanya membiarkan beberapa warna diteruskan sedangkan warna lainnya tersaring.

Adapun fitur yang disajikan dalam LCD ini adalah :

- a. Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris.
- b. Mempunyai 192 karakter tersimpan.

- c. Terdapat karakter generator terprogram.
- d. Dapat dialamatidengan mode 4-bit dan 8-bit.
- e. Dilengkapidengan *back light*.



Gambar 2.14 LCD (*Liquid Crystal Display*) 2x16

Gambar 2.14 merupakan visual dari layar LCD 2x16 berfungsi untuk menampilkan karakter angka, huruf ataupun simbol dengan lebih baik dan dengan konsumsi arus rendah. LCD *dot matrik* M1632 merupakan modul buatan hitachi yang terdiri dari bagian penampil untuk menampilkan karakter dan bagian sistem prosesor dalam bentuk modul dengan mikrokontrol diletakan pada bagian belakang.

### 2.6.1 Fungsi Pin-Pin LCD

Modul LCD berukuran 16 karakter x 2 baris dengan fasilitas *backlighting* memiliki 16 pin yang terdiri dari 8 jalur data, 3 jalur kontrol dan jalur-jalur catu daya dengan fasilitas pin-pin yang tersedia maka LCD 16x2 dapat digunakan secara maksimal untuk menampilkan data yang dikeluarkan oleh mikrokontroler, secara ringkas fungsi pin-pin LCD dituliskan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3.Pin LCD 16x2

Pin No.	Pin	Level	Fungsinya
1	V <sub>SS</sub>	0V	Ground
2	V <sub>CC</sub>	5V	Berupa Tegangan 5V Jarak
3	V <sub>EE</sub>	0V	Memegang tegangan 0V LCD
4	R/W	0V	0V dan 5V, Ke Membran pada
5	RS	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
6	D0	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
7	D1	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
8	D2	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
9	D3	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
10	D4	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
11	D5	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
12	D6	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
13	D7	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
14	D8	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
15	D9	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
16	D10	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
17	D11	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
18	D12	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
19	D13	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
20	D14	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada
21	D15	0V	0V dan 5V, Berfungsi ke Membran pada

Sedangkan secara umum pin-pin LCD diterangkan sebagai berikut:

a. Pin 1 dan 2

Merupakan sambungan catu daya, V<sub>SS</sub> dan V<sub>DD</sub>. Pin V<sub>DD</sub> dihubungkan dengan tegangan positif catu daya, dan V<sub>SS</sub> pada 0 Volt atau *ground*. Meskipun data menentukan catu 5 Vdc (hanya pada beberapa mA), menyediakan 6 volt dan 4,5 volt yang keduanya bekerja dengan baik bahkan 3 volt cukup untuk beberapa modul.

b. Pin 3 merupakan pin kontrol V<sub>EE</sub> yang digunakan untuk mengatur kontras layar LCD. Idealnya pin ini dihubungkan dengan tegangan yang bisa dirubah untuk memungkinkan pengaturan terhadap tingkatan kontras layar sesuai dengan kebutuhan. Pin ini dapat dihubungkan dengan variabel resisitor sebagai pengatur kontras.

- c. Pin 4 merupakan *Register Select (RS)* masukan yang pertama dari tiga *command control input*. Dengan membuat RS menjadi *high*, data karakter dapat ditransfer dari dan menuju modulnya.
- d. Pin 5 *Read/Write (R/W)* untuk memfungsikan sebagai perintah *write* maka R/W *low* atau menulis karakter ke modul. R/W *high* untuk membaca data karakter atau informasi status dari *register* nya.
- e. Pin 6 *Enable (E)* digunakan untuk transfer aktual dari perintah-perintah atau karakter antara modul dengan hubungan data. Ketika menulis ke layar LCD data ditransfer hanya pada perpindahan *high* atau *low*. Tetapi ketika membaca dari *display* data akan menjadi lebih cepat tersedia setelah perpindahan dari *low* ke *high* dan tetap tersedia hingga sinyal *low* lagi.
- f. Pin 7-14 adalah delapan jalur data-data bus (D0-D7) dimana data dapat ditransfer ke dan dari *display*.
- g. Pin 16 dihubungkan kedalam tegangan 5 volt untuk memberi tegangan dan menghidupkan lampu latar atau *Back Light LCD*.

## 2.7 Modul GPS (*Global Positioning System*)

Modul berukuran ringkas ini (25x35mm untuk modul, 25x25 mm untuk antena) berfungsi sebagai penerima GPS (*Global Positioning Receiver*) yang dapat mendeteksi lokasi dengan memproses sinyal dari satelit navigasi. Aplikasi dari modul ini melindungi sistem navigasi, sistem keamanan terhadap perangkat bergerak, akuisisi data pada sistem pemetaan medan, penjejak lokasi / *location tracking*.



Dibandingkan dengan sistem dan metode penentuan posisi lainnya. GPS mempunyai banyak kelebihan dan menawarkan lebih banyak keuntungan, baik dalam segi operasionalisasinya maupun kualitas posisi yang diberikan. Sebelum hal tersebut dijelaskan lebih lanjut, beberapa konsep dasar tentang posisi dan sistem kordinat serta metode-metode dalam penentuan posisi akan dijelaskan terlebih dahulu secara singkat.

GPS mengetahui posisi seorang maka diperlukan alat yang diberi nama GPS *receiver* yang berfungsi untuk menerima sinyal yang dikirim dari satelit GPS. Posisi diubah menjadi titik yang dikenal dengan nama *Way-Point* nantinya akan berupa titik-titik koordinat lintang dan bujur dari posisi seseorang atau suatu lokasi kemudian di layar pada peta elektronik. Sejak tahun 1980, layanan GPS yang dulunya hanya digunakan untuk keperluan militer mulai terbuka untuk publik. Uniknya walau satelit-satelit tersebut berharga ratusan juta dolar, namun setiap orang dapat menggunakannya dengan gratis (Andy, 2013).

Nama formal dari GPS adalah NAVASTAR GPS, kependekan dari *Navigation Satellite Timing and Running Global Positioning System*. Pada dasarnya GPS terdiri dari tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terutama dari satelit-satelit GPS, segmen sistem kontrol (*control system segment*) yang terdiri dari setasiun-setasiun pemonitor dan pengontrol satelit, dan segmen pemakai (*user segment*) yang terdiri dari pemakai GPS termasuk alat-alat penerima dan pengolah sinyal dan data GPS.

### 2.8.1 Segmen Angkasa

Segmen angkasa (*space segment*) GPS terdiri dari satelit-satelit yang bisa dianalogikan sebagai stasiun radio di angkasa yang diperlengkapi dengan antena-antena untuk mengirim dan menerima sinyal-sinyal gelombang. Sinyal-sinyal tersebut selanjutnya diterima oleh *receiver* GPS didekat permukaan bumi, dan digunakan untuk menentukan informasi kecepatan, waktu, serta parameter-parameter turunan lainnya.

Satelit GPS pada dasarnya terdiri dari : *Solar Panel*, komponen internal dan komponen eksternal. Setiap satelit GPS mempunyai dua sayap yang dilengkapi dengan sel-sel pembangkit tenaga matahari (*solar panel*), yang merupakan sumber energi untuk satelit. Satelit juga mempunyai komponen internal seperti jam atom dan pembangkit sinyal. Setiap satelit GPS akan membawa empat (4) jam atom berketelitian tinggi. Selain itu, satelit GPS juga diperlengkapi dengan peralatan untuk mengontrol tingkah-laku (*attitude*) satelit, serta sensor-sensor untuk mendeteksi peledakan nuklir dan lokasinya. Komponen eksternal satelit GPS adalah beberapa antena yang digunakan untuk menerima dan memancarkan sinyal-sinyal keadaan dari satelit GPS.

### 2.8.2 Segmen Sistem Kontrol

Segmen sistem kontrol (*control system segment*) GPS berfungsi mengontrol dan memantau operasional semua satelit GPS dan memastikan semua satelit-satelit berfungsi sebagai mana mestinya. Secara lebih spesifik tugas utama dari segmen sistem kontrol GPS adalah :

- a. Secara kontinyu memantau dan mengontrol sistem satelit.
- b. Menentukan dan menjaga waktu sistem GPS.

- c. Memprediksi *ephemeris* satelit serta karakteristik jam satelit.
- d. Secara periodik meremajakan (*update*) navigation message dari setiap satelit.
- e. Melakukan manuver satelit agar tetap dalam orbitnya, atau melakukan relokasi untuk menggantikan satelit yang tidak sehat, seandainya diperlukan.

Kelaikan satelit-satelit GPS tersebut dimonitor dan dikontrol oleh segmen sistem kontrol yang terdiri dari beberapa stasiun pemonitor dan pengontrol yang tersebar di seluruh dunia, yaitu di Pulau Ascension (Samudera Pasifik bagian selatan), *Diego Garcia* (Samudra Hindia), *Kwajalein* (Samudera Pasifik bagian utara), *Hawai* dan *Colorado Springs*. Disamping memonitor dan mengontrol kesehatan seluruh satelit beserta keseluruhan komponennya, segmen kontrol tersebut juga berfungsi menentukan orbit dari seluruh satelit GPS yang merupakan informasi vital untuk penentuan posisi dengan satelit.

### 2.8.3 Segmen Pengguna

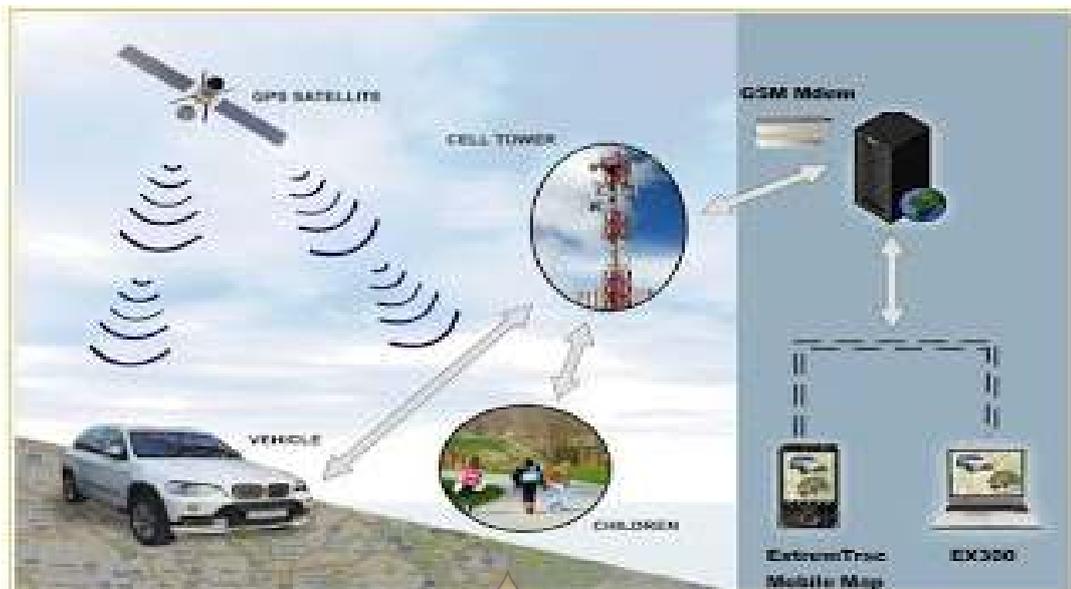
Segmen pengguna (*user segment*) terdiri dari pengguna satelit GPS, baik di darat, laut, udara maupun angkasa. Dalam hal ini penerima sinyal GPS (*receiver*) diperlukan untuk menerima dan memproses sinyal dari satelit GPS untuk digunakan dalam penentuan posisi, kecepatan, waktu maupun parameter turunan lainnya.

Berdasarkan pada tingkat kecanggihan komponen-komponen yang ada pada segmen pengguna *receiver* GPS yang beredar dipasaran cukup bervariasi baik dari segi jenis, merek, harga, ketelitian yang diberikan, berat, ukuran, maupun bentuknya.

## 2.9 Cara Kerja GPS

Sistem ini menggunakan sejumlah satelit yang berada di orbit bumi, yang memancarkan sinyalnya ke bumi dan ditangkap oleh sebuah alat penerima sinyal tersebut atau *GPS Tracker*. Selain satelit terdapat 2 sistem lain yang saling berhubungan, sehingga jadilah 3 bagian penting dalam sistem GPS. Ketiga bagian tersebut terdiri dari: *GPS Control Segment* (Bagian Kontrol), *GPS Space Segment* (bagian angkasa), dan *GPS User Segment* (bagian pengguna).

GPS bekerja mengandalkan satelit, maka penggunaannya disarankan ditempat yang terbuka. Penggunaan di dalam ruangan, atau ditempat yang menghalangi arah satelit (diangkasa), maka GPS tidak akan bekerja secara optimal dan akurat. Setiap daerah di atas permukaan bumi ini minimal terjangkau oleh 3-4 satelit. Pada dasarnya, setiap GPS terbaru bisa menerima sampai 12 channel satelit sekaligus. Kondisi langit yang cerah dan bebas dari halangan membuat satelit dapat dengan mudah diterima oleh GPS, maka akurasi yang diberikan juga akan semakin tinggi. Dengan mentransmisikan sinyal dari satelit ke perangkat GPS (*portable* murni atau *smartphone* yang sudah memiliki GPS). GPS akan membutuhkan transmisi dari 3 satelit untuk mendapatkan informasi dua dimensi (lintang dan bujur), dan 4 satelit untuk 3 dimensi (lintang, bujur, dan ketinggian).



Gambar 2.16 Ilustrasi Satelit GPS Mengirim Sinyal

Ilustrasi satelit GPS yang ditunjukkan pada gambar 2.16 merupakan langkah kerja dari GPS. Adapun langkah cara kerja GPS adalah sebagai berikut:

1. Memakai perhitungan *triangulation* dari satelit.
2. Untuk perhitungan *triangulation*, GPS mengukur jarak menggunakan travel time sinyal radio.
3. Untuk mengukur *travel time*, GPS memerlukan memerlukan akurasi waktu yang tinggi.
4. Untuk perhitungan jarak, kita harus tahu dengan pasti posisi satelit dan ketinggian pada orbitnya.
5. Terakhir harus mengoreksi *delay* sinyal waktu perjalanan di atmosfer sampai diterima *receiver*.

Satelit GPS berputar mengelilingi bumi di dalam orbit yang akurat dan mengirimkan sinyal informasi ke bumi. GPS *receiver* mengambil informasi dengan menggunakan perhitungan *triangulation* menghitung lokasi *user* dengan tepat. GPS *receiver* membandingkan waktu sinyal dikirim dengan waktu sinyal

tersebut diterima. Dari informasi itu dapat diketahui berapa jarak satelit dengan perhitungan jarak GPS *receiver* dapat melakukan perhitungan dan menentukan posisi *user* dan menampilkan dalam peta elektronik (Andi, 2013).

Sebuah GPS receiver harus mengunci sinyal minimal tiga satelit untuk menghitung posisi 2D (*latitude dan longitude*) dan track pergerakan. Jika GPS receiver dapat menerima empat atau lebih satelit, maka dapat menghitung posisi 3D (*latitude, longitude dan altitude*). Jika sudah dapat menentukan posisi *user*, selanjutnya GPS dapat menghitung informasi lain seperti kecepatan, arah yang dituju, jalur, tujuan perjalanan, dan jarak. Perhitungan yang akurat sangat menentukan akurasi perhitungan untuk menentukan informasi kita. Selain itu semakin banyak dan tinggi satelit yang dapat diterima maka akan semakin presisi data yang diterima karena satelit-satelit tersebut mengirim *pseudo-random code* dan waktu yang sama.

Ketinggian itu menimbulkan keuntungan dalam mendukung proses kerja GPS, karena semakin tinggi proses kerja GPS akan semakin bersih atmosfer, sehingga gangguan semakin sedikit dan orbit yang cocok dan perhitungan matematika yang cocok. Satelit harus tetap pada posisi yang tepat sehingga stasiun di bumi harus terus memonitor setiap pergerakan satelit, dan kecepatannya (Andi, 2013).

## **2.10 Mengapa GPS Menarik Digunakan**

Ada beberapa hal yang membuat GPS menarik digunakan untuk penentuan posisi, kecepatan, atau turunan lainnya, seperti yang dijelaskan berikut ini:

- a. GPS dapat digunakan setiap saat tanpa tergantung waktu dan cuaca.

- b. Satelit-satelit GPS mempunyai ketinggian orbit yang cukup tinggi, yaitu sekitar 20.000 km diatas permukaan bumi, dan jumlahnya relatif cukup banyak, yaitu 24 satelit. Hal ini menyebabkan GPS dapat meliputi wilayah yang cukup luas, sehingga dapat digunakan oleh banyak orang pada saat yang sama, serta pemaikannya menjadi tidak tergantung pada batas-batas politik dan batas alam.
- c. Penggunaan GPS dalam penentuan posisi relatif tidak terlalu terpengaruh dengan kondisi topografis daerah *survey* dibandingkan dengan penggunaan metode *tesstris* seperti pengukuran poligon.
- d. Posisi yang ditentukan dengan GPS mengacu ke suatu datum global yang relatif teliti dan mudah direalisasikan, yaitu datum WGS (*World Geodetic System*) 1984.
- e. Pemakaian sistem GPS tidak dikenakan biaya. Selama pengguna memiliki alat penerima (*receiver*) sinyal GPS maka yang bersangkutan dapat menggunakan sistem GPS untuk berbagai aplikasi tanpa dikenakan biaya oleh pihak yang memiliki satelit.
- f. Alat penerima sinyal (*receiver*) GPS cenderung menjadi lebih kecil ukurannya, lebih murah harganya, lebih baik kualitas data yang diberikannya, dan lebih tinggi keandalannya.
- g. Pengoperasian alat penerima GPS untuk penentuan relatif mudah dan tidak mengeluarkan banyak tenaga.

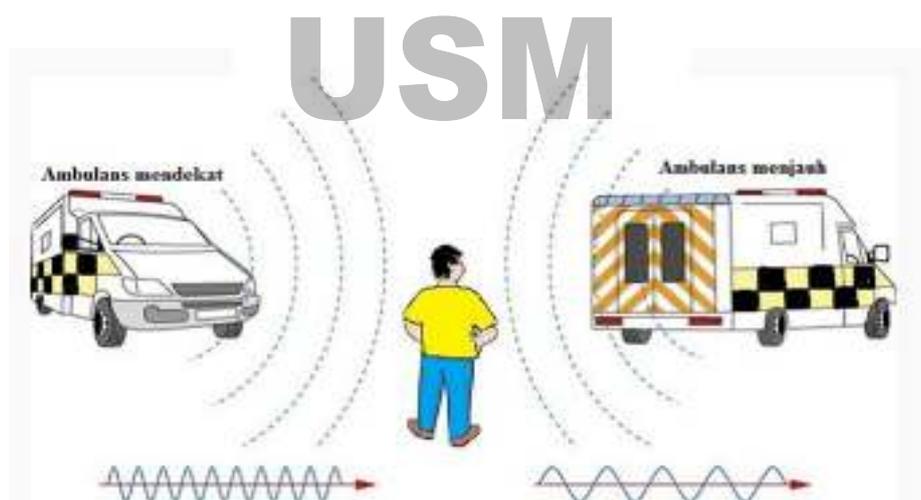
### **2.11 Prinsip Pengukuran Kecepatan Menggunakan GPS.**

Cara GPS menghitung kecepatan pada saat tertentu adalah dengan mengukur pergeseran Doppler pada sinyal dari satelit. GPS *speedometer* sensitif tinggi

menghitung kecepatan dengan menggunakan efek Doppler dari gelombang pembawa yang berasal dari satelit (Onosokki, 2019).

Efek Doppler adalah keadaan yang terjadi ketika sesuatu yang memancarkan suara atau cahaya bergerak relatif terhadap pengamat. Obyek, pengamat atau keduanya dapat bergerak menyebabkan perubahan jelas dalam frekuensi panjang gelombang yang dipancarkan oleh objek. Efek Doppler menjelaskan mengapa klakson mobil keras muncul ketika berubah ferkuensi karena diperbesar dengan kecenderungan diatasnya, dan pemahaman efek Doppler dapat membantu para ilmuwan membuat berbagai pengamatan tentang dunia di sekitar mereka (Miqbal, 2015).

Efek Doppler adalah perubahan frekuensi atau panjang gelombang suatu gelombang pada seorang penerima yang sedang bergerak relatif terhadap sumber gelombang. Efek Doppler dinamakan berdasarkan seorang ilmuwan Austria, Christian Doppler, yang pertama kali menjelaskan fenomena tersebut pada tahun 1842.



Gambar 2.17 Pengaplikasian Efek Doppler

Gambar 2.17 merupakan fenomena efek Doppler, yakni perubahan frekuensi suara yang dihasilkan oleh sumber suara gerak. Jika pendengar sedang diam dan mendengar suara yang juga diam maka suara yang terdengar akan memiliki frekuensi sama dengan sumber suara. Contohnya adalah ketika mendengar sirine ambulans yang sedang menuju arah pendengar, maka akan mendengar bunyi yang semakin meninggi ( frekuensi suara akan semakin meninggi) kemudian saat mobil tersebut menjauh, bunyi suara akan semakin mengecil (frekuensi semakin rendah) dan seterusnya suara akan semakin rendah ketika mobil ambulans menjauh dari pendengar. Kejadian tersebut merupakan contoh dari fenomena efek Doppler.

1. Efek Doppler Tidak Dipengaruhi angin

$$\text{Rumus : } f_r = \frac{v + v_r}{v + v_s} f_s \dots\dots\dots 2.1$$

Keterangan :

$f_r$  adalah frekuensi pengamat (*receiver*). (Hz)

$f_s$  adalah frekuensi sumber. (Hz)

$v$  adalah kecepatan rambat gelombang. (m/s)

$v_s$  adalah kecepatan sumber gelombang relatif terhadap medium. (m/s)

$v_r$  adalah kecepatan pengamat (*receiver*) relatif terhadap medium. (m/s)

2. Efek Doppler dipengaruhi oleh angin

$$\text{Rumus : } f_r = \frac{(v + vr) + vr}{(v + va) + vs} f_s \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan :

$f_r$  adalah frekuensi pengamat (receiver).(Hz)

$f_s$  adalah frekuensi sumber.(Hz)

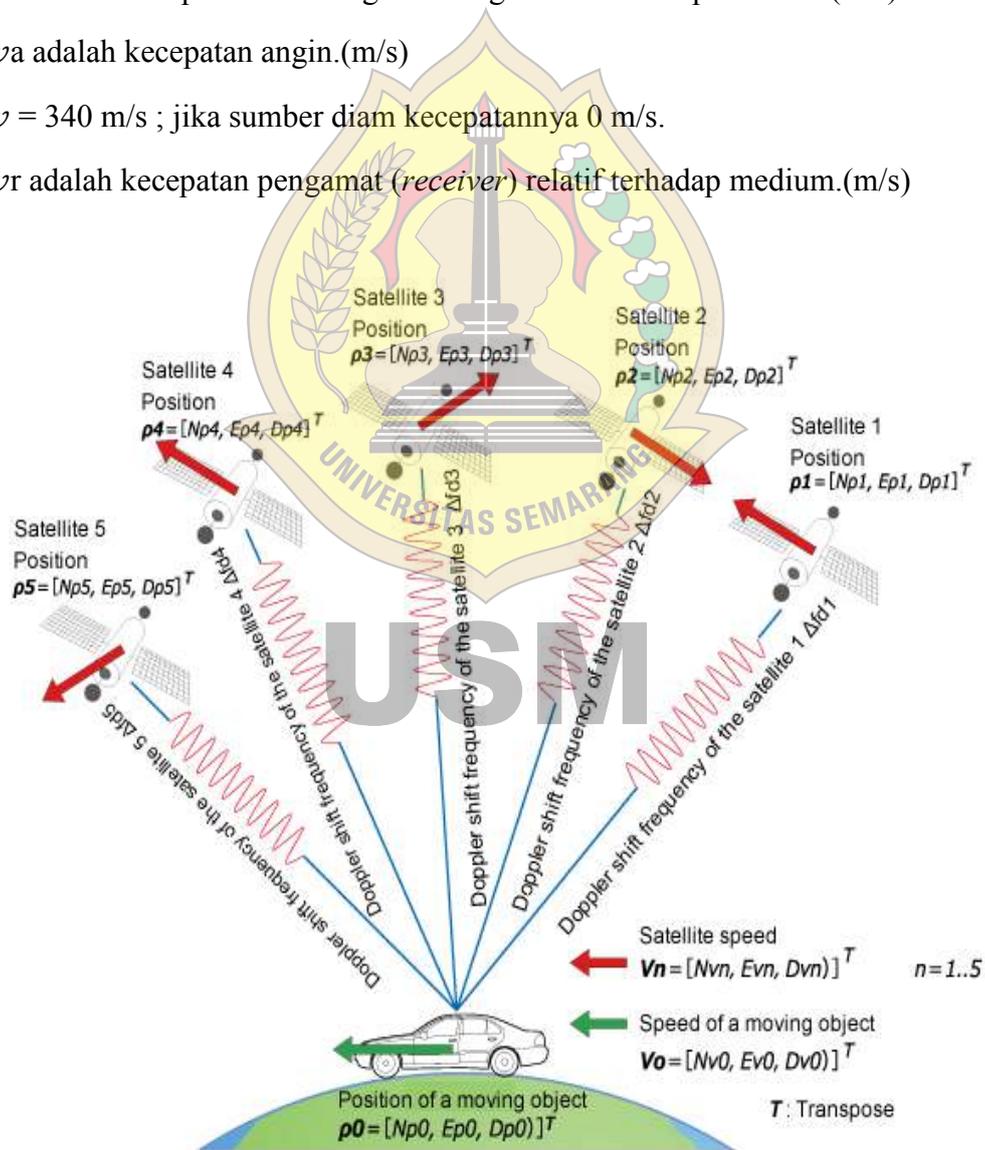
$v$  adalah kecepatan rambat gelombang.(m/s)

$vs$  adalah kecepatan sumber gelombang relatif terhadap medium.(m/s)

$va$  adalah kecepatan angin.(m/s)

$v = 340 \text{ m/s}$  ; jika sumber diam kecepatannya  $0 \text{ m/s}$ .

$vr$  adalah kecepatan pengamat (*receiver*) relatif terhadap medium.(m/s)



Gambar 2.18 Satelit Mendeteksi Frekuensi Gelombang

Gambar 2.18 merupakan frekuensi gelombang satelit GPS dikendalikan dengan sangat tepat. Satelit mengukur frekuensi dan menerapkannya pada algoritma di GPS yang menghasilkan kecepatan. Kecepatan gerak tidak dapat diukur dengan frekuensi gelombang pembawa hanya satu satelit GPS karena satelit GPS bergerak dengan kecepatan tinggi dan juga memiliki efek rotasi di bumi. Oleh karena itu GPS menggunakan gelombang pembawa dari beberapa dari beberapa satelit GPS (lebih dari empat) untuk mengukur frekuensi dan kemudian menghitung kecepatan objek bergerak dengan cara yang sama dengan metode pengukuran posisi. Dalam metode ini, kecepatan benda yang bergerak dapat dihitung dengan sangat tepat daripada metode perhitungan menggunakan jumlah perubahan posisi, karena hampir tidak menerima pengaruh ionosfer (Onosokki, 2019).

