BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mobil Listrik

Mobil listrik merupakan teknologi terbaru pada kendaraan roda empat yang memanfaatkan sumber listrik sebagai bahan bakarnya dan motor listrik sebagai penggeraknya^[1]. Mobil listrik sangat populer pada akhir abad ke-19 dan awal abad ke-20, tapi kemudian popularitasnya meredup karena teknologi mesin pembakaran dalam yang semakin maju dan harga kendaraan berbahan bakar bensin yang semakin murah. Mobil listrik memiliki beberapa kelebihan yang potensial jika dibandingkan dengan mobil bermesin pembakaran dalam biasa. Yang paling utama adalah mobil listrik tidak menghasilkan emisi kendaraan bermotor.

2.1.1. Sejarah Mobil Listrik

Mobil listrik dipilih karena menawarkan kenyamanan dan pengoperasian yang mudah dan tidak dapat dicapai oleh kendaraan-kendaraan berbahan bakar bensin. Perkembangan teknologi dalam pembakaran yang semakin maju, terutama di *Power* yang mengurangi popularitas mobil listrik. Hal ini ditambah dengan kemampuan mobil bensin dapat menempuh jarak yang lebih jauh, pengisiasn bensin yang lebih cepat, dan infrastruktur pengisian semakin bertambah, ditambah dengan sistem produksi massal yang diterapkan oleh *Ford Motor Company*, membuat harga mobil bensin turun drastis sampai setengah harga mobil listrik. Mobil listrik juga menjadi semakin tidak populer, dan secara total menghilang, terutama di pasar ilegal seperti Amerika Serikat, pada tahun 1930-an. Tetapi pada tahun sekarang ini, semakin banyak orang yang sadar akan dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh mobil berbahan bakar bensin, ditambah harga bensin yang

^[1]Sumber: Khumaedi Ahmad, dkk: "Otomatisasi Pengereman Motor DC sebagai Sistem Keamanan Mobil Listrik" Universitas Lampung, 2014.

mahal dan terus naik, membuat mobil listrik kembali diminati. Mobil listrik jauh lebih ramah lingkungan dari mobil bensin, biaya perawatan lebih murah, ditambah teknologi baterai yang semakin maju. Kekurangannya adalah harga mobil listrik saat ini masih belum terjangkau dalam kalangan menengah kebawah. Mobil listrik saat ini mulai mendapatkan lagi popularitasnya di beberapa negara di dunia setelah sekian lama menghilang.



Gambar 2.1 Thomas Edison dan mobil listriknya tahun 1913 (Sumber: http://wikipedia.org/wiki/Mobil_Listrik, diakses 8 Juni 2016)

2.1.2. Perkembangan Mobil Listrik

Krisis energi pada tahun 1970-an dan 1980-an menimbulkan kembalinya minat masyarakat akan mobil listrik. Pada awal 1990-an, *California Air Resources Board* (CARB) mulai menekan para pabrikan otomotif untuk mulai membuat mobil yang efisien dalam bahan bakar, rendah emisi, dengan tujuan akhirnya adalah membuat kendaraan emisi nol seperti kendaraan listrik. Sebagai respon, beberapa pabrikan mencoba membuat mobil listrik mereka masing-masing, seperti Chrysler TEVan, truk Pick Up Ford Ranger EV, GM EV1, pikap S10 EV, Hatchback Honda EV Plus, Miniwagon Altra EV, dan Toyota RAV4 EV. Mobilmobil ini akhirnya ditarik peredarannya di pasar Amerika Serikat.

Resesi ekonomi global pada akhir tahun 2000-an membuat banyak produsen otomotif dunia meninggalkan mobil-mobil SUV yang besar dan boros, dan beralih ke mobil-mobil kecil, hibrida, dan mobil listrik. Perusahaan otomotif

asal California, *Tesla Motors*, memulai pengembangan *Tesla Roadster* pada tahun 2004, dan kemudian diluncurkan ke publik pada tahun 2008. Sampai bulan Januari 2011, Tesla telah berhasil menjual 1.500 *Unit Roadster* di 31 negara. Mitsubishi Miev diluncurkan untuk penggunaan armada di Jepang bulan Juli 2009, dan mulai dijual pada perseorangan pada bulan April 2010. I Miev mulai dijual di Hong Kong bulan Mei 2010, dan Australia mulai Juli 2010.

Penjualan Nissan Leaf di Jepang dan Amerika Serikat dimulai pada bulan Desember 2010, meskipun di awal peluncurannya hanya tersedia di beberapa kawasan saja dengan jumlah yang terbatas pula. Sampai bulan September 2011, mobil-mobil listrik yang dijual di pasaran adalah REVAi, Buddy, Citroën C1 ev'ie, Transit Connect Electric, Mercedes-Benz Vito E-Cell, Smart ED, dan Wheego Whip LiFe.

Indonesia tidak ketinggalan mengambil bagian dalam memproduksi mobil listrik. Walaupun masih berupa purwarupa, mobil listrik buatan anak bangsa cukup menjanjikan. Saat ini telah ada 2 model yang diketahui, yaitu Mobil listik Ahmadi dan Tucuxi. Pada tanggal 20 Mei 2013 dilakukan diuji coba bus listrik untuk APEC 2013 Oktober. Sampai sekarang bus listrik tersebut melayani transportasi publik di Yogya. Tanggal 6 Mei 2014 ITS menorehkan rekor mobil listrik untuk dalam negeri dengan rincian jarak tempuh total 800 km, kecepatan rata-rata 120-130 km/jam serta setiap 8 jam dilakukan pengisian ulang selama 3 jam. Rute yang ditempuh adalah Jakarta–Bandung–Tasikmalaya–Purwokerto–Jogjakarta–Madiun–Surabaya.

2.2. Solar Cell

Solar Cell atau panel surya adalah komponen elektronika yang memanfaatkan efek *photovoltaic* pada material semikonduktor untuk mengubah energy cahaya menjadi energy listrik^[2]. *Solar Cell* biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak *Solar Cell* yang bisa disusun secara seri maupun paralel.

-

Solar Cell mulai popular akhir-akhir ini, selain mulai menipisnya cadangan enegi fosil dan isu Global Warming. Energi yang dihasilkan juga sangat murah karena sumber energi (matahari) bisa didapatkan secara gratis.



Gambar 2.2 Solar Cell Maxeon

(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Photovoltaics, diakses 8 Juni 2016)

Spesifikasi keseluruhan dari solar cell Maxeon yang digunakan adalah:

Rated Max Power : 3.34-3.5W 5% (w)

Grade : A

Tegangan kerja : 0,574 V

Bekerja sekarang : 5.83 A

Singkat tegangan rangkaian : 0.682V

Pendek arus : 6.24A

Bahan : Silicon Monocrystalline

Tebal : 145µm

(Sumber: Data Sheet Model Photovoltaic Maxeon C60, Sunpower)

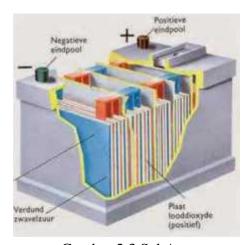
Solar cell pada umumnya memiliki ketebalan 145µm, yang terbuat dari irisan bahan semikonduktor dengan kutub (+) dan kutub (-). Apabila suatu cahaya jatuh padanya maka pada kedua kutubnya timbul perbedaan tegangan yang tentunya dapat menyalakan lampu, menggerakan motor listrik yang berdaya dc. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar bisa menghubungkan solar cell secara seri atau paralel tergantung sifat penggunaannya. Prinsip dasar pembuatan solar cell adalah memanfaatkan efek *fotovoltaik* yakni suatu efek yang dapat merubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik.

2.3. Accu

Accumulator atau sering disebut Accu, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau motor, semua memerlukan Accu untuk dapat menghidupkan mesin mobil (mencatu arus pada dinamo stater kendaraan)^[3]. Accu mampu mengubah tenaga kimia menjadi tenaga listrik. Di pasaran saat ini sangat beragam jumlah dan jenis Accu yang dapat ditemui. Accu untuk mobil biasanya mempunyai tegangan sebesar 12 Volt, sedangkan untuk motor ada tiga jenis tegangan. 12 Volt, 9 volt dan ada juga yang bertegangan 6 Volt. Selain itu juga dapat ditemukan pula Accu yang khusus untuk menyalakan Tape atau radio dengan tegangan juga dapat diatur dengan rentang 3, 6, 9, dan 12 Volt. Tentu saja Accu jenis ini dapat dimuati kembali (Recharge) apabila muatannya telah berkurang atau habis. Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (*Katoda*) ke elektroda positif (*Anoda*) tidak dapat dibalik arahnya. Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (*Dry Cells*).

Jenis *Accu* yang umum digunakan adalah *Accumulator* timbal. Secara fisik *Accu* ini terdiri dari dua kumpulan pelat yang dimasukkan pada larutan asam sulfat encer (H₂SO₄). Larutan elektrolit itu ditempatkan pada wadah atau bejana *Accu* yang terbuat dari bahan ebonit atau gelas. Kedua belah pelat terbuat dari timbal (Pb), dan ketika pertama kali dimuati maka akan terbentuk lapisan timbal dioksida (PbO₂) pada pelat positif. Letak pelat positif dan negatif sangat berdekatan tetapi dibuat untuk tidak saling menyentuh dengan adanya lapisan pemisah yang berfungsi sebagai isolator (bahan penyekat).

[3] S, Widodo: "Reaksi Kimia di balik kotak Aki" http://www.fisikanet.lipi.go.id/utama.cgi/fenomena/data/.../HFI /utama.cgi?artikel&1174824055&50, diakses 8 Juni 2016



Gambar 2.3 Sel Accu (Sumber: http://www.teknovanza.com/2014/05/peran-aki-mobil-dalam-sistem.html, diakses tanggal 8 Juni 2016)

Accu memiliki 2 kutub/terminal, kutub positif dan kutub negatif. Biasanya kutub positif (+) lebih besar dari kutub negatif (-), untuk menghindarkan kelalaian bila Accu hendak dihubungkan dengan kabel-kabelnya. Pada Accu terdapat batas minimum dan maksimum tinggi permukaan air Accu untuk masing-masing sel. Bila permukaan air Accu di bawah level minimum akan merusak fungsi sel Accu. Jika air Accu melebihi level maksimum, mengakibatkan air *Accu* menjadi panas dan meluap keluar melalui tutup sel.

2.4. Mikrokontroler ATMega32

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol diterapkan^[4]. elektronik dengan berdasarkan program yang rangkaian Mikrokontroler umumnya terdiri dari CPU (Central Processing Unit), memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti Analog-to-Digital Converter (ADC) yang sudah terintegrasi di dalamnya. Kelebihan utama dari mikrokontroler ialah tersedianya RAM dan peralatan I/O pendukung sehingga ukuran board mikrokontroler menjadi sangat ringkas.

[4]Sumber: ElektronikaDasar, "Mikrokontroler", http://elektronika-dasar.web.id/pengertian-dan-kelebihanmikrokontroler, diakses 9 Juni 2016

Kombinasi CPU 8 bit serba guna dan Flash PEROM, menjadikan mikrokontroler MCS51 menjadi microcomputer handal yang fleksibel.

2.4.1. Pengertian Mikrokontroler ATMega32

ATMega32 adalah mikrokontroler 8 bit dari keluarga AVR dengan kapasitas penyimpanan programmable flash sebesar 32KB^[5]. ATMega32 merupakan salah satu produk IC mikrokontroler dari perusahaan mikrokontroler terkemuka, ATMEL. Nama AVR sendiri konon merupakan singkatan dari Alf and Vegard's Risc Processor. Nama Alf dan Vegard diambil dari nama perancang arsitekturnya Alf-Egil Bogen dan Vegard Wollan. Sedangkan kata Risc Processor menandakan mikrokontroler ini termasuk jenis mikrokontroler dengan instruksi set terbatas atau Reduced Instruction Set Computer (RISC).

2.4.2. Karakteristik Mikrokontroller ATMega32

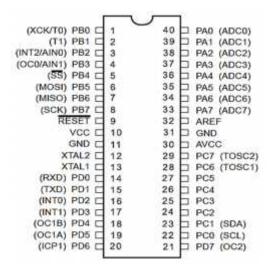
Beberapa fasilitas yang dimiliki oleh Mikrokontroler ATMega32 adalah sebagai berikut: (hal 9, Jurnal Tutorial Mikrokontroler ATMega 32)

- Sebuah Central Processing Unit 8 bit.
- Osilator: Internal dan rangkaian pewaktu.
- RAM internal 128 byte.
- Flash Memory 2 Kbyte.
- Lima buah jalur interupsi (dua buah interupsi eksternal dan tiga buah interupsi internal).
- Empat buah *Programmable* port I/O yang masing masing terdiri dari delapan buah jalur I/O.
- Sebuah port serial dengan control serial Full Duplex UART.
- Kemampuan untuk melaksanakan operasi aritmatika dan operasi logika.
 Kecepatan dalam melaksanakan instruksi per siklus 1 mikrodetik pada frekuensi 12 MHz.

[5]Sumber: "Mikrokontroler ATMega32", http://www.nulis-ilmu.com/2015/09/mikrokontroler-avr-atmega32.html, diakses 10 Juni 2016

ATMega32 mempunyai enam sumber pembangkit interupsi, dua diantaranya adalah sinyal interupsi yang diumpankan ke kaki INTO dan INT1. Kedua kaki ini berhimpitan dengan P3.2 dan P3.3 sehingga tidak bisa dipakai sebagai jalur input/output parelel kalau INTO dan INT1 dipakai untuk menerima sinyal interupsi. ATmega32 merupakan tipe AVR yang telah dilengkapi dengan 8 saluran ADC internal dengan fidelitas 10 bit. Dalam mode operasinya, ADC ATmega32 dapat dikonfigurasi, baik secara single ended input maupun *Differential* input. Selain itu, ADC ATmega32 memiliki konfigurasi pewaktuan, tegangan referensi, mode operasi, dan kemampuan *Filter* derau yang amat fleksibel, sehingga dengan mudah disesuaikan dengan kebutuhan ADC itu sendiri.

Port1 dan 2, UART, Timer 0,Timer 1 dan sarana lainnya merupakan *Register* yang secara fisik merupakan RAM khusus, yang ditempatkan di *Special Function Register* (SFR). Deskripsi pin-pin pada Mikrokontroler ATMega32:



Gambar 2.4 Konfigurasi IC Mikrokontroller ATMega32

(Sumber: Nugraha, Dhani dkk. Jurnal Tutorial Mikrokontroler ATMega 32, 2011)

Penjelasan Pin:

VCC : Tegangan Supply (5 volt)

GND : Ground

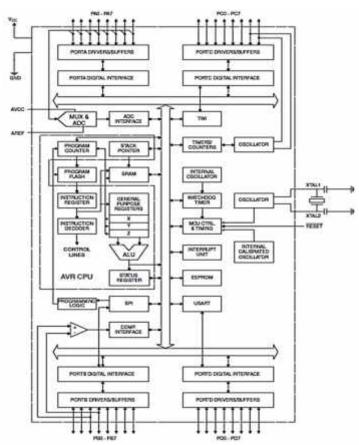
RESET: Input reset level rendah pada pin ini selama lebih dari panjang pulsa minimum akan menghasilkan reset, walaupun *Clock* sedang berjalan.

XTAL1 : Input penguat osilator inverting dan input pada rangkaian operasi *Clock* internal.

XTAL2 : Output dari penguat osilator *Inverting*.

AVCC : Pin tegangan supply untuk port A dan ADC. Pin ini harus dihubungkan ke VCC walaupun ADC tidak digunakan, maka pin ini harus dihubungkan ke VCC melalui *Low Pass Filter*.

AREF : Pin referensi tegangan analaog untuk ADC.



Gambar 2.5 Blok Diagram IC ATMega32

(Sumber: Nugraha, Dhani dkk. Jurnal Tutorial Mikrokontroler ATMega 32, 2011)

a. Port A (PA0-PA7)

Port A berfungsi sebagai input analog ke ADC. Port A juga dapat berfungsi sebagai port I/O 8 bit *Bidirectional*, jika ADC tidak digunakan

maka port dapat menyediakan resistor *Pull-Up* internal (dipilih untuk setiap bit).

b. Port B (PB0-PB7)

Port B merupakan I/O 8 bit *Biderectional* dengan resistor *Pull-Up* internal (dipilih untuk setiap bit)

c. Port C (PC0-PC7)

Port C merupakan I/O 8 bit *Biderectional* dengan resistor *Pull-Up* internal (dipilih untuk setiap bit).

d. Port D (PD0-PD7)

Port D merupakan I/O 8 bit *Biderectional* dengan resistor *Pull-Up* internal (dipilih untuk setiap bit).

2.5. Motor Listrik BLDC

Motor arus searah adalah sebuah motor yang membutuhkan tegangan dc untuk menjalankannya. Pada umumnya motor jenis ini menggunakan sikat dan mengoperasikannya sangat mudah tinggal dihubungkan dengan *Battery* sehingga motor langsung berputar. Jenis motor ini memerlukan perawatan pada sikatnya serta banyak terjadi rugi tegangan pada sikat. Sehingga pada era sekarang ini motor DC dikembangkan tanpa menggunakan sikat yang dikenal dengan Motor BLDC (*Brush Less Direct Current Motor*). Motor ini dipilih karena efisiensi yang tinggi, suaranya halus, ukuran kompak, keandalan yang tinggi dan perawatan yang rendah. Motor ini lebih disukai untuk berbagai aplikasi, namun kebanyakan dari mereka memerlukan kontrol tanpa sensor. Pengoperasian motor BLDC membutuhkan sensor posisi rotor untuk mengendalikan arusnya^[7].

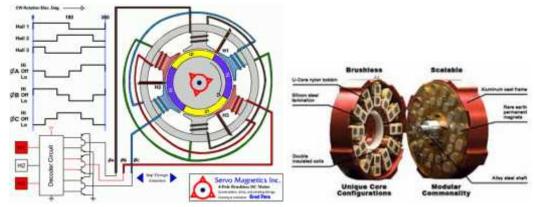
2.5.1. Pengertian BLDC Motor

BLDC Motor (*Brush Less Direct Current Motor*) adalah suatu jenis motor sinkron, artinya medan magnet yang dihasilkan oleh stator dan medan magnet yang dihasilkan oleh rotor berputar di frekuensi yang sama.

^[7]Sumber: Margana, "Kajian Motor Arus Searah Tanpa Sikat 1600W 48V Sebagai Penggerak Mobil Listrik"

BLDC motor tidak mengalami slip, tidak seperti yang terjadi pada motor induksi biasa. Motor jenis ini mempunyai permanen magnet pada bagian rotor sedangkan elektro-magnet pada bagian statornya. Setelah itu, dengan menggunakan sebuah rangkaian sederhana (*Simpel Computer System*), maka kita dapat merubah arus di eletro-magnet ketika bagian rotornya berputar.

Dalam hal ini, motor BLDC setara dengan motor DC dengan komutator terbalik, di mana magnet berputar sedangkan konduktor tetap diam. Dalam komutator motor DC, polaritas ini diubah oleh komutator dan sikat. Namun, dalam *Brushless* motor DC, pembalikan polaritas dilakukan oleh transistor *Switching* untuk mensinkronkan dengan posisi rotor. Oleh karena itu, BLDC motor sering menggabungkan baik posisi sensor internal atau eksternal untuk merasakan posisi rotor yang sebenarnya, atau posisi dapat dideteksi tanpa sensor.



Gambar 2.6 Konstruksi Motor BLDC

(Sumber: http://www.insinyoer.com/prinsip-kerja-motor-brushless-dc-bldc-motor/, diakses tanggal 11 Juni 2016)

2.5.2. Konstruksi BLDC Motor

Setiap motor BLDC memiliki dua bagian utama, rotor (bagian berputar) dan stator (bagian stasioner). Bagian penting lainnya dari motor adalah gulungan stator dan magnet rotor.

1. Rotor

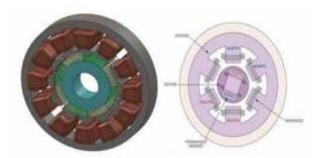
Rotor adalah bagian pada motor yang berputar karena adanya gaya elektromagnetik dari stator, dimana pada motor DC *Brushless* bagian

rotornya berbeda dengan rotor pada motor DC konvensional yang hanya tersusun dari satu buah elektromagnet yang berada diantara *Brushes* (sikat) yang terhubung pada dua buah motor hingga delapan pasang kutub magnet permanen berbentuk persegi pajang yang saling direkatkan menggunakan semacam "*Epoxy*" dan tidak ada *Brushes*-nya.

Rotor dibuat dari magnet tetap dan dapat desain dari dua sampai delapan kutub magnet utara (N) atau selatan (S). Material magnetis yang bagus sangat diperlukan untuk mendapatkan kerapatan medan magnet yang bagus pula. Biasanya magnet ferrit yang dipakai untuk membuat magnet tetap, tetapi material ini mempunyai kekurangan yaitu *Flux Density* yang rendah untuk ukuran volume material yang diperlukan untuk membentuk rotor.

2. Stator

Stator adalah bagian pada motor yang diam/statis dimana fungsinya adalah sebagai medan putar motor untuk memberikan gaya elektromagnetik pada rotor sehingga motor dapat berputar. Pada motor DC *Brushless* statornya terdiri dari 12 belitan (elektromagnet) yang bekerja secara elektromagnetik dimana stator pada motor DC *Brushless* terhubung dengan tiga buah kabel untuk disambungkan pada rangkaian kontrol sedangkan pada motor DC konvensional statornya terdiri dari dua buah kutub magnet permanen.



Gambar 2.7 Penampang Motor BLDC (Sumber: Azzumar Muhammad, Jurnal Permodelan dan simulasi BLDC motor UI, 2012)

Belitan stator pada motor DC *brushless* terdiri dari dua jenis, yaitu belitan stator jenis *Trapezoidal* dan jenis *Sinusoidal*. Dasar perbedaan kedua

jenis belitan stator tersebut terletak pada hubungan antara koil dan belitan stator yang bertujuan untuk memberikan EMF (*Electro Motive Force*) balik yang berbeda.

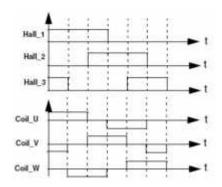
EMF balik adalah tegangan balik yang dihasilkan oleh belitan motor BLDC ketika motor BLDC tersebut berputar yang memiliki polaritas tegangan berlawanan arahnya dengan tegangan sumber yang dibangkitkan. Besarnya EMF balik dipengaruhi oleh kecepatan sudut putaran motor (), medan magnet yang dihasilkan rotor (B), dan banyaknya lilitan pada belitan stator (N) sehingga besarnya EMF balik dapat dihitung dengan persamaan:

Ketika motor BLDC sudah dibuat, jumlah lilitan pada stator dan besarnya medan magnet yang dihasilkan nilainya sudah dibuat konstan sehingga yang mempengaruhi besarnya EMF balik adalah besarnya kecepatan sudut yang dihasilkan motor, semakin besar kecepatan sudut yang dihasilkan. Perubahan besarnya EMF balik ini mempengaruhi torsi motor BLDC, apabila kecepatan motor yang dihasilkan lebih besar dari tegangan potensial pada belitan stator sehingga arus yang mengalir pada stator akan turun dan torsi pun akan ikut turun, sebagaimana rumus torsi pada BLDC motor menurut persamaan diatas bahwa besarnya torsi yang dihasilkan motor BLDC.

3. Sensor Hall

Komutasi dari motor DC *Brushless* diatur secara elektronik agar motor dapat berputar, stator harus *Energize* secara berurutan dan teratur. Sensor hall inilah yang berperan dalam mendeteksi pada bagian rotor mana yang *Energize* oleh fluks magnet sehingga proses komutasi yang berbeda (enam step komutasi) dapat dilakukan oleh stator dengan tepat karena sensor hall ini dipasang menempel pada stator.

Untuk estimasi posisi rotor, motor ini dilengkapi dengan tiga sensor hall yang ditempatkan setiap 120° L. Dengan sensor ini, ada 6 komutasi yang mungkin berbeda. Pergantian *Fase Power Supply* tergantung pada nilai-nilai sensor hall dengan perubahan kumparan.



Gambar 2.8 Sensor Hall Sinyal Untuk Rotasi Kanan

(Sumber: Azzumar Muhammad, Jurnal Permodelan dan simulasi BLDC motor UI, 2012)

2.6 Sistem *Monitoring* Mobil Listrik

Sistem *Monitoring* mobil listrik merupakan integrasi dari sistem-sistem mekanik dan elektronik. Sistem ini harus selalu melakukan interaksi kepada pengemudi untuk keamanan dan kenyamanan pengemudi. Oleh sebab itu di perlukan sebuah sistem monitoring yang dapat menjadi jembatan atau penghubung antara pengemudi dengan Mobil Listrik yang dapat menampilkan data-data keadaan pada Mobil Listrik dan sebagai media interface yang dapat menjadi acuan bagi pengemudi. [8]

Gambar dibawah ini menjelaskan contoh sistem monitoring pada Mobil Listrik.



Gambar 2.9 Ilustrasi Sistem Monitoring dengan Display (Sumber : S, Lestari, "Sistem Monitoring dan Kontrol Manual pada Mobil Listrik", Politeknik Negeri Sriwijaya 2015)

_

^[8] Sumber: S, Lestari, "Sistem Monitoring dan Kontrol Manual pada Mobil Listrik", Politeknik Negeri Sriwijaya 2015

Hal pokok yang membedakan antara Mobil Listrik dengan mobil biasa, Mobil Listrik tidak memiliki indikator fuel capacity, dalam hal ini adalah kapasitas tangki bahan bakar yang masih tersedia. Pada Mobil Listrik, fuel capacity yang tertera, menunjukan kapasitas energi tenaga baterai yang masih tersedia. Pada sistem ini pula, seluruh komunikasi informasi Mobil Listrik menggunakan komunikasi Serial terintergasi biasanya yang dengan Mikrokontroller yang akan di tampilkan pada sistem display.

2.7 Android

Android merupakan sistem operasi berbasis Linux untuk telepon selular, smart phone, dan komputer tablet. Android adalah platform terbuka bagi para pengembang untuk menciptakan aplikasi mereka sendiri yang bisa di terapkan pada berbagai perangkat mobile^[9]. Android awalnya dikembangkan oleh Android, Inc., dengan dukungan finansial dari Google, yang kemudian membelinya pada tahun 2005. Sistem operasi ini dirilis secara resmi pada tahun 2007, bersamaan dengan didirikannya Open Handset Alliance, konsorsium dari perusahaan-perusahaan perangkat keras, perangkat lunak, dan telekomunikasi yang bertujuan untuk memajukan standar terbuka perangkat seluler.

Android menjadi pilihan bagi perusahaan teknologi yang menginginkan sistem operasi berbiaya rendah, bisa dikustomisasi, dan ringan untuk perangkat berteknologi tinggi tanpa harus mengembangkannya dari awal. Akibatnya, meskipun pada awalnya sistem operasi ini dirancang khusus untuk telepon pintar dan tablet, Android juga dikembangkan menjadi aplikasi tambahan di televisi, konsol permainan, kamera digital, dan perangkat elektronik lainnya. Sifat Android yang terbuka telah mendorong munculnya sejumlah besar komunitas pengembang aplikasi untuk menggunakan kode sumber terbuka ini sebagai dasar proyek pembuatan aplikasi, dengan menambahkan fitur-fitur baru bagi pengguna tingkat lanjut atau mengoperasikan Android pada perangkat yang secara resmi dirilis dengan menggunakan sistem operasi lain.

^[9]Sumber: Moh Nur Lamusu, "Pembuatan Aplikasi Kamus 3 Bahasa Pada Smartphone Android", Universitas Gorontalo, 2014

Android dianggap sebagai platform masa depan yang lengkap, terbuka dan bebas sebagai berikut (Safaat, 2012) :

• Lengkap (*Complete Platform*)

Para desainer dapat melakukan pendekatan yang komprehensif ketika mereka sedang mengembangkan *platform Android*. *Android* merupakan sistem operasi yang aman dan banyak menyediakan *tools* dalam membangun software dan memungkinkan untuk peluang pengembangan aplikasi.

• Terbuka (*Open Source*)

Platform Android disediakan melalui lisensi *open source*. Pengembang dapat dengan bebas untuk mengembangkan aplikasi. *Android* sendiri menggunakan Linux kernel 2.6.

• Bebas (Free Platform)

Android adalah platform atau aplikasi yang bebas develop. Tidak ada lisensi atau biaya royalti untuk dikembangkan pada platform Android. Tidak ada biaya keanggotaan diperlukan. Tidak diperlukan biaya pengujian. Tidak ada kontrak yang diperlukan. Aplikasi untuk Android dapat didistribusikan dan diperdagangkan dalam bentuk apapun.

Seiring dengan pengembangannya, *Android* memiliki berbagai macam versi, antara lain (newbiedroid.blogspot.com):

- *Android* 2.3 2.3.7 (*Gingerbread*)
- Android versi 3.0 -3.2 (Honeycomb)
- *Android* versi 4.0 4.0.4 (*Ice Cream Sandwich*)
- Android versi 4.1 4-3 (Jelly Bean)
- Android versi 4.4 (KitKat)



Gambar 2.10 Logo Manufaktur Android

(Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Android_(sistem_operasi), diakses 12 Juni 2016)

2.8 Aplikasi Pemrograman AppInventor

AppInventor for Android (version v.134) adalah aplikasi yang awalnya disediakan oleh Google dan sekarang di maintenance oleh Massachusetts Institute of Technology (MIT)^[10]. Applnventor memungkinkan semua orang untuk membuat software aplikasi untuk sistem operasi Android. Pengguna dapat menggunakan tampilan grafis GUI dan tampilan drag and drop visual object untuk membuat aplikasi yang akan dijalankan pada sistem operasi Android.

Dalam penggunaannya AppInventor dimulai melalui web-based service pada browser secara online (http://ai2.appinventor.mit.edu) atau offline (local host). Dengan cara mengatur tampilan aplikasi (user interface) pada web GUI (graphical user interface) builder, kemudian menspesifikasikan behavior aplikasi yang ingin anda buat dengan menyusun block yang sesuai.



Gambar 2.11 Tampilan Aplikasi *AppInventor*

(Sumber: M Rifqi Andikasani, "Aplikasi Persebaran Objek Wisata Di Kota Semarang Berbasis Mobile GPS memanfaatkan Smartphone Android"

AppInventor pada dasarnya bekerja secara online melalui browser internet, tetapi diperlukan beberapa software pendukung paket Java untuk membuka block designer, emulator untuk menjalankan aplikasi yang dibuat, dan lainnya.

^[10]Sumber: M Rifai Andikasani, "Aplikasi Persebaran Objek Wisata Di Kota Semarang Berbasis Mobile GPS memanfaatkan Smartphone Android"

2.9 Sensor Arus ACS712

ACS712 adalah sensor arus yang bekerja berdasarkan efek medan. Sensor arus ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul sensor ini telah dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional, sehingga sensitivitas pengukuran arusnya meningkat dan dapat mengukur perubahan arus yang kecil. Sensor ini digunakan pada aplikasi-aplikasi di bidang industri, komersial, maupun komunikasi. Contoh aplikasinya antara lain untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya^[11].

Berikut ini adalah karakteristik dari sensor arus ACS712:

- Memiliki sinyal analog dengan sinyal-ganguan rendah (low-noise)
- Ber-bandwidth 80 kHz
- Total output error 1.5% pada Ta = 25°C
- Memiliki resistansi dalam 1.2 m
- Tegangan sumber operasi tunggal 5.0V
- Sensitivitas keluaran: 66 sd 185 mV/A
- Tegangan keluaran proporsional terhadap arus AC ataupun DC
- Fabrikasi kalibrasi
- Tegangan *offset* keluaran yang sangat stabil
- Hysterisis akibat medan magnet mendekati nol
- Rasio keluaran sesuai tegangan sumber

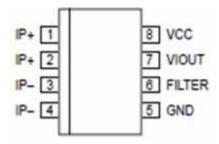


Gambar 2.12 Kemasan dari IC ACS712

(Sumber: https://depokinstruments.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-acs712, diakses 12 Juni 2016)

[11]Sumber: G Novandra, "Prototype KWh Meter Digital" Universitas Sumatera Utara 2015

F 4 4 1



Gambar 2.13 Konfigurasi Pin dari IC ACS712

(Sumber: https://depokinstruments.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-acs712, diakses 12 Juni 2016)

Tabel 2.1 dibawah ini menunjukkan konfigurasi tiap-tiap pin pada IC ACS712 beserta fungsinya.

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin Sensor ACS712

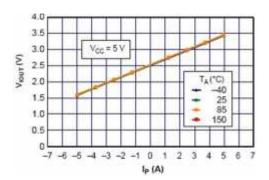
Pin Sensor ACS712	Fungsi		
IP +	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekring di dalamnya		
IP -	Terminal yang mendeteksi arus, terdapat sekring di dalamnya		
GND	Terminal sinyal ground		
FILTER	Terminal untuk kapasitor eksternal yang berfungsi sebagai pembatas bandwith		
VIout	Terminal keluaran sinyalanalog		
Vcc	Terminal masukan catu daya		

Berikut adalah tabel pembacaan dari berbagai tipe IC ACS712 terhadap jangkauan dan sensitivitas pada masing-masing IC ACS712.

Tabel 2.2 Tipe-tipe IC ACS712

Part Number	Ta (°C)	Jangkauan	Sensitivas (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	-40 to 85	±30	66

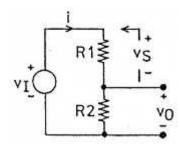
Pada saat tidak ada arus yang terdeteksi, maka keluaran sensor adalah 2,5 V. Dan saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran akan >2,5 V. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan <2,5 V. Berikut adalah grafik perbandingan tegangan keluaran terhadap arus listrik.



Gambar 2.14 Grafik Tegangan Keluaran Sensor ACS712 Terhadap Arus Listrik (Sumber: https://depokinstruments.com/2012/03/29/sensor-arus-listrik-acs712, diakses 12 Juni 2016)

2.10 Voltage Divider

Rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) merupakan rangkaian yang digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komp*on*en aktif. Rangkaian ini dapat dibuat dengan 2 buah resistor, *con*toh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan output VO dari tegangan sumber VI menggunakan resistor pembagi tegangan R1 dan R2 seperti pada gambar berikut^[12].



Gambar 2.15 Rangkaian Dasar Pembagi Tegangan (Sumber: http://elektronika-dasar.web.id/pembagi-tegangan-voltage-divider/)

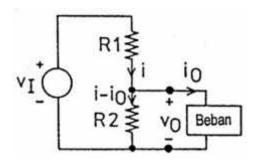
^[12]Sumber: "Pembagi Tegangan", http://elektronika-dasar.web.id/pembagi-tegangan-voltage-divider, diakses 12 Juni 2016

Dari rangkaian pembagi tegangan diatas dapat dirumuskan tegangan output VO. Arus (I) mengalir pada R1 dan R2 sehingga nilai tegangan sumber VI adalah penjumlahan VS dan VO sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V_I = V_S + V_O = i \cdot R_I + i \cdot R_2 \dots (2.1)$$

Nampak bahwa tegangan masukan terbagi menjadi dua bagian (o S v , v), masing-masing sebading dengan harga resistor yang dikenai tegangan tersebut. Sehingga besarnya VO dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$V_O = V_I \cdot \left(\frac{R2}{R1 + R2}\right) \tag{2.2}$$



Gambar 2.16 Rangkaian Pembagi Tegangan Terbebani (Sumber: http://repository.usu.ac.id/Chapter%20II.pdf/, diakses 12 Juni 2016)

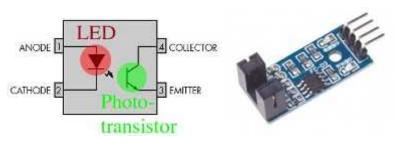
Gambar rangkaian pembagi tegangan diatas memperlihatkan suatu pembagi tegangan dengan beban terpasang pada terminal keluarannya, mengambil arus io dan penurunan tegangan sebesar vo.

2.11 Sensor Optocoupler

Optocoupler adalah komponen elektronika yang berfungsi sebagai penghubung berdasarkan cahaya optik. Pada dasarnya Optocoupler terdiri dari 2 bagian utama yaitu *Transmitter* yang berfungsi sebagai pengirim cahaya optik dan Receiver yang berfungsi sebagai pendeteksi sumber cahaya. [13].

^[13] Sumber: "Optocoupler", http://teknikelektronika.com/pengertian-optocoupler-fungsi-prinsip-kerja-optocoupler/, diakses 14 Juni 2016

Jenis-jenis *Optocoupler* yang sering ditemukan adalah Optocoupler yang terbuat dari bahan Semikonduktor dan terdiri dari kombinasi LED dan Phototransistor. Dalam Kombinasi ini, LED berfungsi sebagai pengirim sinyal cahaya optik (Transmitter) sedangkan Phototransistor berfungsi sebagai penerima cahaya tersebut (Receiver). Jenis-jenis lain dari Optocoupler diantaranya adalah kombinasi LED-Photodiode, LED-LASCR dan juga Lamp-Photoresistor. Dasar rangkaian dan fisik sensor dapat ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.17 Sensor *Optocoupler*

(Sumber: J Purwanto" Rancang Bangun Alat Pengukur Panjang Jalan Menggunakan Sensor Optocoupler Berbasis Mikrokontroler Atmega8" Universitas Sumatera Utara, 2015. Dan "https://softgenie.dk/162-home_default/slot-type-optocoupler-module.jpg" diakses 13 Juni 2016)

Prinsip kerja dari sensor *optocoupler* ini adalah :

- a. Jika antara phototransistor dan LED terhalang maka phototransistor tersebut tidak aktif sehingga output dari kolektor akan berlogika *high*.
- b. Sebaliknya jika antara *phototransistor* dan LED tidak terhalang maka phototransistor akan aktif sehingga outputnya akan berlogika low.

Sensor *Optocoupler* ini dapat digunakan sebagai pencacah pulsa dengan meletakkannya di piringan encoder. Seperti penggunaannya pada Mobil Listrik ini.

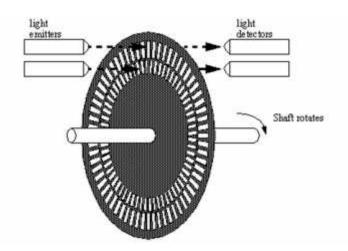
2.12 **Rotary Encoder**

Rotary encoder atau Shaft Encoder adalah suatu perangkat elektromekanik yang digunakan untuk mengkonversi perpindahan angular dari suatu poros menjadi kode-kode analog ataupun digital^[14]. Terdapat dua jenis utama dari

^[14]Sumber: Faqih Akhsani, "Metode Pengukuran Jarak Menggunakan Pengolahan Citra Tunggal Berbantuan Laser Pointer" ITB 2008

Rotary Encoder, yaitu tipe absolute dan tipe incremental. Absolute Rotary Encoder menghasilkan kode yang unik untuk tiap-tiap posisi sudut poros tertentu, sedangkan Incremental Rotary Encoder menghasilkan kode-kode yang bisa diterjemahkan sebagai jarak perpindahan sudut relatif terhadap posisi awal. Dalam tugas akhir ini yang digunakan dalah Rotary Encoder tipe Incremental karena pertimbangan biaya yang murah untuk kecermatan pembacaan yang cukup baik.

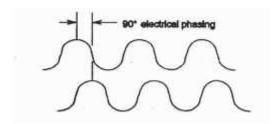
Incremental Encoder bekerja dengan cara menerjemahkan putaran poros Encoder tersebut menjadi sinar cahaya terputus-putus yang selanjutnya diolah menjadi bentuk pulsa-pulsa listrik. Sinar cahaya terputus-putus tersebut dihasilkan dari konstuksi gabungan sumber cahaya, Glass Disk, dan photosensor.



Gambar 2.17 Contoh skema konstruksi bagian dalam *Incremental Rotary Encoder*

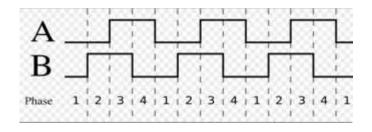
(Sumber: Faqih Akhsani, "Metode Pengukuran Jarak Menggunakan Pengolahan Citra Tunggal Berbantuan Laser Pointer" ITB 2008)

Kosntruksi berpasangan seperti gambar di atas akan menghasilkan dua buah sinyal sinusoidal seperti pada gambar 2.17. Perbedaan fasa sebesar 90 derajat diperoleh dengan cara mengatur posisi relatif dantara kedua photosensor yang ada.



Gambar 2.18 Output sinusoidal dari dua buah photosensor (Sumber: Faqih Akhsani, "Metode Pengukuran Jarak Menggunakan Pengolahan Citra Tunggal Berbantuan Laser Pointer" ITB 2008)

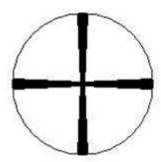
Sinyal tersebut kemudian diubah oleh suatu rangkaian Schmitt Trigger menjadi bentuk pulsa. Gabungan kedua pulsa, yang disebut pulsa A dan B ini kemudian digolongkan ke dalam empat kondisi seperti pada gambar 2.23, sehingga disebut *quadrature outputs*..



Gambar 2.19 Quadrature outputs

(Sumber: Faqih Akhsani, "Metode Pengukuran Jarak Menggunakan Pengolahan Citra Tunggal Berbantuan Laser Pointer" ITB 2008)

2.12.1 Logika Perhitungan RPM



Gambar 2.20 Piringan Encoder 4 Lubang

(Sumber: http://too-payz.blogspot.co.id/2010/10/rpm-motor-dc-menghitung-kecepatan-dalam.html, diakses tanggal 12 Juni 2016)

Ilustrasi pada gambar 2.20 di atas merupakan contoh penggunaan *Rotary Encoder* dengan tipe piringan yang menggunakan lubang atau garis hitam-putih, banyaknya lubang adalah 4 buah lubang maka 1 putaran = 4 lubang. Kasus 1: Interupsi eksternal mendeteksi 2400 lubang dalam waktu 1 menit yang berarti :

1 menit terdeteksi 2400 lubang (Clock lubang), maka

2400 / 4 = 600 putaran atau 600 RPM

Kasus 2: Interupsi eksternal mendeteksi 1800 lubang dalam waktu 30 detik yang berarti :

30 detik = 30/60 = 0.5 menit

1800 / 4 = 450 putaran dalam 30 detik, maka

450 / 0.5 = 900 RPM

Kasus 3: Interupsi eksternal mendeteksi 60 lubang dalam waktu 200 mS yang berarti :

200 mS = 200 / 60000 = 0,0033333 menit

60/4 = 15 putaran dalam 200 mS, maka

15 / 0,0033333 = 4500,045 RPM

Kasus 4: Interupsi eksternal mendeteksi 100 lubang dalam waktu 1 S yang berarti:

1 S = 1 / 60 = 0.016667 menit

100 / 4 = 25 putaran dalam 1 S, maka

25 / 0,016667 = 1.499,97 RPM

Berikut adalah rumus Konversi Rpm ke Kecepatan (Km/Jam):

Kecepatan (Cm/detik) = Rps x 2 x r

Kecepatan (Km/jam) = Kecepatan (Cm/detik) x 0.036

Keterangan:

Rps = Revolutions per second

 $Rpm = Rps \times 60$

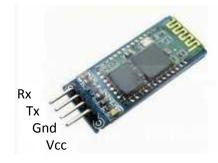
2 = 6.28

r = Jari- jari piringan Encoder

1 Cm/detik = 0.036 Km/Jam

2.13 Modul Bluetooth HC-06

Modul bluetooth HC-06 merupakan salah satu modul bluetooth yang dapat di temukan dipasaran dengan harga yang relative murah. Modul bluetooth HC-06 terdiri dari 6 pin konektor, yang setiap konektor memiliki fungsi yang berbeda^[15].



Gambar 2.21 Modul bluetooth HC-06

(Sumber: http://www.roombatank.com/images/bluetooth.jpg, diakses 14 Juni 2016)

Modul *Bluetooth* HC06 memiliki komunikasi serial UART dalam penerimaan dan pengiriman datanya. *Bluetooth* HC06 memungkinkan dapat berkomunikasi langsung dengan mikrokontroler melalui jalur TX dan RX yang terdapat pada pin out nya. Pada dasarnya, *bluetooth* HC06 hanya dapat dikonfigurasi sebagai slave dan tidak dapat digunakan sebagai master. *Bluetooth* HC06 memiliki spesifikasi dalam penggunaannya antara lain:

- Sensitivitas -80dBm (*Typical*)
- Daya transmit RF sampai dengan +4dBm.
- Operasi daya rendah 1,8V 3,6V I/O.
- Kontrol PIO.
- Antarmuka UART dengan baudrate yang dapat diprogram.

Bluetooth HC06 memiliki command set dalam melakukan perubahan baud rate, nama Bluetooth, perubahan password dan yang lainnya dengan memanfaatkan jalur TX dan RX. Konfigurasi dilakukan pada pc dengan menggunakan hyper terminal dan Bluetooth yang sudah terkoneksi dengan PC (personal computer) yang telah melalui rs232.

^[15] Sumber: Sudarma, Darwin. "Rancang Bangun Kendali Lampu On/Off dengan Smartphone Android Via Bluetooth" Universitas Tanjungpura, 2014

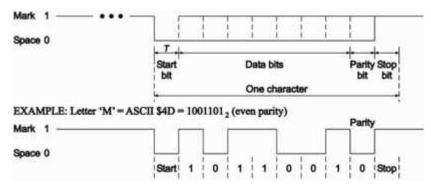
2.14 Komunikasi Serial

Komunikasi serial (*serial communication*) merupakan komunikasi antar perangkat yang pengiriman datanya per-bit secara berurutan dan bergantian. Komunikasi ini mempunyai suatu kelebihan yaitu hanya membutuhkan satu jalur dan kabel yang sedikit dibandingkan dengan komunikasi paralel. Pada prinsipnya komunikasi serial merupakan komunikasi dimana pengiriman data dilakukan per bit sehingga lebih lambat dibandingkan komunikasi parallel, atau dengan kata lain komunikasi serial merupakan salah satu metode komunikasi data di mana hanya satu bit data yang dikirimkan melalui seuntai kabel pada suatu waktu tertentu^[16].

Terdapat dua jenis komunikasi serial yang digunakan pada mikrokontroler, yaitu komunikasi *asynchronous* dan komunikasi *synchronous*. Perbedaanya terletak pada sistem pembangkit *clock* atau *timer* yang digunakan.

2.14.1 Komunikasi Asynchronous

Disebut komunikasi asinkron atau tidak sinkron karena data yang dikirim (transmitted) dan data yang diterima (received) tidak tersinkronisasi melalui suatu waktu yang sama. Masalah mendasar terletak pada cara membagi aliran data menjadi bit individu dan bagaimana kemudian merekonstruksi data asli. Format data pada data link seri ini sebenarnya sederhana, dan ditunjukkan pada Gambar di bawah ini. Data dikelompokkan dan ditransfer dalam karakter, di mana satu karakter adalah unit yang terdiri dari 7 atau 8 bit informasi ditambah 2 sampai 4 bit control.

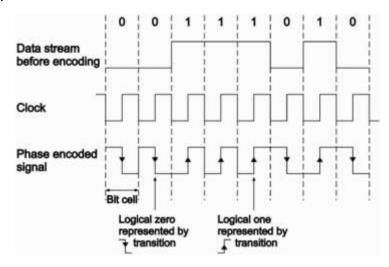


Gambar 2.22 Komunikasi Serial Asynchronous

[16] Sumber: "Serial Communications", http://www.electronics.dit.ie/staff/tscarff/serial_comms/serial_comms.htm, diakses pada 15 Juni 2016

2.14.2 Komunikasi Synchronous

Sebelumnya telah dijelaskan jenis komunikasi *asynchronous* dimana pada sistem transmisi banyak digunakan untuk perangkat dengan prosesor yang relatif lambat seperti *printer* dan terminal. Komunikasi sinkron lebih populer. Pada transmisi data serial sinkron, informasi yang ditransmisikan terus menerus tanpa kesenjangan antara kelompok yang berdekatan dari bit. Pengiriman data sinkron sering digunakan untuk mengirimkan seluruh blok data, bukan karakter ASCII-dikodekan.



Gambar 2.23 Komunikasi Serial Synchronous