

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Robot Bawah Air

Robot bawah air adalah salah satu tipe robot yang aplikasinya ditujukan untuk melakukan kegiatan observasi di bawah air. Secara umum robot bawah air di kelompokkan atas dua jenis yaitu AUV (*Autonomous Underwater Vehicle*) dan ROV (*Remotely Operated Vehicle*). AUV adalah jenis robot bawah air yang bersifat *autonomous* (otonom), robot dapat bergerak dan melakukan kegiatan sendiri, berdasarkan program yang telah ditanamkan di dalam chip-nya. Hal ini ditunjang dengan dukungan dari sensor-sensor yang disertakan pada robot tersebut. Sedangkan ROV adalah robot bawah air yang dikendalikan oleh operator dalam pengoperasiannya, dan didukung oleh perangkat kendali (*remote kontrol*) dalam pengoperasiannya. Robot pendeteksi metal di air tawar termasuk jenis robot ROV. Robot penyelam adalah robot yang mampu bergerak di dalam air. Gerakan yang dapat dilakukan adalah naik dan turun/menyelam. Gerakan ke atas timbul akibat adanya gaya dorong dari putaran *propeller*, sedangkan untuk gerak menyelam disebabkan oleh berat beban dari robot. Kemampuan robot ROV dapat lebih ditingkatkan dan akan menjadi lebih fungsional apabila robot tersebut dilengkapi dengan kamera, pendeteksi logam, dan juga lampu sebagai pencahayaan di bawah air.¹

2.1.1 Power Supply

Power Supply atau dalam bahasa Indonesia disebut dengan Catu Daya adalah suatu alat listrik yang dapat menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. Pada dasarnya Power Supply atau Catu daya ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya.

¹ Gitakarna, Made Santo, dkk. 2014. Alat bantu survey bawah air menggunakan Amoba, Robot berbasis ROV. Jurnal Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Singaraja.

Power Supply adalah sebagai alat atau perangkat keras yang mampu menyuplai tenaga atau tegangan listrik secara langsung dari sumber tegangan listrik ke tegangan listrik yang lainnya. Power supply memiliki input dari tegangan yang berarus alternating current (AC) dan mengubahnya menjadi arus direct current (DC) lalu menyalurkannya ke berbagai perangkat keras. Karena memang arus direct current (DC)-lah yang dibutuhkan untuk perangkat keras agar dapat beroperasi, direct current biasa disebut juga sebagai arus yang searah sedangkan alternating current merupakan arus yang berlawanan. Berdasarkan fungsinya, Power supply dapat dibedakan menjadi Regulated Power Supply, Unregulated Power Supply dan Adjustable Power Supply.

- Regulated Power Supply adalah Power Supply yang dapat menjaga kestabilan tegangan dan arus listrik meskipun terdapat perubahan atau variasi pada beban atau sumber listrik (Tegangan dan Arus Input).
- Unregulated Power Supply adalah Power Supply tegangan ataupun arus listriknya dapat berubah ketika beban berubah atau sumber listriknya mengalami perubahan.
- Adjustable Power Supply adalah Power Supply yang tegangan atau Arusnya dapat diatur sesuai kebutuhan dengan menggunakan Knob Mekanik. Terdapat 2 jenis Adjustable Power Supply yaitu Regulated Adjustable Power Supply dan Unregulated Adjustable Power Supply.

Power Supply juga dapat dibedakan menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah DC Power Supply, AC Power Supply, Switch Mode Power Supply, Programmable Power Supply, Uninterruptible Power Supply, High Voltage Power Supply.² Pada robot pendeteksi logam ini menggunakan 2 power supply jenis Switch Mode Power Supply DC output 12V 3A dan 12V 10A, dibawah ini merupakan gambarnya:

² <http://teknikelektronika.com/pengertian-power-supply-jenis-catu-daya/> diakses 10 Juni 2015 Pk. 20:30



Gambar 2.1 Switch Mode Power Supply DC output 12V 3A

(Sumber: <http://img-asia.electrocomponents.com> diakses 10 Juni 2015 Pk. 20:45)



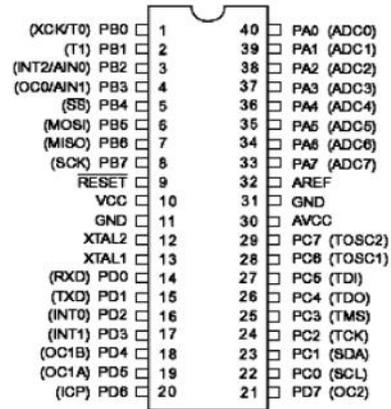
Gambar 2.2 Switch Mode Power Supply DC output 12V 10A

(Sumber: <http://img-asia.electrocomponents.com> diakses 10 Juni 2015 Pk. 20:49)

2.1.2 Mikrokontroler ATmega16

Mikrokontroler berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali bagi perangkat lain. Untuk memenuhi kebutuhan memori program yang cukup besar, maka digunakan mikrokontroler ATmega16. ATmega16 memiliki 32 pin

yang digunakan untuk *input/output*, pin-pin tersebut terdiri dari 8 pin sebagai port A. 8 pin sebagai port B. 8 pin sebagai port C. 8 pin sebagai port D. Dalam komunikasi serial, maka hanya port D yang dapat digunakan karena fungsi khusus yang dimilikinya, berikut adalah gambar 40 pin ATmega 16:



Gambar 2.3 40 Pin ATmega 16

(Sumber: Putra, Afgianto Eko. 2010. ATmega 16 dan Bascom AVR. Modul-1)

Pin-pin pada ATmega16 dengan kemasan 40-pin DIP (*dual inline package*) ditunjukkan oleh gambar 2.1. Untuk memaksimalkan performa, AVR menggunakan arsitektur *Harvard* (dengan memori dan bus terpisah untuk program dan data).

ATmega16 mempunyai empat buah port yang bernama *PortA*, *PortB*, *PortC*, dan *PortD*. Keempat port tersebut merupakan jalur *bidirectional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu DDxn, PORTxn, dan PINxn. Huruf 'x' mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit DDxn terdapat pada I/O address DDRx, bit PORTxn terdapat pada I/O address PORTx, dan bit PINxn terdapat pada I/O address PINx. Bit DDxn dalam register DDRx (*Data Direction Register*) menentukan arah pin. Bila DDxn diset 1 maka Px berfungsi sebagai pin output. Bila DDxn diset 0 maka

Px berfungsi sebagai pin input. Bila PORTxn diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin input, maka resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*, PORTxn harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin output. Pin port adalah *tri-state* setelah kondisi reset. Bila PORTxn diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 1. Dan bila PORTxn diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin output maka pin port akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi port dari kondisi *tri-state* (DDxn=0, PORTxn=0) ke kondisi *output high* (DDxn=1, PORTxn=1) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* (DDxn=0, PORTxn=1) atau kondisi *output low* (DDxn=1, PORTxn=0).

Biasanya, kondisi *pull-up enabled* dapat diterima sepenuhnya, selama lingkungan impedansi tinggi tidak memperhatikan perbedaan antara sebuah *strong high driver* dengan sebuah *pull-up*. Jika ini bukan suatu masalah, maka bit PUD pada register SFIOR dapat diset 1 untuk mematikan semua *pull-up* dalam semua port. Peralihan dari kondisi *input dengan pull-up* ke kondisi *output low* juga menimbulkan masalah yang sama. Kita harus menggunakan kondisi *tri-state* (DDxn=0, PORTxn=0) atau kondisi *output high* (DDxn=1, PORTxn=0) sebagai kondisi transisi.

Kemudian terdapat Timer atau Counter adalah fasilitas dari ATmega16 yang digunakan untuk perhitungan pewaktuan. Beberapa fasilitas *channel* dari timer counter antara lain: *counter channel* tunggal, pengosongan data timer sesuai dengan data pembanding, bebas *-glitch*, tahap yang tepat *Pulse Width Modulation (PWM)*, pembangkit frekuensi, *event counter external*.³

2.1.3 Bahasa Pemrograman pada Mikrokontroler

Pemrograman mikrokontroler AVR (ATmega 16) menggunakan beberapa bahasa program seperti bahasa basic, C atau assembler. Untuk bahasa basic yang digunakan pada robot pendeteksi logam di air tawar yaitu software BASCOM-AVR.

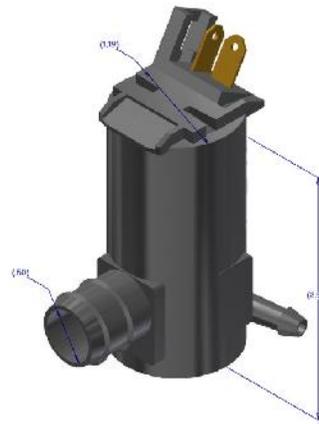
³ Putra, Afgianto Eko. 2010. ATmega 16 dan Bascom AVR. Modul-1

BASCOM-AVR merupakan singkatan dari Basic Compiler AVR. BASCOM-AVR termasuk dalam program mikrokontroler buatan MCS *Electronics* yang mengadaptasi bahasa tingkat tinggi yang sering digunakan (Bahasa Basic). BASCOM-AVR (*Basic Compiler*) merupakan *software compiler* dengan menggunakan bahasa *basic* yang dibuat untuk melakukan pemrograman chip-chip mikrokontroler tertentu, salah satunya ATmega 16 BASCOM-AVR adalah program basic compiler berbasis windows untuk mikrokontroler keluarga AVR seperti ATmega 16, ATmega 8535 dan yang lainnya. BASCOM AVR merupakan pemrograman dengan bahasa tingkat tinggi. BASIC yang dikembangkan dan dikeluarkan oleh AVR electronic. Program ini digunakan dalam pengisian mikrokontroler. Kompiler ini cukup lengkap karena dilengkapi simulator untuk LED, LCD, dan monitor untuk komunikasi serial. Selain itu bahasa BASIC jauh lebih mudah dipahami dibandingkan dengan bahasa pemrograman lainnya.

Dengan menggunakan bahasa pemrograman tingkat tinggi, maka pemrograman mendapatkan banyak kemudahan dalam mengatur sistem kerja dari mikrokontroler.

2.1.4 Motor DC Brushless

Motor DC berfungsi mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanis dimana gerak tersebut berupa putaran dari motor. Motor DC pada saat ini digunakan pada industri yang memerlukan gerakan dengan kepresisian yang tinggi untuk pengaturan kecepatan pada torsi yang konstan. Pada robot pendeteksi logam ini menggunakan motor DC brushless jenis waterpump yang sering digunakan pada pompa air, berikut ini adalah gambar dari motor DC brushless waterpump yang digunakan:



Gambar 2.4 Motor DC Pompa Air

(Sumber: <http://store.amequipment.com> diakses 29 Mei 2015 Pk. 15:20)

Motor DC berfungsi mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanis dimana gerak tersebut berupa putaran dari motor. Prinsip dasar dari motor arus searah adalah bila sebuah kawat berarus diletakkan diantara kutub magnet (U-S), maka pada kawat itu akan bekerja suatu gaya yang menggerakkan kawat itu. Motor DC mempunyai dua bagian dasar yaitu :

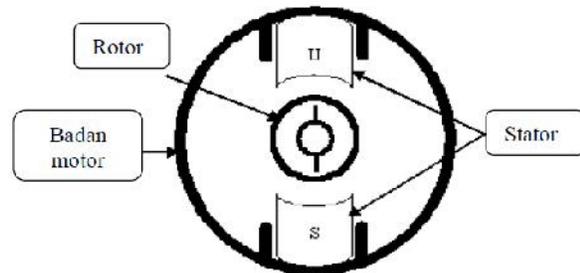
1. Bagian diam/tidak berputar (Stator)

Stator ini menghasilkan medan magnet, baik yang dibangkitkandari sebuah koil (elektromagnetik) atau magnet permanen. Bagian stator terdiri dari bodi motor yang memiliki magnet yang melekat padanya. Untuk motor kecil, magnet tersebut adalah magnet permanen sedangkan untuk motor besar menggunakan elektromagnetik. Kumparan yang dililitkan pada lempeng-lempeng magnet disebut kumparan medan.

2. Bagian berputar (Rotor)

Rotor ini berupa sebuah koil dimana arus listrik mengalir. Suatu kumparan motor akan berfungsi apabila mempunyai Kumparan medan, berfungsi sebagai penghasil medan magnet. Kumparan jangkar, berfungsi sebagai pembangkit GGL pada konduktor yang terletak pada laur-alur jangkar. Celah

udara yang memungkinkan berputarnya jangkar dalam medan magnet.⁴
Dibawah ini merupakan gambar bagian motor DC:



Gambar 2.5 Bagian-bagian Motor DC

(Sumber: Fauzi, Muhammad Nurul. 2009. *Sistem Navigasi Pada Wahana Bawah Air Tanpa Awak*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember)

2.1.5 Kamera

Kamera adalah alat paling populer dalam aktivitas fotografi. Nama ini didapat dari *camera obscura*, bahasa latin untuk “ruang gelap”, yang belum dilengkapi dengan film untuk menangkap gambar atau bayangan.

Untuk keperluan melihat keadaan dibawah air, maka dibutuhkanlah kamera pada robot penyelam ini. Kamera yang digunakan adalah jenis kamera yang akan dibuat sedemikian rupa sehingga kamera tersebut menjadi waterproof. Untuk keperluan pengubahan sudut pandang kamera, diperlukan aktuator yang dapat bergerak dalam ukuran sudut tertentu. Oleh karena itu, sebagai aktuator kamera digunakan motor servo, motor ini akan mengarahkan sudut pandang atau posisi kamera pada sudut tertentu. Terdapat dua sudut pandang kamera yang harus diatur oleh aktuator kamera yaitu posisi kamera normal dan posisi kamera mengarah ke objek. Sudut pandang normal adalah sudut pandang ketika robot beroperasi dalam fungsi untuk monitoring dan hanya melakukan pergerakan normal. Sedangkan sudut pandang mengarah ke objek digunakan pada saat

⁴ Fauzi, Muhammad Nurul. 2009. *Sistem Navigasi Pada Wahana Bawah Air Tanpa Awak*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

melakukan suatu pengamatan (*observation*) objek.⁵ Dibawah ini merupakan gambarnya:



Gambar 2.6 Kamera JMK JK 307A.

Kamera berfungsi merekam adegan disekitarnya. Cara kerjanya menangkap setiap adegan dan kemudian mengirimkan keadaan yang sesungguhnya saat itu juga atau yang biasa disebut dengan siaran langsung dengan cara mengirimkan data adegan tersebut ke *remote control* yang memiliki tampilan LCD ataupun PC sebagai penerima data adegan tersebut yang dikirim dalam bentuk data, perekaman yang dikirim akan langsung ditampilkan oleh LCD, PC, Pengiriman tersebut bertujuan dengan menggunakan gelombang radio untuk berkomunikasi, kamera ini juga bersifat dapat menangkap gambar dan sekaligus suara. Kamera ini sangat cocok digunakan untuk kegiatan mengamati suatu objek atau untuk alasan keamanan dan kegiatan memata-matai.

Kamera memiliki bermacam-macam jenis, kamera dapat dilihat dari segi reproduksi gambarnya terdiri dari kamera hitam putih dan kamera berwarna. Dilihat dari segi operasionalnya terdiri dari kamera EEP (*Electronic Field Production*) dan kamera ENG (*Electronic News Gathering*), sedangkan dilihat dari prosesnyakamera juga dibagi menjadi kamera elektronik dan kamera film. Kamera elektronik menangkap bayangan semu dari suatu objek untuk menjadi

⁵ Gitakarna, Made Santo, dkk. 2014. Alat bantu survey bawah air menggunakan Amoba, Robot berbasis ROV. Jurnal Sains dan Teknologi, Fakultas Teknik Singaraja.

sinyal listrik, sedangkan kamera film menangkap bayangan objek untuk direkam dalam bentuk sebuah film.

Untuk merekam hasil dari kamera ini bisa menggunakan *Portable Harddisk DVR* atau *Standalone DVR*. Atau Jika ingin merekamnya ke dalam komputer atau laptop, bisa menggunakan *USB TV Tuner* atau *USB DVR*.

2.1.6 Remote Control

Remote kontrol terbagi dalam dua bagian yaitu remote kontrol jarak jauh dan remote kontrol jarak dekat. Sebuah remote control jarak dekat adalah komponen dari sebuah perangkat elektronik yang paling sering di gunakan pada televisi, DVD player, atau home theater maupun sound system radio tape keluaran baru. Awalnya digunakan untuk mengoperasikan perangkat nirkabel dari jarak pendek. Remote control telah terus-menerus berkembang dan maju selama beberapa tahun terakhir untuk menyertakan konektivitas Bluetooth, sensor gerak-enabled kemampuan dan kontrol suara.

Umumnya remote kontrol adalah perangkat Consumer infra red digunakan untuk mengeluarkan perintah dari jarak dekat untuk televisi atau barang elektronik lainnya seperti radio tape, pemutar DVD, AC dan dimmer. Remote kontrol untuk perangkat ini biasanya benda genggam nirkabel kecil dengan berbagai tombol untuk menyesuaikan berbagai pengaturan seperti saluran televisi, nomor trek, dan volume. Bahkan, untuk sebagian besar perangkat modern.

Remote control dengan gelombang radio memiliki jarak jangkauan yang lebih jauh. Jenis atau spesifikasi antenna akan mempengaruhi kemampuan menerima dan mengirim gelombang radio. Bahkan jaraknya bisa diatur hingga ke jarak yang sangat jauh.⁶ Pada robot pendeteksi logam di air tawar berbasis mikrokontroler ATMega 16 menggunakan *remote control* jenis HobbyKing 2.4Ghz 6CH Tx & Rx V2 (Mode 2) Hobbykings sistem T6A 2.4GHz adalah entry level transmitter menawarkan keandalan teknologi sinyal 2.4Ghz dan receiver dengan 6 saluran. Pemancar ini membutuhkan PC untuk memodifikasi salah satu

⁶ Rumagit,F.D, dkk. 2012. Perancangan Sistem Switching 16 Lampu Secara Nirkabel Menggunakan Remote Control. Jurnal Teknik Elektro-FT. UNSRAT, Manado.

variabel channel termasuk pencampuran dan membalikkan putaran servo. Bentuk dari HK T6A V2 6CH 2.4Ghz ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.7 Remote Control

2.1.7 Motor Servo

Motor servo pada dasarnya adalah motor DC Magnet Permanen dengan kualifikasi khusus yang sesuai dengan aplikasi “*Servoing*” di dalam teknik kontrol. Motor DC (*Direct Current*) adalah peralatan elektromagnetik dasar yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik menjadi tenaga mekanik yang desain awalnya diperkenalkan oleh Michael Faraday lebih dari seabad yang lalu.

Tidak ada spesifikasi baku yang disepakati untuk menyatakan bahwa suatu motor DC Magnet Permanen adalah motor servo. Namun secara umum dapat didefinisikan bahwa motor servo harus memiliki kemampuan yang baik dalam mengatasi perubahan yang sangat cepat dalam hal posisi, kecepatan dan akselerasi. Motor servo juga dikehendaki handal beroperasi dalam lingkup torsi yang berubah-ubah.

Beberapa tipe motor servo yang dijual bersama dengan paket rangkaian driver-nya telah memiliki rangkaian kontrol kecepatan yang menyatu didalamnya. Putaran motor tidak lagi berdasarkan tegangan supply ke motor, namun berdasarkan tegangan input khusus yang berfungsi sebagai referensi kecepatan output.

Motor servo pada dasarnya mempunyai sistem close loop sehingga dapat mempertahankan horn pada posisinya. Motor servo terdiri dari sebuah motor DC kecil, sistem kombinasi gear yang berfungsi mengatur kecepatan motor DC, sebuah potensiometer, dan sebuah rangkaian controller. Secara umum motor servo terdiri atas dua jenis, yaitu: Motor Servo Standar 180° dan Motor Servo Continuous.

- Motor Servo Standar 180° adalah motor servo yang mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) dengan defleksi masing-masing sudut mencapai 90° sehingga total defleksi sudut dari kanan-tengah-kiri adalah 180°.
- Motor Servo Continuous adalah motor servo yang mampu bergerak dua arah (CW dan CCW) tanpa batasan defleksi sudut putar sehingga dapat bergerak sampai satu putaran penuh sebesar 360°.

Pada robot pendeteksi logam ini kami menggunakan Motor Servo Standar 180°, dibawah ini merupakan gambar dari Motor Servo Standar 180°:



Gambar 2.8 Motor Servo

(Sumber: www.servodatabase.com diakses 20 Mei 2015 Pk. 08:15)

2.2 Metal Detector

Metal Detector adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mendeteksi jejak logam. Pada awal tahun 1919 metal detector digunakan untuk mencari bom yang belum meledak di Perancis setelah perang dunia pertama. Menjelang akhir abad ke-19, banyak ilmuwan dan insinyur menggunakan pengetahuan mereka berkembang teori listrik dalam upaya untuk merancang sebuah mesin yang akan menentukan logam. Mesin awal yang diciptakan

menggunakan banyak daya baterai, dan bekerja hanya pada tingkat yang sangat terbatas. Alexander Graham Bell menggunakan alat tersebut untuk mencoba untuk menemukan peluru bersarang di dada Presiden Amerika James Garfield pada tahun 1881.

Secara umum detector adalah peranti untuk mengetahui sesuatu yang tersembunyi seperti logam dalam tanah ataupun didalam air, yang tidak tampak oleh indera manusia seperti radiasi dan pancaran partikel yang terlalu jauh untuk di lihat oleh indera manusia. Detector hanya ada pada bagian depan alat yang akan mengumpukan isyarat ke induk alat apabila dikenai suatu masukan. Metal detector adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi semua jenis metal. Cara kerjanya adalah dengan menggunakan gelombang electromagnet. Apabila terjadi perubahan gelombang yang tidak sesuai, maka akan di baca sebagai metal yang mengganggu.

Metal detector adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi semua jenis metal. Cara kerjanya adalah dengan menggunakan gelombang electromagnet, umumnya metal detector yang sering digunakan untuk tujuan pengamanan menggunakan frekuensi sangat rendah atau teknologi VLF (*Very Low Frequency*). Prinsip kerja metal detector adalah gelombang electromagnet yang membentuk medan electromagnet pada satu atau beberapa koil. Ada beberapa buah koil yang dimanfaatkan sebagai pemancar gelombang dan penerima gelombang, dimana pada kondisi standart, gelombang yang diterima mempunyai standart tertentu dan ini yang biasa disebut *balance* pada metal detector. Jika benda logam melewati metal detector, maka gelombang yang ada menjadi terganggu dan standart wave analyzer akan memberitahukan bahwa ada ketidak seimbangan gelombang. Metal detector memberitahu kita bahwa ada benda bersifat logam yang lewat.

Untuk logam yang mempunyai sifat magnetic metal, medan electromagnet yang diterima receiver akan bertambah. Sedangkan logam yang bersifat non magnetic metal, maka medan electromagnet yang diterima receiver akan berkurang.

Rangkaian metal detector menggunakan prinsip kerja radio AM (*Amplitude Modulation*) dalam mendeteksi logam. Rangkaian metal detector ini

terdiri dari *oscillator*, *Transmitter-Receiver TX/RX 2B*, *Optocoupler*, *Coil* dan *buzer*. Dibawah ini merupakan gambar dari rangkaian metal detector:



Gambar 2.9 Metal Detector

2.2.1 Klasifikasi Jenis Logam

Ilmu logam adalah suatu pengetahuan tentang logam-logam yang menjelaskan tentang sifat-sifat, struktur, pembuatan, pengerjaan dan penggunaan dari logam. Dalam penggunaan dan pemakaian pada umumnya, logam tidak merupakan logam murni melainkan logam paduan. Logam murni dalam pengertian ini adalah logam yang tidak dicampur dengan unsur lainnya atau pengertian lain yaitu yang diperoleh dari alam (hasil tambang) dalam keadaan murni dengan kadar kemurnian 99,99 %. Dengan memadukan dua logam atau lebih dapat diperoleh sifat-sifat yang lebih baik dari pada logam aslinya. Memadukan dua logam yang lemah dapat diperoleh logam paduan yang kuat dan keras. Misalnya tembaga dan timah, keduanya adalah logam yang lunak, bila dipadukan menjadi logam yang keras dan kuat dengan nama perunggu. Besi murni adalah bahan yang lunak sedangkan zat arang (bukan logam) adalah bahan yang rapuh, paduan besi dengan zat arang menjadi baja yang keras dan liat. Berikut ini merupakan klasifikasi jenis logam:

1. Logam Ferro (Logam Besi)

Logam ferro adalah suatu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi. Untuk menghasilkan suatu logam paduan yang mempunyai 2 sifat yang berbeda dengan besi dan karbon maka dicampur dengan bermacam logam lainnya. Logam adalah elemen kerak bumi (mineral) yang terbentuk secara alami. Jumlah logam diperkirakan 4% dari kerak bumi. Logam dalam bidang keteknisian adalah besi. Biasanya dipakai untuk konstruksi bangunan-bangunan, pipa-pipa, alat-alat pabrik dan sebagainya. Contoh dari logam yang sudah memiliki sifat-sifat penggunaan teknis tertentu dan dapat diperoleh dalam jumlah yang cukup adalah besi, tembaga, seng, timah, timbel nikel, aluminium, magnesium. Kemudian tampil logam-logam lain bagi penggunaan khusus dan paduan, seperti emas, perak, platina, iridium, wolfram, tantal, molybdenum, titanium, vokal, anti monium (metalloid), khrom, vanadium, beryllium, dan lain-lain. Yang dimaksud besi dalam bidang keteknisian adalah besi teknis, bukan besi murni, karena besi murni (Fe) tidak memenuhi pernyataan teknik, persyaratan teknik adalah kekuatan bahan, keuletan, dan ketertahanan terhadap pengaruh luar (korosi, aus, bahan kimia, suhu tinggi dan sebagainya).

Besi teknis selalu tercampur dengan unsure-unsur lain misalnya karbon (C), silicon (Si), mangan (Mn), Fosfor (P), dan belerang (S). Unsur-unsur tersebut harus dalam kadar tertentu, sesuai dengan sifat-sifat yang dikehendaki, secara garis besar besi teknik terbagi menjadi :

- Besi kasar : kadar karbon lebih besar dari 3,5%, tidak dapat ditempa.
- Besi : kadar karbon lebih besar dari 2,5%, tidak dapat ditempa.
- Baja : kadar karbon kurang dari 1,7%, dapat ditempa.

Tabel 2.1 Rekomendasi pemakaian jenis dan klasifikasi logam

No	Klasifikasi	Jenis	Bentuk	Pemakaian Contoh Dalam Bangunan
1	Logam mulia	Emas, perak	Batangan	Aksesoris, interior, rantai jangkar,

		dsb.		kait keran, dan landasan kerja pelat.
2	Logam setengah mulia	Air raksa	Cair	Patri
3	Logam biasa berat >30 kg/dm ³	Nikel, kobalt	Butiran, batangan	Campuran baja, konstruksi luar beton
4	Logam biasa ringan <30 kg/dm ³	Besi tuang Plumbum(timah hitam)	Plat blok	Pengunci, pengantung landasan isolasi, meja perata, badan ragum, bagian-bagian mesin bubut, blok silinder dan cincint torak.
5	Logam campuran	Baja Kuningan	Plat, profil, batangan, tempa, gelombang plat, blok	Hubungan dak standar dengan atap, kuda-kuda bangunan, jembatan, neraca, tulangan beton, dinding, lantai, Penggantung, kunci, kran, mur, sekrup, pipa, kikir, pahat, gergaji, tap, stempel, rel baja dan alat mesin bubut.

Tabel 2.2 Sifat-sifat baja dapat dipengaruhi oleh campuran logam yang lain

Campuran logam	Pengaruh terhadap sifat-sifat baja	
	Menambah	Mengurangi
Karbon (C)	Kekokohan, kekerasan, sifat pengerasan	Titik lebur, keuletan, regangan sifat mengelas dan menempa
Silisium (si)	Menambah elastisitas, kekokohan, kekerasan dan daya tahan karat	Sifat mengelas
Fosfor (P)	Leburan encer	Rengangan dan daya kekuatan pukul
Sulfur (S)	Lebaran kental, serpihan mudah patah	Daya kekuatan pukul

Mangan (mn)	Kekerasan, kekokohan, daya kekuatan pukul dan daya keausan	Sifat membuat serpih
Nikel (ni)	Keuletan regangan, kekokohan, daya tahan karat, tahan listrik dan suhu tinggi	Pegangan oleh suhu tinggi
Khrom (cr)	Kekerasan, kekokohan, daya tahan karat, suhu tinggi dan ketajaman	Regangan
Varadium (V)	Daya tahan lama, kekerasan dan keuletan	Daya tahan suhu tinggi
Molibdenium (mo)	Kekerasan daya tahan lama	Regangan dan sifat menempa
Kobalt (co)	Kekerasan, ketajaman	Keuletan mengurangi daya tahan suhu tinggi
Wolfram (W)	Kekerasan, kekokohan, daya tahan karat, suhu tinggi dan ketajaman	Regangan

Tabel 2.3 Macam-macam logam ferro dan kegunaannya

Nama	Komposisi	Sifat	Penggunaan
Besi tuang	Campuran besi dan karbon (4%)	Rapuh, tidak dapat di tempa baik untuk dituang sukar diles	Alas mesin, badan ragum, bagian-bagian mesin bubut, blok silinder, cincin perak, meja datar
Besi tempa	Campuran besi murni (99%) sedikit besi rongsokan	Dapat ditempa, liat, tidak dapat diruang	Kait keran, landasan kerja plat, rantai jangkar
Baja lunak	Campuran besi dan karbon (0,1%-0,3%)	Dapat ditempa, liat	Mur, baut, pipa baja, sekrup

Baja karbon sedang	Campuran besi dan karbon (0,4%-0,6%)	Lebih kenyal	Poros, rel baja, paron
Baja karbon tinggi	Campuran besi dan karbon (0,7%-1,5%)	Dapat ditempa, dapat disepuh, mudah ditempa	Perlengkapan mesin bubut, perlengkapan mesin frais, kikir, gergaji, pahat, tap, stempel, mistar besi.
Baja cepat tinggi (HSS-High speed steel)	Baja karbon tinggi ditambah nikel/ kobalt, khrom / tungken	Rapuh, dapat disepuh, keras, dapat dimudahkan, tahan suhu tinggi	Mesin bubut, mesin frals, mesin bor, dll

2. Logam Non Ferro

Logam Non-Ferro (Non-Ferrous Metal) ialah jenis logam yang secara kimiawi tidak memiliki unsur besi atau Ferro (Fe), oleh karena itu logam jenis ini disebut sebagai logam bukan Besi (non Ferro). Beberapa dari jenis logam ini telah disebutkan dimana termasuk logam yang banyak dan umum digunakan baik secara murni maupun sebagai unsur paduan. Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi terutama dalam pengolahan bahan logam, menjadikan semua jenis logam digunakan secara luas dengan berbagai alasan, mutu produk yang semakin ditingkatkan, kebutuhan berbagai peralatan pendukung teknologi serta keterbatasan dari ketersediaan bahan-bahan yang secara umum digunakan dan lain-lain.

Logam non Ferro ini terdapat dalam berbagai jenis dan masing-masing memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda secara spesifik antara logam yang satu dengan logam yang lainnya. Keberagaman sifat dan karakteristik dari logam Non Ferro ini memungkinkan pemakaian secara luas baik digunakan secara murni atau pun dipadukan antara logam non ferro bahkan dengan logam Ferro untuk mendapatkan suatu sifat yang baru yang berbeda dari sifat asalnya. Adapun macam-macam logam non ferro adalah Tembaga, Copper, Cuprum (Cu), Mangan, Manganese (Mn), Nikel, Nickolium (Ni),

Uranium(U), Alumunium (Al), Magnesium(Mg), Kobalt (Co), Timah Putih, Tin, Stannum (Sn), Timah Hitam, Lead, Timbal, Plumbum (Pb), Wolfrom, Tungsten (W), Seng, Zincum (Zn), Khrom, Chromium (Cr), Boron (B), Cadmium (Cd), Iridium (Ir), Platinum (Pt). Tabel berikut ini merupakan beberapa contoh dari logam non ferro:

Tabel 2.4 Contoh logam non ferro

Jenis	Sifat	Kegunaan
<i>Tembaga (Cu)</i>	Warna coklat kemerah-merahan, dapat ditempa, liat, baik untuk penghantar panas, listrik, dan kukuh.	suku cadang bagian listrik, radio penerangan, dan alat-alat dekorasi.
<i>Alumunium (Al)</i>	Warna biru putih, dapat ditempa, liat, bobot ringan, penghantar panas dan listrik yang baik mampu dituang.	peralatan masak, elektronik, industri mobil, dan industri pesawat terbang.
<i>Timbel (Pb)</i>	Warna biru kelabu, dapat ditempa, sangat liat, tahan korosi, air asam, dan bobot sangat berat.	bahan pembuat kabel, baterai, bubungan atap, dan bahan pengisi.
<i>Timah (Sn)</i>	Warna bening atau perak, sifatnya dapat ditempa, liat, dan tahan korosi.	pelapis bahan lembaran baja lunak (pelat timah) dan industri pengawetan.

2.2.2 Oscillator

Oscillator atau Osilator adalah suatu rangkaian yang menghasilkan keluaran yang amplitudonya berubah-ubah secara periodik dengan waktu. Osilator merupakan piranti elektronik yang menghasilkan keluaran berupa isyarat tegangan. Bentuk isyarat tegangan terhadap waktu ada bermacam-macam, yaitu bentuk sinusoida, persegi, segitiga, gigi gergaji atau denyut. Osilator berbeda dengan penguat, oleh karena penguat memerlukan isyarat masukan untuk menghasilkan isyarat keluaran. Pada osilator tidak ada isyarat masukan, hanya ada isyarat keluaran saja, yang frekuensi dan amplitudo dapat dikendalikan. Osilator digunakan secara luas sebagai sumber isyarat untuk menguji suatu rangkaian

elektronik. Osilator seperti ini disebut pembangkit isyarat, atau pembangkit fungsi jika isyarat keluarannya dapat mempunyai berbagai bentuk. Osilator juga digunakan untuk mendeteksi dan menentukan jarak dengan gelombang mikro (radar) ataupun gelombang ultrasonic (sonar). Osilator adalah inti dari sebuah pemancar, pada sistem komunikasi radio osilator menghasilkan gelombang sinus yang dipakai sebagai sinyal pembawa, sinyal informasi kemudian ditumpangkan pada sinyal pembawa dengan proses modulasi.

Metode yang digunakan metal detector pada umumnya adalah perubahan karakteristik osilator ketika detector mendekati adanya logam. Metal detector bekerja berdasarkan frekuensi resonan yang telah di atur dan dapat berubah-ubah ketika terdapat objek berupa logam yang letaknya cukup dekat dengan detector, jika koil detector didekati oleh logam tertentu maka frekuensi output dari rangkaian osilasi ini akan berubah. Variasi perubahan frekuensi output ini tergantung dari frekuensi yang dipilih, pemilihan frekuensi yang semakin tinggi akan menyebabkan sensitivitas rangkaian meningkat karena perubahan frekuensinya semakin besar. Tetapi jika pemilihan frekuensi terlalu rendah maka pada prakteknya akan menghasilkan suatu sistem yang tidak sensitif. Hal ini karena pada frekuensi tinggi sebagian besar tidak akan dipantulkan kembali tetapi akan diserap oleh tanah, material bangunan.⁷

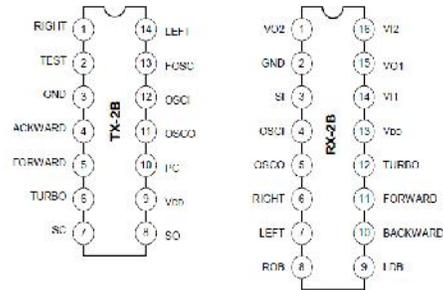
2.2.3 Transmitter-Receiver TX/RX 2B

Pengiriman data pada rancang bangun ini menggunakan set Transmitter-Receiver (Transceiver set) yang biasa digunakan pada mainan remote control yaitu rangkaian transmitter menggunakan IC TX-2B dan rangkaian receiver RX-2B. Fitur yang dimiliki oleh Transceiver set ini adalah :

- Tegangan aktif / Vcc 1.5~5.0 Volt
- Arus stand-by yang rendah
- TX-2B memiliki fitur auto power-off
- Dapat dipasangkan dengan berbagai komponen pendukung lain.

⁷ Blocher, Dipi. Phys., Richard. 2004. Dasar Elektronika. PT. ANDI, Yogyakarta.

Transceiver set ini memiliki 5 kontrol yang dapat dikirimkan untuk menggerakkan mainan remote control, dimana kontrol yang dimaksud adalah forward, backward, right, left, dan turbo. Kelima kontrol tersebut dikirimkan melalui perantara kabel ataupun gelombang radio dengan frekuensi yang ditetapkan dalam bentuk *Encoded Data*. Encoded Data berbentuk sebuah word yang tersusun dari 8 nilai bit, dimana word pada setiap kontrol berbeda dan ada kontrol yang dapat digabungkan sehingga memiliki nilai Encoded Data yang baru, berikut adalah gambar TX/RX2B:



Gambar 2.10 TX/RX 2B

(Sumber: elektronika-dasar.web.id/teori-elektronika/TX2B/ diakses 24 Maret 2015 Pk. 08:35)

Transmitter TX-2B merupakan rangkaian yang memiliki fungsi mengirimkan data berupa kontrol yang dipilih pada pin kontrol IC TX-2B. Receiver RX-2B merupakan rangkaian yang memiliki fungsi menerima data berupa kontrol yang dikirimkan oleh Transmitter TX-2B. Pada receiver ini, untuk setiap kontrol yang diterima, pin yang sesuai dengan kontrol tersebut akan berubah nilai logikanya.

Pengiriman data yang digunakan pada rancang bangun ini menggunakan gelombang radio yang dikirimkan dari transmitter (pengirim) ke receiver (penerima). Data-data dikirimkan melalui udara dengan frekuensi gelombang radio yang telah disesuaikan antara pengirim dan penerima. Frekuensi yang digunakan termasuk dalam kategori VHF (Very High Frequency) yaitu 27 MHz

dan 40 MHz. Pengiriman data melalui gelombang radio ini menggunakan teknik modulasi data dari transmitter TX-2B dan akan di demodulasi pada RX-2B. Modulasi digital merupakan proses penumpangan sinyal digital (bit stream) ke dalam sinyal carrier. Modulasi digital sebetulnya adalah proses mengubah-ubah karakteristik dan sifat gelombang pembawa (carrier) sedemikian rupa sehingga bentuk hasilnya (modulated carrier) memiliki ciri-ciri dari bit-bit (0 atau 1) yang dikandungnya. Berarti dengan mengamati modulated carriernya, kita bisa mengetahui urutan bitnya disertai clock (timing, sinkronisasi). Melalui proses modulasi digital sinyal-sinyal digital setiap tingkatan dapat dikirim ke penerima dengan baik. Pada dasarnya, terdapat 3 metode modulasi digital, yaitu :

- a. Amplitude Shift Keying (ASK)
- b. Frequency Shift Keying (FSK)
- c. Phase Shift Keying (PSK)

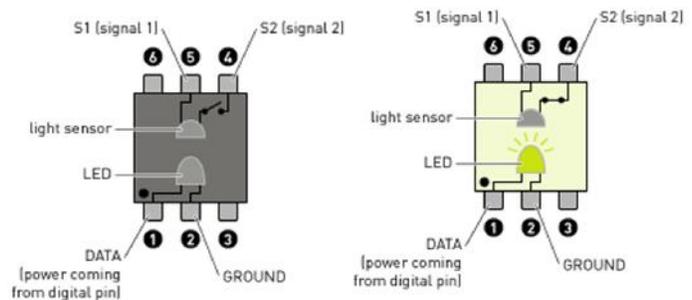
Dari 3 metode modulasi digital diatas, metode yang digunakan pada rangkaian metal detector ini adalah Amplitude Shift Keying (ASK). Amplitude Shift Keying (ASK) atau pengiriman sinyal berdasarkan pergeseran amplitude, merupakan suatu metoda modulasi dengan mengubah-ubah amplitude. Dalam proses modulasi ini kemunculan frekuensi gelombang pembawa tergantung pada ada atau tidak adanya sinyal informasi digital. Keuntungan yang diperoleh dari metode ini adalah bit per baud (kecepatan digital) lebih besar. Sedangkan kesulitannya adalah dalam menentukan level acuan yang dimilikinya, yakni setiap sinyal yang diteruskan melalui saluran transmisi jarak jauh selalu dipengaruhi oleh redaman dan distorsi lainnya. Oleh sebab itu metode ASK hanya menguntungkan bila dipakai untuk hubungan jarak dekat saja. Dalam hal ini faktor derau harus diperhitungkan dengan teliti, seperti juga pada proses modulasi AM (Amplitude Modulation).

Dengan menggunakan metode ASK maka apabila terjadi kesamaan frekuensi pada gelombang lain, receiver metal detector ini tidak akan menerima frekuensi gelombang lain tersebut karena sudah adanya pengkodean Amplitude

nya sehingga receiver hanya akan menerima gelombang hasil pancaran transmitter metal detector yang telah kita rancang.⁸

2.2.4 Optocoupler

Optocoupler juga dikenal dengan sebutan Opto-isolator, Photocoupler atau Optical Isolator. 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. Masing-masing bagian Optocoupler (Transmitter dan Receiver) tidak memiliki hubungan konduktif rangkaian secara langsung tetapi dibuat sedemikian rupa dalam satu kemasan komponen. Pada gambar 2.11 dibawah ini akan ditampilkan bagian-bagian dari optocoupler:



Gambar 2.11 Bagian-bagian Optocoupler

(Sumber: <http://www.nastypixel.com> diakses 2 Juni 2015 Pk. 19:05)

2.2.5 Coil

Induktor atau dikenal juga dengan Coil adalah Komponen Elektronika Pasif yang terdiri dari susunan lilitan Kawat yang membentuk sebuah Kumparan. Pada dasarnya, Induktor dapat menimbulkan Medan Magnet jika dialiri oleh Arus Listrik. Medan Magnet yang ditimbulkan tersebut dapat menyimpan energi dalam

⁸ N Widjanarka, Wijaya. 2006. *Teknik Digital*. (Jakarta: Erlangga)

waktu yang relatif singkat. Dasar dari sebuah Induktor adalah berdasarkan Hukum Induksi Faraday. Fungsi-fungsi Induktor atau Coil diantaranya adalah dapat menyimpan arus listrik dalam medan magnet, menapis (Filter) Frekuensi tertentu, menahan arus bolak-balik (AC), meneruskan arus searah (DC) dan pembangkit getaran serta melipatgandakan tegangan.

2.2.6 Batang Ferit

Batang Ferit adalah suatu komponen elektronika yang biasanya digunakan pada pesawat penerima radio AM. Fungsi batang ferit ini adalah untuk menambah nilai induktansi. Batang ferit digunakan sebagai inti (core) sebuah Induktor. Ferit bersifat feromagnetik, yang sangat mudah bersifat sebagai magnet. Warna batang ferit adalah hitam dengan panjang tidak lebih dari 20 cm dengan diameter 0,5-1 cm. Bentuk dari batang ferit biasanya silinder panjang tetapi ada pula yang melebar. Batang ferit terbuat dari besi dengan kadar karbon yang sangat tinggi. Sifat dari batang ferit adalah mudah pecah atau patah, berikut adalah gambarnya:



Gambar 2.12 Batang Ferit

2.2.7 Magnet

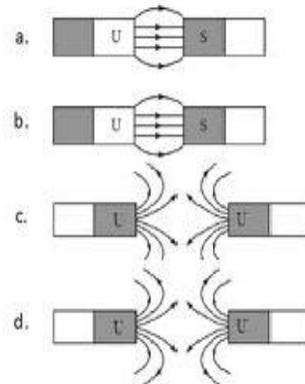
Magnet atau magnit adalah suatu obyek yang mempunyai suatu medan magnet. Kata magnet (magnit) berasal dari bahasa Yunani *magnítis líthos* yang berarti batu magnesian. Magnesia adalah nama sebuah wilayah di Yunani pada masa lalu yang kini bernama manisa (sekarang berada di wilayah Turki) dimana terkandung batu magnet yang ditemukan sejak zaman dulu di wilayah tersebut.

Pada tahun 1269, berdasarkan hasil eksperimen, Pierre de Maricourt menyimpulkan bahwa semua magnet bagaimanapun bentuknya terdiri dari dua

kutub yaitu kutub utara dan kutub selatan. Kutub-kutub magnet ini memiliki efek kemagnetan paling kuat dibandingkan bagian magnet lainnya.

Magnet adalah suatu benda yang mempunyai sifat menarik besi atau baja. Sifat tersebut dinamakan kemagnetan. Apabila serbuk besi ditaburkan pada suatu magnet batang maka penarikan serbuk lebih kuat di ujung-ujung magnet. Makin ke tengah makin sedikit serbuk besi yang melekat pada batang itu. Bahkan, di tengah batang tiada sebutir pun yang melekat.

Medan magnet dapat digambarkan dengan garis-garis gaya magnet yang selalu keluar dari kutub utara magnet dan masuk ke kutub selatan magnet. Sementara di dalam magnet, garis-garis gaya magnet memiliki arah dari kutub selatan magnet ke kutub utara magnet. Garis-garis tersebut tidak pernah saling berpotongan. Kerapatan garis-garis gaya magnet menunjukkan kekuatan medan magnet. Sifat-sifat magnetik atau besaran-besaran magnetik dan interaksi yang terjadi antara besaran yang satu dengan besaran yang lainnya dan interaksi antara besaran magnetik dan besaran listrik, dibawah ini merupakan gambar kutub magnet:



Gambar 2.13 Kutub Magnet

(Sumber: Drs. Daryanto. 2005. *Pengetahuan Teknik Elektronika*. Bumi Aksara, Jakarta)

Benda magnetik adalah benda-benda yang dapat ditarik oleh magnet. Benda magnetik terdiri atas :

1. Benda feromagnetik, yaitu benda yang ditarik kuat oleh magnet. Contoh: nikel, baja, besi, dan kobalt.
2. Benda paramagnetik, yaitu benda yang ditarik lemah oleh magnet. Contoh: platina, magnesium, dan aluminium.
3. Benda diamagnetik, yaitu benda yang ditolak lemah oleh magnet. Contoh: bismuth, timah, seng, emas, dan timbal.⁹

2.2.8 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja buzzer hampir sama dengan loud speaker, jadi buzzer juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. Buzzer biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm).

2.2.9 Hukum Archimedes

Hukum Archimedes menyatakan sebagai berikut, Sebuah benda yang tercelup sebagian atau seluruhnya ke dalam zat cair akan mengalami gaya ke atas yang besarnya sama dengan berat zat cair yang dipindahkannya. Sebuah benda yang tenggelam seluruhnya atau sebagian dalam suatu fluida akan mendapatkan gaya angkat ke atas yang sama besar dengan berat fluida fluida yang dipindahkan. Besarnya gaya ke atas menurut Hukum Archimedes ditulis dalam persamaan :

$$F_a = \rho \cdot v \cdot g$$

⁹ Drs. Daryanto. 2005. Pengetahuan Teknik Elektronika. Bumi Aksara, Jakarta.

Keterangan :

F_a = gaya ke atas (N)

V = volume benda yang tercelup (m^3)

= massa jenis zat cair (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (N/kg)

Hukum ini juga bukan suatu hukum fundamental karena dapat diturunkan dari hukum newton juga.

- Bila gaya archimedes sama dengan gaya berat W maka resultan gaya =0 dan benda melayang .
- Bila $F_A > W$ maka benda akan terdorong keatas akan melayang
- Bila $F_A < W$ maka benda akan terdorong kebawah dan tenggelam

Jika massa jenis fluida lebih kecil daripada massa jenis balok maka agar balok berada dalam keadaan seimbang, volume zat cair yang dipindahkan harus lebih kecil dari pada volume balok. Artinya tidak seluruhnya berada terendam dalam cairan dengan perkataan lain benda mengapung. Agar benda melayang maka volume zat cair yang dipindahkan harus sama dengan volume balok dan rapat massa cairan sama dengan rapat massa benda. Jika rapat massa benda lebih besar daripada rapat massa fluida, maka benda akan mengalami gaya total ke bawah yang tidak sama dengan nol. Artinya benda akan jatuh tenggelam. Berdasarkan Hukum Archimedes, sebuah benda yang tercelup ke dalam zat cair akan mengalami dua gaya, yaitu gaya gravitasi atau gaya berat (W) dan gaya ke atas (F_a) dari zat cair itu. ¹⁰

2.2.10 Gaya Lorentz

Gaya Lorentz adalah gaya yang ditimbulkan oleh muatan listrik yang bergerak atau oleh arus listrik yang berada dalam suatu medan magnet (B). Arah gaya ini akan mengikuti arah maju skrup yang diputar dari vektor arah gerak muatan listrik (v) ke arah medan magnet (B), seperti yang terlihat dalam rumus berikut:

¹⁰ Chandra, Yuniar, dkk. 2012. Rancang Bangun Sistem Ballast pada ROV. Jurnal, ITS Surabaya.

$$F = Q(v \times B)$$

F = Gaya Lorentz (N/Newton)

B = Medan magnet (T/Tesla)

Q = Muatan listrik (C/Column)

v = Arah kecepatan muatan (m/s)

x = Adalah perkalian silang dari operasi vektor.¹¹

Sebuah partikel bermuatan listrik yang bergerak dalam daerah medan magnet homogen akan mendapatkan gaya. Gaya ini juga dinamakan gaya Lorentz. Gerak partikel akan menyimpang searah dengan gaya Lorentz yang mempengaruhi. Arah gaya Lorentz pada muatan yang bergerak dapat juga ditentukan dengan kaidah tangan kanan dari gaya Lorentz (F) akibat dari arus listrik, I dalam suatu medan magnet B. Ibu jari, menunjukkan arah gaya Lorentz. Jari telunjuk, menunjukkan arah medan magnet (B). Jari tengah, menunjukkan arah arus listrik (I). Untuk muatan positif arah gerak searah dengan arah arus, sedangkan untuk muatan negatif arah gerak berlawanan dengan arah arus. Sehingga besarnya gaya Lorentz yang dialami oleh sebuah muatan yang bergerak dalam daerah medan magnet dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$F = Q(v \times B) \sin \theta$$

F = Gaya Lorentz (N/Newton)

B = Medan magnet (T/Tesla)

Q = Muatan listrik (C/Column)

v = Arah kecepatan muatan (m/s)

x = Adalah perkalian silang dari operasi vektor.

θ = Sudut antara v dan B

¹¹ Prof. Silaban, Pantur Ph.D. 2000. *Elemen-elemen Elektromagnetika Teknik*. (Jakarta: Erlangga)

2.2.11 Induksi

Peristiwa dihasilkannya arus listrik akibat adanya perubahan medan magnetik dinamakan *induksi elektromagnetik*, sedangkan arus yang dihasilkan dari induksi elektromagnetik dinamakan *arus induksi*. Penemuan ini dikenal dengan *Hukum Faraday*, berikut ini adalah bunyi dari hukum Faraday:

1. Jika sebuah penghantar memotong garis-garis gaya dari suatu medan magnetik (fluks) yang konstan, maka pada penghantar tersebut akan timbul tegangan induksi.
2. Perubahan fluks medan magnetik didalam suatu rangkaian bahan penghantar, akan menimbulkan tegangan induksi pada rangkaian tersebut.

Persamaan *Ggl induksi* (ϵ_{ind}) yang memenuhi hukum Faraday adalah sebagai berikut:

$$\epsilon_{ind} = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

N = Jumlah Lilitan

$\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ = Laju perubahan fluks magnetik (wb/s)

Tanda negatif berarti sesuai dengan Hukum Lenz, yaitu "*Ggl Induksi selalu membangkitkan arus yang medan magnetiknya berlawanan dengan sumber perubahan fluks magnetik*".

Fluks Magnetik adalah kerapatan garis-garis gaya dalam medan magnet, artinya fluks magnetik yang berada pada permukaan yang lebih luas kerapatannya rendah dan kuat medan magnetik (B) lebih lemah, sedangkan pada permukaan yang lebih sempit kerapatan fluks magnet akan kuat dan kuat medan magnetik (B) lebih tinggi. Satuan internasional dari besaran fluks magnetik diukur dalam *Weber*, disingkat *Wb* dan didefinisikan dengan:

"*Suatu medan magnet serba sama mempunyai fluks magnetik sebesar 1 weber bila sebatang penghantar memotong garis-garis gaya magnetik selama satu detik akan menimbulkan gaya gerak listrik (ggl) sebesar satu volt*"