

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Navigasi

Istilah navigasi sendiri dipakai untuk merujuk pada proses estimasi berbasis kinematik *vehicle state* (posisi, kecepatan, dan *attitude*) secara realtime sebagai acuan untuk menentukan pergerakan kendaraan sepanjang lintasan pergerakan. *Vehicle state* berguna untuk kontrol otomatis, *realtime planning*, data logging, *Simultaneous Location and Mapping (SLAM)*, atau komunikasi operator yang dipakai pada navigasi. Navigasi sering digunakan untuk memandu suatu objek, baik manusia, kendaraan maupun robot, untuk melewati suatu daerah yang belum dikenali sebelumnya. Merujuk pada banyak *literature* tentang *autonomous vehicle* menyebutkan bahwa navigasi terbagi menjadi dua pengertian [6] :

1. Penentuan secara akurat kondisi/keberadaan kendaraan (*vehicle state*), antara lain posisi, kecepatan, dan sikap (*attitude*) nya.
2. Merencanakan dan melaksanakan gerakan yang tepat yang berguna untuk perpindahan menuju lokasi yang diinginkan.

Pendekatan pada perkiraan *vehicle state* adalah dengan melengkapi kendaraan dengan sensor inersia yang mampu mengukur percepatan dan kecepatan sudut kendaraan. Dengan kalibrasi dan inialisasi yang sesuai, integrasi kecepatan sudut menyediakan sebuah perkiraan bagi *attitude*, ketika diintegrasikan dengan percepatan maka akan menyediakan kecepatan dan posisi. Lingkungan integrasi pada pendekatan ini memiliki aspek positif dan negatif. Pada aspek positif, integrasi akan memperhalus kesalahan frekuensi tinggi (sensor noise). Pada aspek negatifnya, integrasi kesalahan frekuensi rendah karena adanya bias, kesalahan faktor skala, atau ketidaklurusan akan menyebabkan peningkatan kesalahan antara *vehicle state* terestimasi dan *vehicle state* sebenarnya. *Estimasi vehicle state* dihitung dengan integrasi data dari

sensor *high-rate* yang dikoreksi menggunakan pengukuran dari sensor *low-rate* yang sesuai.

### 2.1.1 Karakteristik Navigasi

Beberapa karakteristik navigasi yang bisa diperoleh dari pengertian mengenai navigasi di atas setidaknya ada 5 hal:

#### 1. *Vehicle state*

*Vehicle state* adalah kondisi dan lokasi kendaraan atau suatu benda dalam suatu skala waktu tertentu, terkait pada posisi, kecepatan, dan attitudenya. Posisi adalah letak suatu benda dalam suatu kerangka referensi dan hanya dalam satu titik waktu (*epoch*) saja, sedangkan kecepatan adalah turunan dari posisi yang menyatakan perubahan posisi suatu benda/titik/kendaraan terhadap satuan waktu tertentu. Attitude/sikap kendaraan adalah kondisi benda/titik saat berada pada satu titik terhadap sumbu tertentu pada satu waktu, biasanya dinyatakan dalam putaran pada sumbu x (*roll*), pada sumbu y (*pitch*), dan pada sumbu z (*yaw*).

#### 2. *Estimasi*

Estimasi adalah perhitungan prediksi dan interpolasi suatu nilai pada suatu satuan waktu tertentu (bisa waktu maju atau mundur), dalam navigasi estimasi dipakai untuk mengestimasi posisi, kecepatan, dan *attitude* sepanjang *trayektori* benda/kendaraan.

#### 3. *Trayektori*

*Trayektori* adalah lintasan pergerakan suatu benda yang berpindah pada satuan waktu tertentu, dalam setiap titik pada trayektori terdiri dari nilai posisi, kecepatan, dan *attitude*, yang bisa menghasilkan percepatan. Trayektori bisa berlaku pada benda yang memiliki kecepatan seperti satelit kendaraan di darat, kapal laut, pesawat, dan lain-lain. Contoh trayektori yang banyak dijumpai dalam dunia pemetaan adalah *flight-path* atau jalur penerbangan pesawat yang diperlukan pada saat pemetaan dengan menggunakan pesawat udara.

#### 4. *Realtime*

Pada system navigasi, posisi, kecepatan, dan *attitude* diukur dan dihitung secara langsung pada kondisi kendaraan/benda masih bergerak.

#### 5. *Kinematik*

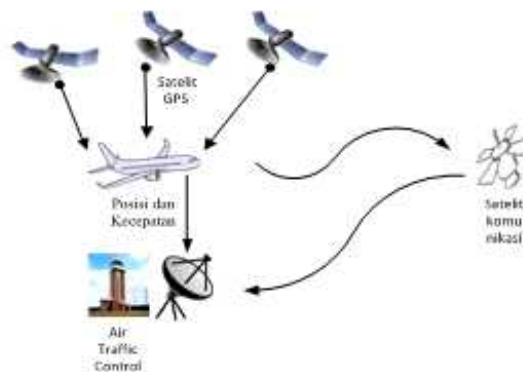
Pada system navigasi benda yang diukur posisinya adalah suatu benda yang tidak statis atau terus mengalami pergerakan dalam waktu tertentu. Sehingga proses perhitungan untuk penentuan kecepatannya akan berbeda dan harus dipertimbangkan sikap saat benda tersebut bergerak juga.

### **2.1.2 Aplikasi Navigasi**

Sistem navigasi satelit GPS mampu menyediakan data secara *realtime* setiap waktunya, sehingga memudahkan *estimasi* posisi, kecepatan, dan juga *attitude* benda bergerak. Penerapan navigasi dengan sensor GPS telah banyak ditemui, di udara, di laut, maupun di darat hingga ke luar angkasa.

#### **2.1.2.1 Aplikasi navigasi pada perhubungan udara**

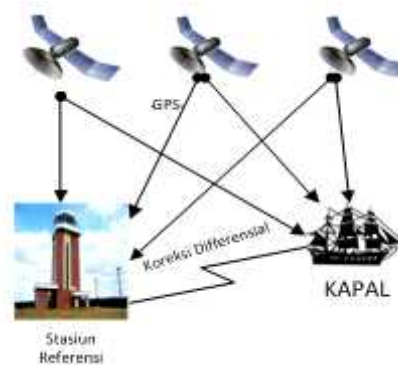
Pada penentuan posisi pesawat di udara, khususnya pada *fase-fase* navigasi pesawat mulai dari *en-route/terminal (oceanic, domestic, terminal, remote areas, special helicopter operations)* dan *approach and landing (non-precision & precision)* [11]. Kemudian memberikan informasi posisi 3 Dimensi pesawat (termasuk parameter tinggi) dari waktu ke waktu secara teliti, GPS juga dapat digunakan untuk memberikan informasi tentang kecepatan, arah terbang, serta *attitude (roll, pitch, and yaw)* dari pesawat yang bersangkutan. Penggunaan GPS dalam perhubungan udara tidak hanya mempengaruhi sistem kokpit, tapi juga system ATC (*Air Traffic Control*) dan *ground base system*. Pelacakan pesawat pun bisa dilakukan dengan adanya penentuan posisi GPS dan waktunya. Gambaran system navigasi pada aplikasi perhubungan udara sebagai berikut.



Gambar 2.1 Sistem navigasi pada perhubungan udara [6]

### 2.1.2.2 Aplikasi navigasi perhubungan laut

Pada perhubungan laut, GPS pun telah dimanfaatkan untuk banyak keperluan yang terkait kelautan [12]. Pada dasarnya suatu proses navigasi di laut bertujuan memandu pergerakan suatu wahana laut secara benar, efektif, dan efisien, sehingga wahana laut tersebut dapat selamat tiba di tempat tujuan ataupun mampu selesai mengemban tugas.



Gambar 2.2 Sistem navigasi pada kapal laut [6]

Berikut ada beberapa dampak penggunaan GPS ketika dikombinasikan dengan peta navigasi laut, antara lain :

1. Penggunaan GPS dapat digunakan untuk memperkecil jarak minimum yang diperlukan antara dua alur pelayaran kapal.

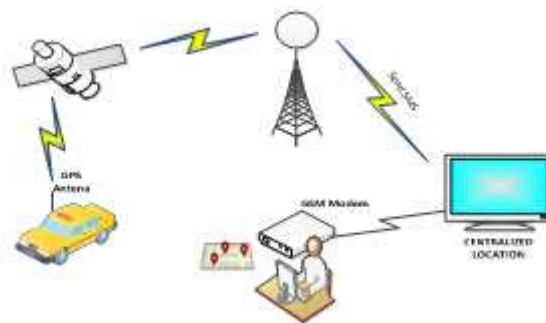
2. Dengan memanfaatkan GPS yang dapat memberikan informasi yang *relative* teliti, jarak minimum yang harus dijaga terhadap sumber bahaya pelayaran dapat diperkecil, sehingga kapal dapat berlayar melalui jalur-jalur pelayaran sulit yang sebelumnya bisa dihindari. Pada kasus tertentu dapat memperpendek jalur pelayaran dan penghematan bahan bakar. Disamping itu larangan terhadap kapal-kapal yang dilarang masuk ke dalam suatu pelabuhan karena keterbatasan yang dapat dilakukannya juga bisa ditiadakan seandainya kapal tersebut dilengkapi oleh GPS.
3. Penggunaan GPS sebagai sistem navigasi untuk tahap *harbor approach* yaitu dapat meningkatkan kapasitas perapatan kapal di banyak pelabuhan disamping juga dapat meningkatkan faktor keamanannya
4. Karena GPS memberikan pelayanan dengan cakupan wilayah yang global, maka penggunaan GPS memberikan penggunaan wilayah perairan yang lebih *fleksibel* bagi pelayaran, penentuan rute pelayaran yang lebih bervariasi, dan juga membuka kemungkinan pembukaan pelabuhan-pelabuhan baru di tempat-tempat terpencil sekalipun.

Dalam keperluan ilmiah di wilayah laut, GPS juga cukup berperan, antara lain dalam penentuan posisi titik perum pada *survey hidrografi*, pengamatan pasang-surut di lepas pantai, studi pola arus, dan penentuan *attitude* kapal..

### **2.1.2.3 Aplikasi navigasi pada perhubungan darat**

Pada perhubungan darat, system navigasi juga berguna dalam mengendalikan lalu lintas kendaraan dengan menginstal suatu system untuk memberikan komunikasi informasi lalu lintas pada kendaraan dengan mengirimkan suatu data posisi kendaraan kepada sebuah system pengontrol. Sistem ini telah banyak dikembangkan di Amerika Utara, dan termasuk paling banyak dipakai disana dari beberapa system navigasi kendaraan di darat lainnya[13]. Sistem ini disebut dengan *fleet management ITS Navigation System*. ITS adalah singkatan dari *Intelligent Transportation System*. Dalam system ini kendaraan yang bersangkutan dilengkapi dengan system penentuan posisi, dan

umumnya dilengkapi dengan system peta elektronik. Kendaraan tersebut melaporkan posisinya ke pusat pengontrol, sehingga pusat pengontrol mudah dalam mengontrol mengelola pergerakan dari kendaraan tersebut. Disamping memberikan instruksi- instruksi serta pengarahan, pusat pengontrol juga bertanggung jawab dalam memberikan informasi lainnya yang diperlukan oleh pengguna kendaraan yakni tentang cuaca dan keadaan lalu lintas.



Gambar 2.3 Sistem Navigasi pada Perhubungan Darat [6]

Penggunaan aplikasi GPS pada penerapan masing- masing kondisi memiliki karakteristik yang berbeda. Pada Tabel 1. menampilkan perbandingan penerapan sistem navigasi dengan GPS pada udara, laut, darat dan luar angkasa.

Tabel 2.1 Karakteristik Sistem Navigasi

NO	Penerapan Sistem Navigasi	Karakteristik
1	UDARA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penentuan <i>attitude</i></li> <li>• Umumnya dapat diintegrasikan dengan basis data Jeppson</li> <li>• Receiver yang lebih canggih dibangun dan diuji untuk keperluan pendaratan (<i>landing</i>).</li> </ul>

2	LAUT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umumnya mengakomodir format data NMEA-1A83 sehingga dapat diintegrasikan dengan Peralatan elektronik kapal lainnya</li> <li>• Untuk menampilkan peta navigasi laut</li> </ul>
3	DARAT	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hanya berupa <i>electronicboard</i></li> <li>• Untuk diintegrasikan dengan instrumen lain, seperti komputer PC, kamera, video, dll. nya.</li> <li>• Ada yang dapat menerima koreksi diferensial.</li> </ul>
4	LUAR ANGKASA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk navigasi satelit dan penentuan attitude nya</li> <li>• Mempunyai daya tahan terhadap radiasi yang lebih baik dibandingkan receiver yang umum digunakan di permukaan bumi .</li> </ul>

### 2.1.3 Metode Waypoint

Waypoint adalah titik acuan / kumpulan koordinat yang digunakan untuk keperluan navigasi untuk mengidentifikasi sebuah titik di peta. Koordinat-koordinat itu biasanya menyertakan longitude, latitude, dan kadang altitude untuk keperluan navigasi di udara. Waypoint digunakan di berbagai navigasi yang tidak memiliki jalur yang tidak tampak seperti navigasi di udara dan navigasi di laut, juga navigasi di darat yang kadang tidak memiliki jalur yang jelas. Khusus navigasi di darat yang tidak menggunakan manusia sebagai penentu arah melainkan robot, waypoint digunakan meski terdapat jalur yang jelas. Hal ini penting agar robot tetap memiliki rute.

Waypoint dibagi menjadi dua jenis, yaitu waypoint fly by dan waypoint fly over. Waypoint fly by tidak melewati lokasi di atas way point namun tetap menuju ke arah tujuan, sedangkan waypoint fly over melewati lokasi di atas way point. Setelah satu waypoint terlewat, maka operator harus menetapkan waypoint berikutnya yang disebut dengan waypoint aktif.

## 2.2 GPS (*Global Positioning System*)

Global Positioning System adalah sistem untuk menentukan posisi dan navigasi secara global dengan menggunakan satelit[1]. Sistem yang pertama kali dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika ini digunakan untuk kepentingan militer maupun sipil (survey pemetaan dan informasi geografi). Sistem GPS, yang nama aslinya adalah NAVSTAR GPS (*Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System*), mempunyai tiga segmen yaitu : satelit, pengontrol, dan penerima / pengguna. Satelit GPS yang mengorbit bumi, dengan orbit dan kedudukan yang tetap (koordinat pasti), seluruhnya berjumlah 24 buah dimana 21 buah aktif bekerja dan 3 buah sisanya adalah cadangan.

### 2.2.1 Cara Kerja GPS

Setiap daerah di atas permukaan bumi ini minimal terjangkau oleh 3 - 4 satelit. GNSS adalah singkatan dari Global Navigation Satellite System. GNSS merupakan teknologi yang digunakan untuk menentukan posisi atau lokasi (lintang, bujur, dan ketinggian) serta waktu dalam satuan ilmiah di bumi. Pada prakteknya, setiap GPS terbaru bisa menerima sampai dengan 12 channel satelit sekaligus. Kondisi langit yang cerah dan bebas dari halangan membuat GPS dapat dengan mudah menangkap sinyal yang dikirimkan oleh satelit. Semakin banyak satelit yang diterima oleh GPS, maka akurasi yang diberikan juga akan semakin tinggi [14] .

Cara kerja GPS secara sederhana ada 5 langkah, yaitu :

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 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 selama 12 jam di dalam orbit yang akurat dan mengirimkan sinyal informasi ke bumi. Terdapat 4 macam GNSS yang telah dan akan beroperasi secara penuh pada beberapa tahun kedepan, yaitu GPS – Global Positioning System (Amerika), GLONASS – Global Navigation Satellite System (Russia), Beidou (Kompas – China), Galileo (Uni Eropa). GPS *receiver* mengambil informasi itu dan dengan menggunakan perhitungan “*triangulation*” menghitung lokasi user dengan tepat. GPS *receiver* membandingkan waktu sinyal di kirim dengan waktu sinyal tersebut di terima. Dari informasi itu didapat diketahui berapa jarak satelit. Dengan perhitungan jarak GPS *receiver* dapat melakukan perhitungan dan menentukan posisi user dan menampilkan dalam peta elektronik



Gambar 2.4 Tampilan Gps Receiver [7]

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 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, jarak tujuan, matahari terbit dan matahari terbenam dan masih banyak lagi. Satelit GPS dalam mengirim informasi waktu sangat presisi karena Satelit tersebut memakai jam atom. Jam atom yang ada pada satelit ialah dengan partikel atom yang di isolasi, sehingga dapat menghasilkan

jam yang akurat dibandingkan dengan jam biasa. Perhitungan waktu yang akurat sangat menentukan akurasi perhitungan untuk menentukan informasi lokasi kita. Selain itu semakin banyak sinyal satelit yang dapat diterima maka akan semakin presisi data yang diterima. Ketinggian itu menimbulkan keuntungan dalam mendukung proses kerja GPS, bagi kita karena semakin tinggi maka 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, dengan bantuan radar yang presisi selalu di cek tentang *attitude*, *position* dan kecepatannya.

### 2.2.2 GPS NEO 6-M

Modul berukuran ringkas ini (25x35mm untuk modul, 25x25mm untuk antena) berfungsi sebagai penerima GPS (Global Positioning System) yang dapat mendeteksi lokasi dengan menangkap dan memproses sinyal dari satelit navigasi. Aplikasi dari modul ini melingkupi sistem navigasi, sistem keamanan terhadap kemalingan pada kendaraan / perangkat bergerak, akuisisi data pada sistem pemetaan medan, penjejak lokasi /location tracking.

Modul ini kompatibel dengan APM2 dan APM2.5 dengan EEPROM terpadu yang dapat digunakan untuk menyimpan data konfigurasi. Antarmuka menggunakan serial TTL (RX/TX) yang dapat diakses dari mikrokontroler yang memiliki fungsi UART atau emulasi serial TTL (pada Arduino dapat menggunakan pustaka komunikasi serial /serial communication library yang sudah tersedia dalam paket Arduino IDE). Baud rate diseting Secara default di 9600 bps.

GPS Processor dari modul ini menggunakan U-blox NEO-6 GPS Module dengan mesin penjejak posisi yang berkinerja tinggi dengan versi ROM terbaru (ROM7.03). Modul ini dapat memproses hingga 50 kanal sinyal secara cepat dengan waktu Cold TTFF (Cold-Start Time-To-First-Fix, waktu yang diperlukan untuk menentukan posisi dari kondisi mati total) kurang dari 27 detik (sebagai pembanding, rata-rata GPS navigator yang umum dijual di toko variasi mobil memiliki waktu Cold TTFF lebih dari 50 detik), dapat dipercepat dengan fitur

pemandu (aiding) hingga kurang dari 3 detik. Pada kondisi hot start, waktu TTFF yang dibutuhkan mencapai kurang dari 1 detik.

Kinerja tinggi ini dicapai dengan didedikasinya prosesor khusus untuk mengumpulkan data sinyal satelit yang memiliki hingga 2 juta korelator yang sanggup memproses data waktu dan frekwensi secara masif dengan sangat cepat sehingga mampu menemukan sinyal dari satelit navigasi secara instan. Prosesor ini juga menerapkan teknologi DSP terkini untuk meredam sumber pengacak (jamming sources) dan mengurangi secara signifikan efek interferensi multi-jalur. Sumber tenaga dapat menggunakan catu daya antara 3 Volt hingga 5 Volt, ideal untuk digunakan pada berbagai development board mulai dari aneka macam Arduino Board dan lain sebagainya.

### 2.2.3 Spesifikasi Teknis u-blox NEO-6M

1. Tipe penerima: 50 kanal, GPS L1 frekuensi, C/A Code. SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS.
2. Sensitivitas penjejak & navigasi: -161 dBm (reakuisisi dari blank-spot: -160 dBm).
3. Sensitivitas saat baru memulai: -147 dBm pada cold-start, -156 dBm pada hot start.
4. Kecepatan pembaharuan data /navigation update rate: 5 Hz.
5. Akurasi penetapan lokasi GPS secara horisontal: 2,5 meter (SBAS = 2m).
6. Rentang frekuensi pulsa waktu yang dapat disetel: 0,25 Hz hingga 1 kHz 18 .
7. Akurasi sinyal pulsa waktu: RMS 30 ns (99% dalam kurang dari 60 ns) dengan granularitas 21 ns atau 15 ns saat terkompensasi.
8. Akurasi kecepatan: 0,1 meter / detik.
9. Akurasi arah (heading accuracy): 0,5°.
10. Batasan operasi: daya tarik maksimum 4x gravitasi, ketinggian maksimum 50 Km, kecepatan maksimum 500 meter / detik (1800 km/jam). red:

dengan limit seperti ini, modul ini bahkan dapat digunakan di pesawat jet super-cepat sekalipun.



Gambar 2.5 Modul GPS NEO 6-M [8]

### 2.3. *Compass*

*Compass* adalah alat navigasi untuk mencari arah berupa sebuah panah penunjuk yang bebas menyelaraskan dirinya dengan medan magnet bumi secara akurat[15]. *Compass* memberikan rujukan arah tertentu, sehingga sangat membantu dalam bidang navigasi. Arah mata angin yang ditunjuknya adalah utara, selatan, timur, dan barat. Apabila digunakan bersama-sama dengan jam dan sekstan, maka kompas akan lebih akurat dalam menunjukkan arah. Alat ini membantu perkembangan perdagangan maritim dengan membuat perjalanan jauh lebih aman dan efisien dibandingkan saat manusia masih berpedoman pada kedudukan bintang untuk menentukan arah.

#### 2.3.1. Cara Kerja

*Compass* adalah alat penunjuk arah, dan karena sifat magnetnya, jarumnya akan selalu menunjuk arah utara-selatan (meskipun utara yang dimaksud disini bukan utara yang sebenarnya, tapi utara magnetis). Secara fisik, *compass* terdiri dari :

1. Badan, tempat komponen lainnya berada.
2. Jarum, selalu menunjuk arah utara selatan, dengan catatan tidak dekat dengan megnet lain/tidak dipengaruhi medan magnet, dan pergerakan jarum tidak terganggu/peta dalam posisi horizontal.

3. Skala penunjuk, merupakan pembagian derajat sistem mata angin. Jenis *compass* yang biasa digunakan dalam navigasi darat ada dua macam yakni *compass bidik* (misal *compass* prisma) dan *compass orienteering* (misal *compass* silva, dll). Untuk membidik suatu titik, *Compass* bidik jika digunakan secara benar lebih akurat dari *compass* silva. Namun untuk pergerakan dan kemudahan *ploting* peta, *compass orienteering* lebih handal dan efisien.

Dalam memilih *compass*, harus berdasarkan penggunaannya. Namun secara umum, *compass* yang baik adalah *compass* yang jarumnya dapat menunjukkan arah utara secara konsisten dan tidak bergoyang-goyang dalam waktu lama. Bahan dari badan kompas pun perlu diperhatikan harus dari bahan yang kuat/tahan banting mengingat kompas merupakan salah satu unsur vital dalam navigasi darat.

*Compass* merupakan alat pedoman untuk menunjukkan arah. Kompas mempunyai pembagian mata angin sebanyak 32 buah dengan garis pembagian  $0^\circ$  sampai  $359^\circ$ . Pada prinsipnya, *compass* bekerja berdasarkan medan magnet. Maka *compass* dapat menunjukkan kedudukan dari kutub-kutub magnet bumi.

### **2.3.2 Modul Compass HMCL5883L**

Sejak dulu kala, *compass* digunakan untuk mengetahui arah mata angin. Kompas ini bekerja berdasarkan medan magnet yang dihasilkan oleh bumi. Seiring dengan kemajuan jaman, telah dikembangkan sebuah rangkaian dan sensor medan magnet yang digunakan untuk mengukur medan magnet bumi sehingga berfungsi sebagai *compass* digital. Banyak jenis *compass* digital yang diproduksi khusus untuk keperluan robotika, salah satu yang sangat populer adalah HMC5883L *compass*.

Pada HMC5883L, arah mata angin dibagi dalam bentuk derajat yaitu : Utara ( $90^0$ ), Timur ( $90^0$ ), Selatan ( $180^0$ ), dan Barat ( $270^0$ ). Cara untuk mendapatkan informasi arah dari modul *compass* digital ini yaitu dengan

membaca data interface I2C pada pin SDA dan SCL. Data yang diperoleh dari *compass* digital ini merupakan sudut yang dibentuk terhadap mata angin arah utara ( $0^0$ ). Sebagai contoh, bila pembacaan adalah  $60^0$ U, berarti sudut *compass* membentuk sudut  $60^0$  terhadap mata angin utara.



Gambar 2.6 Sensor Compass HMCL 5883L [9]

#### 2.4. *Mobile Robot*

*Mobile* dapat diartikan bergerak, sehingga robot ini dapat memindahkan dirinya dari satu tempat ke tempat lain[16]. dari segi manfaat, robot ini diharapkan dapat membantu manusia dalam melakukan otomasi dalam transportasi, platform bergerak untuk robot industri, eksplorasi tanpa awak dan masih banyak lagi. Contoh *mobile robot* :

##### 1. Robot Penjelajah Darat

Robot jenis ini mencakup segala jenis robot yang bergerak di daratan. Karena sifatnya yang relatif mudah dibuat, hampir sebagian besar robot bergerak termasuk dalam kategori ini[17].

##### 2. Robot Penjelajah Air

Robot jenis ini mencakup segala robot yang bergerak di permukaan air, maupun di bawah permukaan air. Robot air biasanya digunakan untuk keperluan militer, mengeksplorasi keadaan bawah laut, serta untuk industri seperti pengeboran minyak dan gas lepas pantai [18].



Gambar 2.7 Robot Penjelajah Air [10].

### 3. Robot Penjelajah Udara

Robot jenis ini mencakup segala robot yang terbang di udara, baik menggunakan baling-baling, sayap, maupun dorongan roket[19]. Robot ini paling banyak digunakan untuk keperluan militer, seperti pesawat tempur ataupun pesawat mata-mata. Selain itu robot ini juga sering digunakan untuk melakukan observasi suatu lokasi, melakukan pemetaan suatu daerah, dan melakukan pencarian suatu objek dari udara

Robot penjelajah udara lebih mahal dan lebih sulit untuk dibuat karena harus memperhatikan desain aerodinamik. Namun demikian robot penjelajah udara memiliki keunggulan dibandingkan robot darat, dimana robot penjelajah udara lebih mudah dalam melakukan perpindahan, dan dapat berpindah dengan kecepatan yang lebih cepat.



Gambar 2.8 Robot Penjelajah Udara [10].

#### 2.4.1 *Non – Mobile Robot*

Robot ini tidak dapat berpindah posisi dari satu tempat ke tempat lainnya, sehingga robot tersebut hanya dapat menggerakkan beberapa bagian dari tubuhnya dengan fungsi tertentu yang telah dirancang [20]. contoh : robot manipulator berlengan

## 1. Robot *manipulator* berlengan

Robot manipulator biasanya dicirikan dengan memiliki lengan (*arm robot*). Robot ini biasanya diterapkan pada dunia industri, seperti pada industri otomotif, elektronik dan komputer. Robot tangan yang memiliki dua lengan (dilihat dari persendian), dan pergelangan. Di ujung pergelangan dapat diinstal berbagai tool sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Jika dipandang dari sudut pergerakan maka terdiri dari tiga pergerakan utama, yaitu badan robot yang dapat berputar ke kiri dan kanan, lengan yang masing-masing dapat bergerak rotasi ke arah atas dan bawah, dan gerak pergelangan sesuai dengan sifat tool.

Manipulator adalah bagian mekanik yang dapat difungsikan untuk memindah, mengangkat, dan memanipulasi benda kerja. Sensor adalah komponen berbasis instrumentasi (pengukuran) yang berfungsi sebagai pemberi informasi tentang berbagai keadaan atau kedudukan dari bagian-bagian manipulator. Output sensor dapat berupa nilai logika ataupun nilai analog.

Dalam berbagai kasus dewasa ini penggunaan kamera sebagai sensor sudah menjadi lazim. Output perangkat kamera berupa citra (*image*) harus diubah dahulu ke besaran digital ataupun analog sesuai dengan kebutuhan. Kajian teknologi *transformasi image* ke bentuk biner (nilai acuan dalam proses perhitungan komputer) ini banyak di kaji dalam konteks terpisah, yaitu pengolahan citra (*image processing*).



Gambar 2.9 Robot Manipulator.[10]



