

## Sistem Kerja Sensor Laser pada LIDAR

I Wayan Krisna Eka Putra

Jurusan Pendidikan Geografi, FHIS, UNDIKSHA

e-mail: krisna.ekaputra@yahoo.com

### Abstrak

Sistem LIDAR merupakan perpaduan antara LRF (*Laser Range Finder*), POS (*Positioning and Orientation System*) yang diintegrasikan dengan DGPS (*Differential Global Positioning System*), IMU (*Inertial Measurement Unit*) dan *Control Unit*. Prinsip kerja sistem LIDAR secara umum adalah sensor memancarkan sinar laser ke target di permukaan bumi, kemudian sinar laser tersebut dipantulkan kembali ke sensor. Berkas sinar yang kembali kemudian dianalisis untuk mengetahui jarak dari sensor ke posisi objek dan menghasilkan posisi 3 dimensi melalui data posisi dan orientasi dari sensor. Prinsip kerja sensor laser untuk pengukuran jarak sensor terhadap permukaan tanah menggunakan prinsip beda waktu atau dengan menghitung jarak berdasarkan informasi selang waktu yang dibutuhkan sinar laser menempuh perjalanan dari pemancar, hingga kembali ke *receiver*. Pada saat proses scanning sensor laser, diawali dari *transmitter* menembakkan laser, kemudian diarahkan oleh cermin yang bergerak sesuai dengan spesifikasi sudut yang ditentukan. Perpaduan kerja dari komponen sensor laser bisa memberikan data untuk mengetahui jarak dari sensor ke objek.

**Kata kunci :** LIDAR, Sensor Laser, Posisi 3 Dimensi

### Abstract

LIDAR system is a combination of LRF (*Laser Range Finder*), POS (*Positioning and Orientation System*) integrated with DGPS (*Differential Global Positioning System*), IMU (*Inertial Measurement Unit*) and *Control Unit*. The working principle of LIDAR systems in general is the sensor emits a laser beam to a target on the surface of the earth, then the laser beam is reflected back to the sensor. Returning beam is then analyzed to determine the distance from the sensor to the object's position and generate 3-dimensional position through the data position and orientation of the sensor. The working principle of laser sensors for distance measurement sensor to the surface of the soil using a different principle or by calculating the distance based interval information required laser light to travel from the transmitter, up to the receiver. At the time of laser sensors scanning process, starting from firing the laser transmitter, then directed by mirrors that move in accordance with the specifications corner were determined. The combination of the work of the components of the laser sensor will provide data to determine the distance from the sensor to the object.

**Keywords:** LIDAR, Laser Sensor, Position 3 Dimensions

### PENDAHULIAN

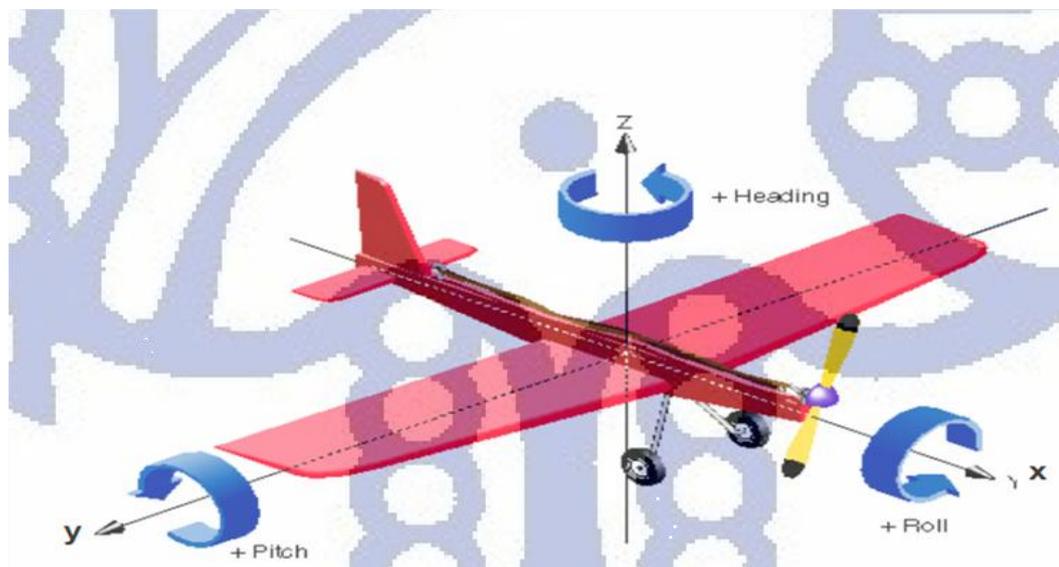
Sistem penginderaan jauh ialah serangkaian komponen yang digunakan untuk penginderaan jauh. Rangkaian komponennya berupa tenaga, objek, sensor, data, dan pengguna data (Sutanto, 1992). Salah satu komponen terpenting dari

sistem penginderaan jauh adalah sensor. Tenaga yang datang dari objek di permukaan bumi diterima dan direkam oleh sensor. Kemampuan sensor untuk menyajikan gambaran objek terkecil ini disebut resolusi spasial. Semakin kecil objek yang dapat direkam oleh

sensor menandakan semakin baik kualitas sensor tersebut. Lebih dari itu sensor yang terpasang pada wahana pesawat ataupun satelit akan menghasilkan data akuisisi yang mengandung bias apabila pergerakan wahana tidak diperhitungkan. Hal ini karena selama misi penerbangan, pesawat udara senantiasa berotasi pada tiga sumbunya, yaitu *pitch*, *roll*, dan *heading*.

*Pitch* adalah gerakan rotasi sumbu (y) wahana terbang terhadap

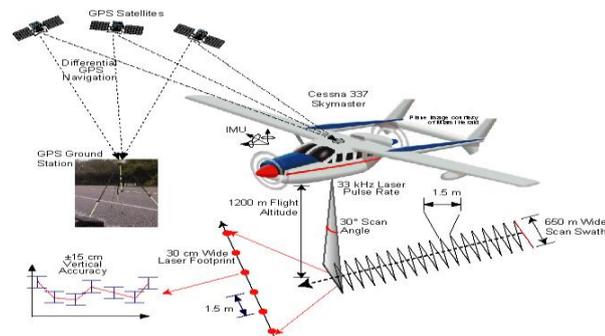
sumbu (Y) sistem referensi terbang. *Roll* merupakan pergerakan rotasi sumbu (x) wahana terbang terhadap sumbu (X) pada sistem referensi terbang. *Heading* merupakan sudut antara sumbu (z) wahana terbang terhadap arah utara. Pergerakan wahana pada salah satu sumbu akan menyebabkan sumbu yang lainnya tidak berimpit dengan sumbu referensi. Agar lebih memperjelas mengenai pergerakan wahana terbang, disajikan melalui gambar berikut.



Gambar 1. Visualisasi Tipe Pergerakan Wahana Terbang (Nawangsi, 2009)

Apabila dicermati, walaupun sistem penginderaan jauh bekerja secara bersama-sama untuk menghasilkan suatu pengukuran, tetapi proses akuisisi data antara komponen sistem tidak bekerja secara simultan pada waktu yang bersamaan. Hal ini akan berimplikasi pada hasil yang diperoleh karena sistem yang bekerja tidak berada pada satu sumbu pengamatan. Sebagai suatu contoh pada akuisisi data dengan menggunakan teknologi LIDAR. Proses akuisisi

data pada LIDAR memiliki komponen sistem yang kompleks dan bekerjanya tidak secara simultan serta dipengaruhi oleh berbagai bias. LIDAR merupakan perpaduan antara LRF (*Laser Range Finder*), POS (*Positioning and Rientation System*) yang mengintegrasikan DGPS (*Differential Global Positioning System*), IMU (*Inertial Measurement Unit*) dan *Control Unit*. Representasi metode penginderaan jauh dengan LIDAR disajikan melalui gambar berikut.



Gambar 2. Representasi Akuisisi Data Teknologi LIDAR  
(Anonim, 2012)

Memperhatikan gambar tersebut, dapat dijelaskan bahwa antara GPS, IMU dan sensor laser tidak merekam data pada waktu yang bersamaan. Sensor laser yang menempel pada pesawat senantiasa akan mengalami perubahan posisi pengaruh dari pergerakan pesawat. Agar hasil akuisisi data yang diperoleh bebas dari kesalahan, maka perlu dilakukan suatu proses integrasi komponen dari sistem teknologi LIDAR. Integrasi dalam hal ini dimaksudkan sebagai upaya untuk memadukan dan menghitung posisi unit perekam pengukur jarak, sudut cermin penyiam, posisi GPS dan informasi IMU pada saat dilakukannya proses akuisisi data. Proses integrasi sistem merupakan sesuatu yang perlu menjadi kajian dalam penelitian. Sebagai bagian dari tinjauan mengenai integrasi sistem teknologi LIDAR, maka melalui tulisan ini akan dicoba untuk disajikan mengenai sistem kerja dari komponen teknologi LIDAR. Hal-hal yang akan dibahas difokuskan pada kajian mengenai sensor laser. Melalui pemaparan isi tulisan ini, diharapkan bisa memberikan suatu peran sebagai informasi awal untuk kegiatan integrasi sistem penginderaan jauh khususnya teknologi LIDAR.

## METODE

Metode penulisan yang digunakan dalam penulisan karya ini yakni metode kepustakaan. Data dikumpulkan dari buku, artikel, dan

rujukan yang relevan. Data tersebut dikumpulkan sebagai bahan analisis. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif.

## PEMBAHASAN

### Sistem LIDAR / Airborne Laser Scanning

Sistem LIDAR merupakan perpaduan antara LRF (*Laser Range Finder*), POS (*Positioning and Orientation System*) yang diintegrasikan dengan DGPS (*Differential Global Positioning System*), IMU (*Inertial Measurement Unit*) dan *Control Unit*. Prinsip kerja sistem LIDAR secara umum adalah sensor memancarkan sinar laser ke target di permukaan bumi, kemudian sinar laser tersebut dipantulkan kembali ke sensor. Berkas sinar yang kembali kemudian dianalisis untuk mengetahui jarak dari sensor ke posisi objek dan menghasilkan posisi 3 dimensi melalui data posisi dan orientasi dari sensor (Lohani, 1996 dan Istarno, 2011).

Pernyataan yang serupa juga menjelaskan, bahwa LIDAR merupakan suatu metode pemetaan dengan teknologi baru yang menggunakan sensor laser pada pesawat udara. Teknologi baru mempunyai makna bahwa sensor lasernya diletakkan pada wahana yang bergerak. Sebelumnya laser digunakan untuk pengukuran dengan objek dan sensor yang diam. Pada saat akuisisi data, sensor laser memancarkan sinar laser dari wahana terbang ke arah permukaan

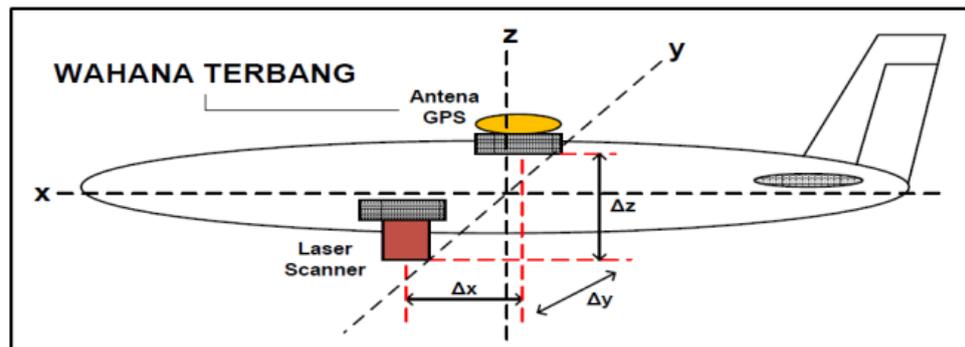
bumi dengan sudut pancaran tertentu. Apabila posisi wahana terbang dapat diketahui dengan GPS dan INS, serta jarak antara wahana terbang dengan permukaan bumi diketahui dengan sensor LIDAR, maka titik-titik di permukaan bumi akan dapat diketahui posisinya (Pfeifer & Christian, 2007 dan Sutanta, tt).

Proses akuisisi data LIDAR dengan perolehan hasil yang terbebas dari berbagai bias kesalahan dipandang sebagai sesuatu yang harus melakukan berbagai tahapan koreksi. Perlu menjadi penekanan bahwa antara komponen pada sistem LIDAR tidak beroperasi secara simultan pada

waktu yang bersamaan. Sehingga hasil akuisisi data yang diperoleh akan mengandung berbagai bias akibat terjadinya pergerakan wahana terbang dan perbedaan waktu akuisisi data. Bias yang terjadi dapat berupa perbedaan spasial dan temporal dari masing-masing komponen sistem LIDAR. Lebih jelasnya disajikan sebagai berikut.

a. Deviasi spasial

Deviasi spasial adalah perbedaan posisi antara lokasi antenna GPS dengan lokasi laser scanner pada wahana terbang. Sebagai ilustrasinya disajikan melalui gambar berikut.

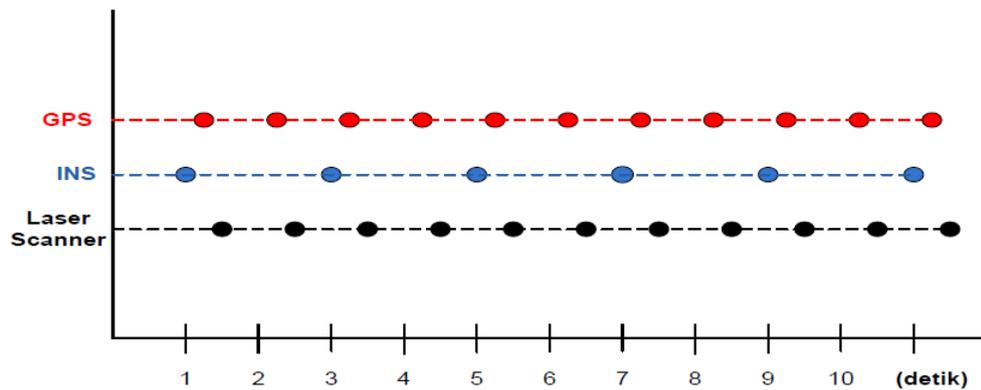


Gambar 3. Deviasi spasial antara antenna GPS dengan sensor laser (Nawangsi, 2009)

b. Deviasi temporal

Dasar pertimbangan adanya deviasi temporal karena komponen-komponen pada LIDAR yaitu GPS, INS, dan sensor laser melakukan pengukuran tidak secara simultan pada waktu yang bersa-

maan. Selisih waktu antara ketiga alat tersebut ketika melakukan pengukuran dinyatakan sebagai deviasi temporal. Sebagai ilustrasi mengenai deviasi temporal disajikan melalui gambar berikut.



Gambar 4. Deviasi temporal antara GPS, INS, dan sensor laser (Nawangsi, 2009)

Upaya yang dapat dilakukan untuk memberikan koreksi terhadap bias pada akuisisi data LIDAR dilakukan dengan cara integrasi komponen sistem LIDAR. Integrasi menurut KBBI mempunyai makna suatu gabungan untuk menjadi kesatuan yang utuh dan bulat. Penerapan integrasi tentunya akan melibatkan lebih dari satu komponen pada suatu sistem. Sama halnya dengan makna dari integrasi, pada sistem penginderaan jauh teknologi LIDAR juga terdapat integrasi antara komponen sistem LIDAR. Komponen yang dimaksud adalah sebagai berikut.

- GPS.  
GPS (*Global Positioning System*) merupakan sistem radio navigasi dan penentuan posisi menggunakan satelit. GPS didesain untuk memberikan posisi dan kecepatan tiga dimensi yang teliti, dan juga informasi mengenai waktu secara kontinu di seluruh dunia. Metode penentuan posisi dengan GPS pada proses akuisisi dengan LIDAR menggunakan metode diferensial kinematik dengan menggunakan data fase. Penggunaan metode diferensial akan memberikan hasil pengamatan yang lebih teliti.

- IMU  
Untuk mendapatkan hasil pengukuran yang optimal dengan tingkat kesalahan seminimum mungkin, maka pada wahana udara dilengkapi alat untuk merekam posisi pesawat saat melakukan akuisi data. Alat yang digunakan adalah IMU. IMU (*Inertial Measurement Unit*) akan memonitor akselerasi dan rotasi pesawat.

- Sensor laser  
Sensor laser merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran jarak antara sensor terhadap permukaan tanah dengan yang menggunakan prinsip beda waktu dan ada yang menggunakan prinsip beda fase

Tanpa terlepas dari pemakaian mengenai integrasi, sebagai informasi awal mengenai integrasi LIDAR merupakan suatu pertimbangan penting mengenai bagaimana komponen dari sistem LIDAR tersebut bekerja. Salah satu komponen LIDAR yang akan menjadi penekanan dalam pembahasan ini yaitu mengenai sensor lasernya. Agar lebih mengarahkan pembahasan mengenai prinsip kerja sensor laser, perlu merujuk pada karakteristik dari sistem teknologi LIDAR. Karakteris-

tik dari sistem teknologi LIDAR secara umum disajikan sebagai berikut.

Tabel 1. Karakteristik Teknologi LIDAR

Spesifikasi	Karakteristik
Wavelength	1.064 $\mu\text{m}$
Pulse Repetition Rate	5 – 33 kHz (50 kHz max)
Pulse Energy	100 s $\mu\text{J}$
Pulse Width	10 ns
Bea Divergence	0.25 – 2mrad
Scan Angle (Full Angle)	40° (75° max)
Scan Rate	25 – 40 Hz
Scan Pattern	Zig-zag, parallel, elliptical, sinusoidal
GPS Frequency	1 – 2 times per second
INS Frequency	50 (200 max)
Operating Altitude	100 – 1000 m (6000 m max)
Footprint	0.25 – 2 m (from 1000 m)
Multiple Elevation Capture	1 – 5
Grid Spacing	0.5 – 2 m
Vertical Error	15+ cm
Horizontal Error	10 – 100 cm

Sumber: Fowler, 2001 (dalam Nawangsidi, 2009).

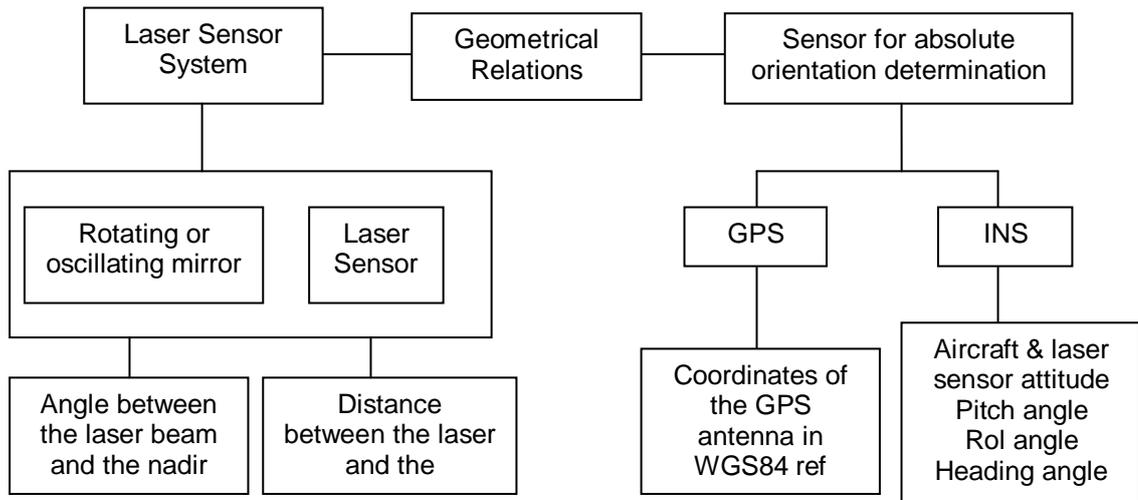
Berdasarkan Tabel 1, dapat dijelaskan bahwa untuk sensor laser pada LIDAR sudah mempunyai spesifikasi tertentu yang bisa digunakan acuan dalam proses akuisisi data. Kenyataan di lapangan pada saat akuisisi data acuan seperti yang tersaji pada tabel tidaklah bersifat mutlak. Hal ini karena spesifikasi *final* yang akan digunakan tergantung pada proses perencanaannya terbang yang dibuat. Khusus untuk sensor laser akan sangat diperhatikan dari segi sudut perekaman (*scan angle*), karena sudut perekaman akan berpengaruh pada kerapatan titik objek yang akan dipetakan.

### Prinsip Kerja Sensor Laser Sebagai Bagian Integrasi Komponen Sistem LIDAR

Teknologi laser *scanning* mempunyai perbedaan prinsip pengukuran dan mekanisme akuisisi datanya dengan teknologi yang selama ini memanfaatkan tenaga matahari. Pada proses akuisisi data dengan menggunakan teknologi LIDAR, untuk laser *scanning* harus didasarkan pada perencanaan

model matematika yang teliti, dengan tujuan agar bisa memenuhi persyaratan presisi tinggi. Sedangkan untuk laser *scanning* terestrial kalibrasi yang teliti diperlukan juga untuk meningkatkan kualitas geometris dari hasil proses akuisisi data (Pfeifer & Christian, 2007).

Diluncurkannya satelit *Global Positioning Sistem* memungkinkan ditentukannya posisi suatu wahana yang bergerak dengan ketelitian yang tinggi, dengan mengacu pada suatu sistem koordinat tertentu. Jika posisi sensor dapat ditentukan dengan ketelitian yang cukup tinggi, dan juga jarak dan sudut antara sensor dengan titik objek di permukaan bumi, maka posisi objek tersebut dapat juga ditentukan. Karakteristik menarik dari sensor laser pada teknologi LIDAR adalah dapat diaturnya frekuensi pancaran sinyal, yang memungkinkan diaturnya density titik tiap satuan luas tertentu. Kedudukan komponen sensor laser pada sistem LIDAR disajikan melalui gambar berikut.



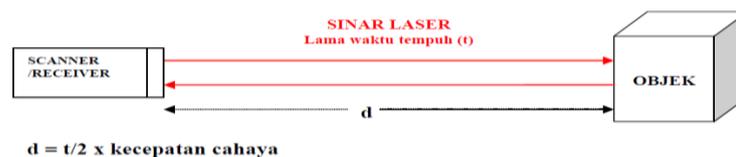
Gambar 5. Kedudukan komponen sensor laser pada sistem LIDAR (Terra Imaging (dalam Sutanta, tt))

Merujuk pada Gambar 5, dapat dijelaskan bahwa antara sensor laser, GPS maupun IMU mempunyai peran yang berbeda. Sebagai contoh INS memberikan data mengenai tipe pergerakan pesawat (*pitc*, *roll* dan *heading*), GPS memberikan posisi koordinat wahana, dan sensor laser memberikan data jarak antara sensor laser dengan objek yang diukur. Antara sistem sensor laser dengan GPS dan INS perlu dilakukannya integrasi berupa relasi geometrik. Hal ini dengan harapan mereduksi bias akibat dari pergerakan wahana terbang.

Sensor laser merupakan bagian terpenting pada sistem LIDAR. Hal ini karena sensor laser berfungsi memancarkan sinar laser ke objek dan merekam kembali gelombang pantulannya setelah

mengenai objek. Sensor laser memancarkan dua gelombang yang berbeda, gelombang hijau dan gelombang infra merah yang memiliki fungsi yang berbeda. Gelombang hijau berfungsi sebagai gelombang penetrasi jika suatu sinar laser mengenai daerah perairan dan berfungsi untuk mengukur data kedalaman. Sedangkan, sinar infra merah berfungsi untuk mengukur data topografi daratan atau permukaan bumi.

Prinsip kerja sensor laser pada LIDAR adalah dengan menghitung jarak berdasarkan informasi selang waktu yang dibutuhkan sinar laser menempuh perjalanan dari pemancar, hingga kembali ke receiver. Secara umum prinsip kerja sensor laser adalah sebagai berikut.

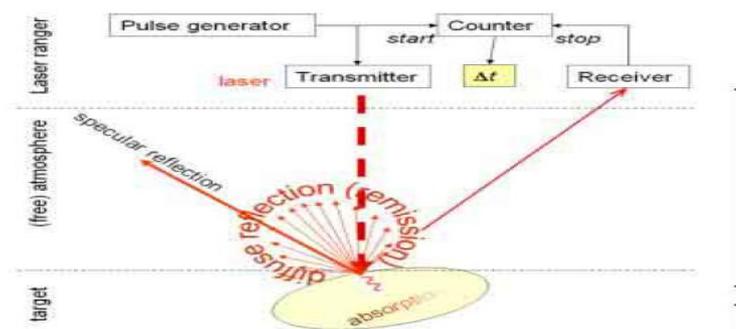


Gambar 6. Prinsip kerja sensor laser (Nawangsi, 2009)

Pada kenyataannya prinsip kerja dari sensor laser tidak semudah seperti yang disajikan pada Gambar 6. Pada komponen sensor laser terdapat beberapa bagian yaitu : sinar laser, *scanner*, *receiver* dan cermin yang digunakan untuk memantulkan sinyal dari pembangkit laser ke permukaan tanah. Sistem kerja cermin pada

sensor laser ini dibedakan menjadi dua yaitu cermin putar dan cermin osilasi (Istarno, 2011 dan Nawangsidi, 2009).

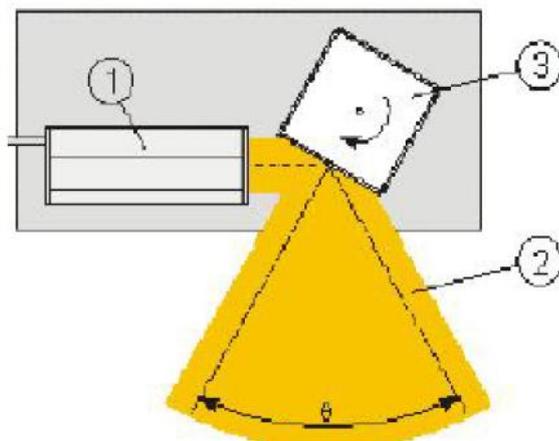
Pendapat yang lebih komprehensif dipaparkan oleh (Pfeifer & Christian, 2007), bahwa prinsip kerja sensor laser pada LIDAR dapat diilustrasikan sebagai berikut.



Gambar 6. Prinsip sensor laser pada LIDAR (Pfeifer & Christian, 2007)

Melalui gambar yang disajikan oleh Pfeifer & Christian (2007), dapat dijelaskan bahwa pada sensor laser LIDAR tidak hanya terdiri dari *scanner* dan *receiver*. Lebih dari itu pada sensor laser juga terdapat *transmitter* yang dilengkapi cermin untuk memancarkan pulsa laser ke objek. Pada saat pulsa laser dipancarkan, *counter* akan merekam

waktu mulai dari laser dipancarkan sampai diterima kembali. Waktu yang terekam akan digunakan data untuk melakukan proses hitungan jarak sensor ke objek. Lebih jelasnya, Hvidegaard (dalam Nawangsidi, 2009) menyajikan ilustrasi prinsip kerja sensor laser melalui gambar berikut.



Keterangan gambar:

1. *Transmitter*
2. Sudut *scanning*
3. Cermin

Gambar 7. Prinsip scanning sensor laser. (Hvidegaard (dalam Nawangsidi, 2009))

Melalui Gambar 7, Hvidegaard (dalam Nawangsidi, 2009) menjelaskan bahwa pada proses *scanning* sensor laser, tahapan pertama yaitu transmitter menembakkan laser, kemudian diarahkan oleh cermin yang bergerak sesuai dengan spesifikasi sudut (*Scan Angle*) yang ditentukan. Perpaduan kerja dari komponen sensor laser sesuai gambar 5, 6 dan 7 akan bisa memberikan data untuk mengetahui jarak dari sensor ke objek yang dipetakan. Lebih jelasnya, Baltasvias (dalam Istarno, 2011), mengungkapkan bahwa untuk pengukuran jarak antara sensor terhadap permukaan tanah menggunakan prinsip beda waktu dan ada juga yang menggunakan prinsip beda fase. Untuk memperoleh hasil pengukuran jarak dari sensor terhadap permukaan tanah dengan prinsip beda waktu menggunakan rumus sebagai berikut.

$$R = c \frac{\Delta t}{2};$$

Dimana :

R = jarak antara sensor dan objek yang diukur.

c = kecepatan cahaya

t = waktu tempuh sinyal.

Perlu menjadi penekanan bahwa proses pengukuran jarak dari sensor ke permukaan bumi menggunakan acuan waktu sinyal menem-puh perjalanan dari sensor ke objek dan kembali lagi ke sensor. Dalam hal ini waktu tempuh hanya digu-nakan sekali perjalanan sinyal, se-hingga waktu tempuh sinyal dari dari sensor ke objek dan kembali lagi ke sensor dibagi 2.

Sensor laser akan memancar-kan berkas sinar laser yang mempu-nyai kecepatan rambat 299.792,458 km/detik. Dengan jarak pengukuran dari sensor laser ke permukaan tanah yang maksimal hanya berjarak 6 km, maka satu berkas sinar laser akan menepuh

jarak sekitar 12 km mulai dari transmitter hingga kembali lagi ke receiver. Jarak 12 km itu dapat ditempuh dalam waktu  $4 \times 10^{-5}$  detik. Sementara kemampuan sensor laser untuk memancarkan sinar laser 5000 hingga 50.000 pancaran per detik-nya, atau dapat menambahkan satu berkas sinar laser dalam  $2 \times 10^{-4}$  detik hingga  $2 \times 10^{-5}$  detik.

Pada proses akuisisi data dengan sensor laser terdapat sudut divergensi yang merupakan sudut yang terbentuk antara 2 kali pancaran pulsa sinar laser yang berurutan. Sudut ini ditentukan oleh panjang gelombang sinar laser yang digunakan dan *foot print size*. Frekuensi pemancaran pulsa sinar laser dan frekuensi penyiaman biasanya dapat diatur. Frekuensi pemancaran pulsa menunjukkan seberapa sering pulsa sinar laser dipancarkan dari alat pembangkitnya tiap satu detik. Sedangkan frekuensi penyiaman menunjukkan seberapa banyak garis penyiaman yang dapat dilakukan dalam satu detik. Pada sistem yang ada saat ini frekuensi pemancaran pulsa berkisar dari 5 kHz sampai dengan 83 kHz, bahkan saat ini terdapat sistem yang mencapai 200 kHz. Kedua hal tersebut, ditambah dengan faktor ketinggian terbang dari atas permukaan tanah akan menentukan kerapatan titik tiap satu satuan luas tertentu (Istarno, 2011 dan Hasil Wawancara PT Airborne, 2011)

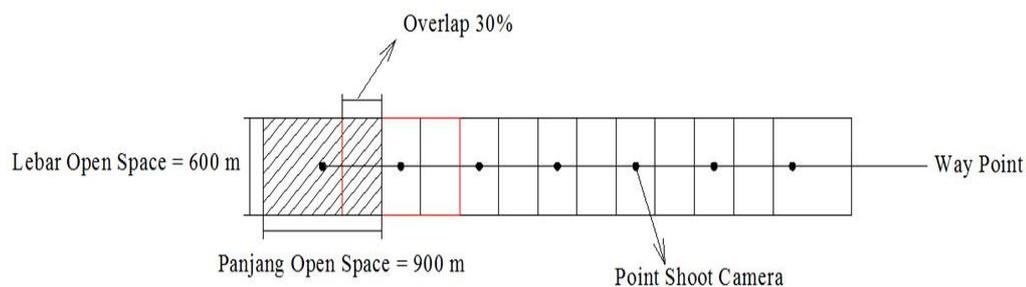
Di samping itu juga berdasarkan hasil wawancara yang pernah dilakukan dengan PT Airborne, bahwa kerapatan laser point tergantung kepada *setting rit pulsa* yang diberikan. Setelah dilakukan uji coba beberapa kali ternyata yang paling efektif dan efisien adalah menggunakan *rit pulsa* sebesar 100 KHz dan tinggi terbang kurang lebih 1000 meter. Untuk *setting rit pulsa* 100 KHz interval laser point pada data

diperoleh jarak 40 cm s/d 50 cm di atas *open area*.

Disisi lain mengenai prosentase pantulan LIDAR yang diterima sensor setiap pancaran LIDAR yang dilepaskan oleh alat dalam satu detik akan diterima kembali oleh sensor berkisar sebesar 60 % untuk areal tidak berair seperti permukaan tanah baik unsur berupa vegetasi seperti areal hutan maupun *non* vegetasi seperti bangunan daerah perkotaan. Jika LIDAR yang dipancarkan jatuh kepada permukaan air, maka pantulannya 0%, karena seluruhnya diserap oleh unsur air. Pantulan LIDAR sebesar 40% apabila LIDAR yang tidak diterima oleh sensor memantul ke segala arah dan

sebagian lagi memantul sempurna tetapi tidak mengenai sensor, hal ini akibat perbedaan waktu pantul dan kecepatan pergerakan alat sensor (kecepatan pesawat). Ilustrasinya dapat merujuk pada gambar 6 (Pfeifer & Christian, 2007 dan Istarno, 2011).

Pada saat *scanning* dengan teknologi LIDAR dan pemotretan udara jalur terbang membentuk garis lurus yang disebut sebagai *Way Point*, yang tersusun dari posisi titik-titik yang mempunyai koordinat dengan interval waktu tertentu. Titik tersebut adalah posisi dimana kamera melakukan *shooting*. Secara umum gambaran mengenai jalur terbang adalah sebagai berikut.

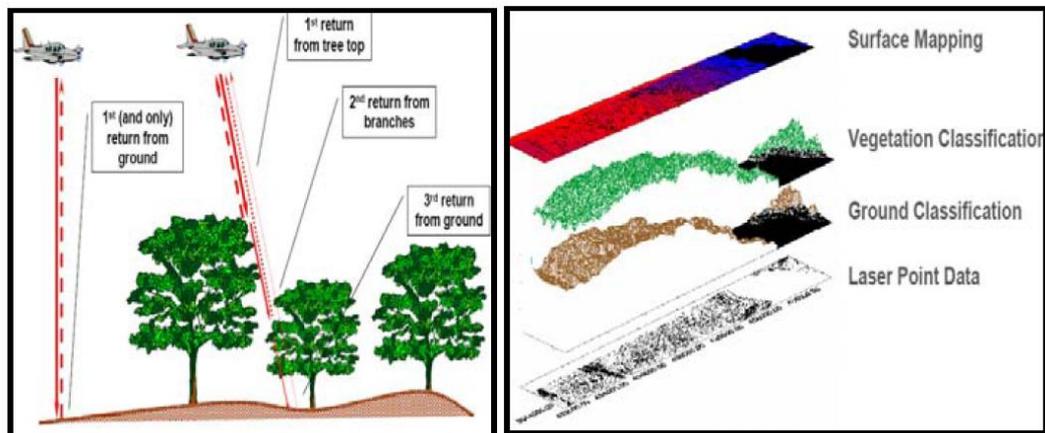


Gambar 7. Jalur terbang  
(Analisis hasil wawancara PT Airborne, 2011)

Mengenai panjang dan lebar *open space* yang serta overlap yang digunakan pada perencanaan jalur terbang, sangat ditentukan oleh kecepatan pesawat dan karakteristik dari sensor yang digunakan.

Terlepas dari prinsip kerja secara umum dari sensor LIDAR, Gaynor (2007), memaparkan bahwa sensor LIDAR mempunyai kemampuan dalam hal pengukuran *multiple return*. *Multiple return* ini digunakan untuk menentukan bentuk dari objek atau vegetasi yang menutupi permukaan tanah. Gelombang yang dipancarkan dan dipantulkan tidak hanya mengenai permukaan tanah, tetapi juga mengenai objek-objek yang ada di atas permukaan tanah.

Masing-masing pantulan yang dihasilkan diukur intensitasnya, sehingga diperoleh gambaran atau bentuk objek yang menutupi permukaan tanah. Pantulan pertama akan mengukur jarak dari objek pertama yang ditemui, contohnya pohon. Pantulan terakhir akan mengukur jarak yang terakhir, contohnya tanah. Dengan memperhatikan data pertama dan terakhir secara simultan, maka akan diperoleh tinggi pohon dan topografi permukaan tanah. *Multiple return* biasanya diaplikasikan untuk daerah-daerah yang vegetasinya sangat padat. Sebagai ilustrasi dari prinsip *multiple return* disajikan pada gambar berikut.



Gambar 8. Konsep *Multiple Return*  
(Gaynor, 2007)

Mengenai prinsip kerja sensor laser yang dikaji dari proses penyiaran (*scanning*) dibedakan menjadi 4 jenis penyiaran. Keempat jenis penyiaran tersebut adalah ; (a) penyiaran putar dengan kecepatan konstan, (b) penyiaran osilasi, (c) penyiaran nutasi, dan (d) penyiaran elips. Melalui jenis-jenis penyiaran sensor laser, berkas sinar laser ditembakkan beruntun dan diarahkan sesuai dengan pola *scan* melalui cermin yang dapat bergerak. Cermin berputar untuk memantulkan sinar laser agar merambat sesuai dengan jalur sapuan. Saat receiver menerima pantulan balik sinar laser, sensor laser akan bisa mengidentifikasi obyek yang memberikan pantulan.

## PENUTUP

Sebagai kesimpulan dalam tulisan ini dapat dijelaskan bahwa melalui informasi prinsip kerja dari komponen sistem teknologi LIDAR akan bisa dijadikan sebagai informasi awal untuk melakukan proses integrasi antar komponennya. Integrasi dimaksudkan sebagai upaya untuk memadukan dan menghitung posisi unit perekam pengukur jarak, sudut cermin penyiar, posisi GPS dan informasi IMU pada saat

dilakukannya proses akuisisi data. Salah satu yang dipaparkan dalam tulisan ini bahwa sensor laser pada LIDAR memberikan informasi jarak dari sensor yang terpasang pada wahana terbang dengan objek yang dipetakan. Prinsip kerja sensor laser untuk pengukuran jarak sensor terhadap permukaan tanah menggunakan prinsip beda waktu dan ada juga yang menggunakan prinsip beda fase. Proses *scanning* sensor laser, diawali dari *transmitter* menembakkan laser, kemudian diarahkan oleh cermin yang bergerak sesuai dengan spesifikasi sudut (*Scan Angle*) yang ditentukan. Perpaduan kerja dari komponen sensor laser akan bisa memberikan data untuk mengetahui jarak dari sensor ke objek yang dipetakan.

Melalui keterbatasan sarana baik berupa data maupun *software* beserta SDM untuk melakukan integrasi komponen dari teknologi LIDAR, sehingga apa yang disajikan dalam tulisan ini tidak bisa merepresentasikan secara mendetail hubungan matematis antara integrasi komponennya. Sebagai suatu hal yang bisa disajikan hanyalah berupa teori yang merujuk pada beberapa hasil penelitian beserta pustaka mengenai bagaimana prinsip kerja salah satu

komponen dari LIDAR, yaitu sensor laser. Sehingga diharapkan isi dari kajian pustaka dalam tulisan ini bisa menjadi pedoman ataupun pertimbangan mengenai proses integrasi komponen dari teknologi LIDAR.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2011. *LIDAR Technology*. Tersedia pada [http://www.google.co.id/imgres?imgurl=http://lidar.ihr.c.fiu.edu/images/schem\\_MD\\_MAN04\\_2.jpg&imgrefurl=http://lidar.ihr.c.fiu.edu/aboutlidar.html&usq=\\_\\_cWI-rzRadlQIPkcW46KFjvsNIQk=&h=546&w=659&sz=160&hl=id&start=15&zoom=1&tbnid=iIWeTsGZ-kYsFM:&tbnh=14&tbnw=138&ei=khZIUNKvlo2zGrAfZkIH4Cg&prev=/images%3Fq%3Dairborne%2Blaser%2Bscanning%26hl%3Did%26client%3Dfirefox%26sa%3DX%26rls%3Dorg.mozilla:enUS:official%26tbn%3Disch&itbs=1](http://www.google.co.id/imgres?imgurl=http://lidar.ihr.c.fiu.edu/images/schem_MD_MAN04_2.jpg&imgrefurl=http://lidar.ihr.c.fiu.edu/aboutlidar.html&usq=__cWI-rzRadlQIPkcW46KFjvsNIQk=&h=546&w=659&sz=160&hl=id&start=15&zoom=1&tbnid=iIWeTsGZ-kYsFM:&tbnh=14&tbnw=138&ei=khZIUNKvlo2zGrAfZkIH4Cg&prev=/images%3Fq%3Dairborne%2Blaser%2Bscanning%26hl%3Did%26client%3Dfirefox%26sa%3DX%26rls%3Dorg.mozilla:enUS:official%26tbn%3Disch&itbs=1). Diakses pada Minggu 30 September 2012.
- Gaynor, S. 2007. *Lidar Technology the Basics*. Leica Geosystem.
- Hasil wawancara dengan teknisi PT. Airborn. Pada Jumat, 30 Desember 2011.
- Istarno. 2011. *Pembentukan Model Elevasi Digital Dari Data LIDAR dan Interpretabilitasnya Untuk Obyek Tutupan Lahan di daerah Koridor Nganjuk-Kertosono*. Disertasi (tidak diterbitkan), Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Karvak. 2007. *Perencanaan Jalur Sute dan Analisa Topografi* *Detail Menggunakan Teknologi Foto Udara, LIDAR, dan Batimetrik*. Jakarta.
- Lohani, B. 1996. *Airborne Altimetric LIDAR: Principle, Data Coleection, Processing and Applications*. Department of Civil Engineering, India.
- Nawangsi, Dipo. 2009. *Airborne Altimetric LIDAR ; Aplikasi dan Permasalahan*. Program Studi Teknik Geodesi & Geomatika Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian ITB.
- Pfeifer, Norbert dan Christian Briese. 2007. *Laser Scanning-Principles and Applications*. Institute of Photogrammetry and Remote Sensing, Vienna University of Technology.
- Sutanta, Heri. tt. *Penggunaan Airborne Laser Scanning (ALS) untuk Pengadaan DTM Berketelitian Tinggi*. Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Sutanto. 1986. *Penginderaan Jauh*. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.