

Lecture 7

Pada video ini dibahas mengenai robotik sensor dan fokus ke *computer vision* sensor. *Robotic sensor* itu termasuk data input. Dalam konteks perangkat keras atau hardware sensing adalah salah satu kemampuan robot untuk bisa mendapatkan informasi dari lingkungannya. Jadi dari sensor masuk ke *sensing* komponen di dalam *cross operating system*. Setelah itu, bisa menampilkan banyak model terutama untuk *motion planning* dan projectory berdasarkan *sensing* yang ada di robot. Dalam materi ini dipelajari mengenai *mobile robot* terutama sensornya. Tujuannya bagaimana mempelajari karakteristik *performance* dari sensor dan full spektrum dari sensor apa saja jenis-jenis sensor yang ada, misalnya sensor aktif dan pasif. Contohnya ketika membayangkan *self-driving cars*, kira-kira terdapat berapa banyak sensor yang ada di dalamnya. Dalam gambar terdapat *long range camera* dan radar, dibagian depan terdapat *perimeter lidar + peripheral video system + radar* jadi ada jarak antara bagian depan dan belakang dan diatas juga. Jadi sensor yang sama tapi memiliki fungsi yang berbeda tergantung keberadaan sensor tersebut. Sensor dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya proprioseptif untuk mengukur nilai internal pada robot (contohnya: kecepatan motor, sudut sendi lengan robot, dan tegangan baterai) dan ekteroseptif untuk memperoleh informasi dari lingkungan robot (contohnya pengukuran jarak dan intensitas cahaya). Kemudian dibagi lagi menjadi pasif dan aktif. Sensor pasif digunakan untuk mengukur energi lingkungan sekitar yang masuk ke sensor tapi kinerjanya sangat bergantung pada lingkungan (contohnya probe suhu dan kamera). Sensor aktif digunakan untuk memancarkan energi ke lingkungan dan mengukur reaksinya tapi dapat mempengaruhi lingkungan (contohnya sensor ultrasonik dan pemancar laser rangefinder). Selain itu, kinerja sensor dibedakan dalam spesifikasi desain dan spesifikasi in situ. Spesifikasi desain termasuk hal-hal seperti rentang dinamis, resolusi, linearitas, dan *bandwidth* atau frekuensi sensor, sementara spesifikasi in situ fokus pada kesalahan sensor seperti kesalahan sistematis yang bisa dimodelkan dan kesalahan acak yang tidak dapat diprediksi dengan tepat. Analisis kesalahan sensor dilakukan melalui pendekatan probabilistik dengan asumsi distribusi simetris, unimodal (seringkali berbentuk Gaussian), meskipun sering kali merupakan simplifikasi kasar. Juga, penyebaran kesalahan sensor ditandai oleh hukum penyebaran kesalahan. Sebuah pemahaman yang baik mengenai berbagai spesifikasi dan jenis kesalahan sensor sangat penting dalam merancang dan menggunakan teknologi yang memanfaatkannya. Suatu ekosistem sensor terdiri dari berbagai macam komponen, antara lain *encoders*, *heading sensors* (sensor penentu arah), *accelerometers* dan *IMU* (Unit Pengukur Inersia), *beacons* (balok sinyal), *active ranging*, dan *camera*. Berikut detail penjelasan ekosistem sensor, antara lain:

- *Encoders* (Pengode) merupakan perangkat elektro-mekanis yang mengubah gerakan menjadi serangkaian pulsa digital, yang dapat diubah menjadi pengukuran posisi relatif atau absolut. Sensor ini termasuk dalam kategori sensor proprioseptif yang memungkinkan untuk lokalisasi robot. Prinsip dasar dari pengode optik adalah menggunakan cahaya yang bersinar ke fotodiode melalui celah-celah dalam piringan logam atau kaca.

- *Heading Sensors* (Sensor Penentu Arah) digunakan untuk menentukan orientasi robot. Jenis sensor ini dapat bersifat proprioseptif, seperti giroskop yang mempertahankan orientasinya terhadap bingkai referensi yang tetap, atau bisa juga bersifat eksteroseptif, misalnya kompas yang menunjukkan arah relatif terhadap arah kardi nal geografis. Dengan menggabungkan pengukuran dengan informasi kecepatan, dapat diperoleh perkiraan posisi melalui integrasi, yang dikenal sebagai penjelajahan mati. Prinsip dasar dari giroskop mekanik adalah momentum sudut yang terkait dengan roda berputar yang menjaga sumbu rotasi dalam keadaan inertial.
- *Accelerometer* dan *IMU* (Unit Pengukur Inersia) adalah perangkat yang menggunakan giroskop dan akselerometer untuk memperkirakan posisi relatif, orientasi, kecepatan, dan percepatan kendaraan yang bergerak terhadap bingkai inersial. *Drift* merupakan masalah fundamental dalam IMU yang membutuhkan referensi periodik terhadap pengukuran eksternal untuk membatalkan *drift*.
- *Beacons* merupakan perangkat penanda dengan posisi yang diketahui secara tepat. Contoh klasik penanda mencakup bintang dan mercusuar, sedangkan contoh modernnya termasuk teknologi GPS dan sistem penangkapan gerak.
- *Active Ranging* (Pengukuran Aktif Jarak) memberikan informasi pengukuran langsung terhadap jarak ke objek di sekitarnya. Sensor ini memiliki peran penting dalam lokalisasi dan rekonstruksi lingkungan. Terdapat dua jenis utama dari sensor ini, yaitu sensor pengukuran aktif waktu terbang seperti sensor ultrasonik dan pemancar laser, serta sensor pengukuran aktif geometris yang meliputi triangulasi optik dan cahaya terstruktur.
- Sensor lainnya yang tersedia terbagi menjadi dua, yaitu klasik dan teknologi yang muncul. Contoh dari sensor klasik yaitu radar (menggunakan efek doppler untuk menghasilkan data kecepatan) dan sensor taktil. Contoh dari teknologi yang muncul yaitu kulit buatan dan kamera neuromorfik. Konsep kulit buatan membawa sensor ke level yang lebih luas dan lebih sensitif, memungkinkan perangkat untuk 'merasakan' lingkungan sekitarnya dengan cara yang lebih serupa dengan kemampuan kulit manusia. Selain itu, kemajuan dalam teknologi sensor juga melibatkan pengembangan kamera neuromorfik. Kamera ini terinspirasi dari struktur otak manusia dan dirancang untuk mengadopsi prinsip-prinsip yang serupa dalam mengumpulkan data visual. Dengan demikian, kamera ini tidak hanya mengambil gambar, tetapi juga dapat melakukan pemrosesan data yang lebih kompleks, mirip dengan cara otak manusia memahami dan merespons informasi visual.

Selanjutnya dibahas mengenai materi pengantar *computer vision*. *Computer vision* adalah disiplin yang mempelajari penggunaan kamera dan model kamera. *Vision* sendiri merupakan kemampuan untuk menginterpretasi lingkungan sekitar dengan menggunakan cahaya yang terlihat yang dipantulkan oleh objek di sekitar. Meskipun mata manusia mampu memberikan informasi dalam jumlah besar, kamera, seperti CCD atau CMOS, berperan dalam menangkap cahaya, mengonversinya menjadi gambar digital, dan memprosesnya untuk mendapatkan informasi relevan, mulai dari informasi geometrik hingga semantik. Beberapa pemanfaatannya yakni cara mengambil gambar dunia. Proses pengambilan gambar dunia melibatkan cahaya yang dipantulkan oleh objek dan tersebar ke segala arah. Jika hanya

ditambahkan permukaan fotoreseptif saja, gambar yang dihasilkan akan menjadi sangat kabur. Kemudian konsep pinhole camera merupakan konsep untuk memblokir sebagian besar sinar dengan menambahkan penghalang pada jalur cahaya. Kamera ini tidak menggunakan lensa, melainkan memiliki lubang jarum yang sangat kecil. Ide pinhole camera merupakan konsep yang sudah sangat kuno, sudah ada sejak ribuan tahun sebelum Masehi. Deskripsi pertama mengenai kamera ini dijelaskan oleh Leonardo Da Vinci pada tahun 1502. Gambar kamera obscura tertua yang diterbitkan berasal dari karya Gemma Frisius pada tahun 1544. Kendala yang muncul dalam pinhole camera adalah jika lubangnya semakin besar, akan terjadi peningkatan jumlah sinar yang melewati lubang, menyebabkan gambar menjadi kabur. Sebaliknya, jika lubangnya semakin kecil, jumlah sinar yang melewati lubang akan berkurang, menyebabkan gambar menjadi gelap, dan terjadi difraksi. Solusi yang ditemukan adalah dengan menambahkan lensa untuk menggantikan lubang tersebut. Lensa adalah komponen optik yang berfungsi memusatkan cahaya melalui refraksi. Model lensa tipis memberikan sejumlah sifat kunci, mengikuti hukum Snell, yang menjelaskan bagaimana lensa bekerja dalam memfokuskan cahaya. Selanjutnya proyeksi perspektif, tujuan utamanya adalah mencari cara bagaimana titik-titik di dunia nyata dipetakan ke dalam gambar kamera. Asumsi dasar yang digunakan dalam proyeksi ini adalah model kamera lubang jarum. Konsep koordinat homogen diperkenalkan untuk merepresentasikan transformasi ini sebagai pemetaan linier. Proyeksi perspektif juga dapat ditulis secara setara dalam koordinat homogen. Bagian terakhir membahas *skewness* (kemiringan) dalam proyeksi perspektif yang merupakan salah satu aspek yang perlu dipahami dalam pengambilan gambar menggunakan kamera.