

# **TUGAS PENDAHULUAN MODUL OPTIK**

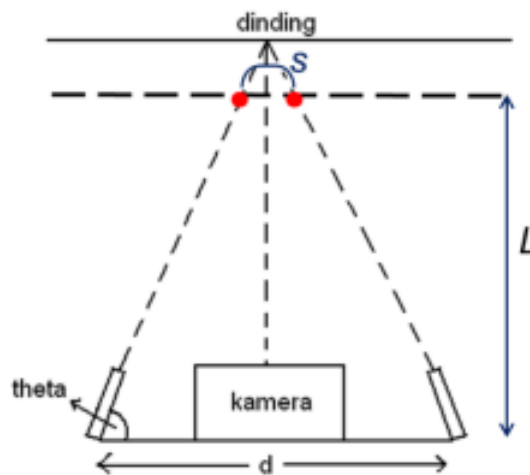
**By : Bryan/13619042**

Soal :

1. Jelaskan konsep triangulasi yang dinyatakan lewat persamaan (4)!
2. Jelaskan perbedaan filtering pada domain spasial dan filtering pada domain frekuensi spasial!
3. Jelaskan tentang filter Gaussian pada konteks filter spasial!
4. Jelaskan dengan Bahasa sendiri apa yang dimaksud dengan reprojection error!
5. Jelaskan apa yang dimaksud dengan distorsi radial dan distorsi tangential serta tuliskan formulasinya!

Jawaban :

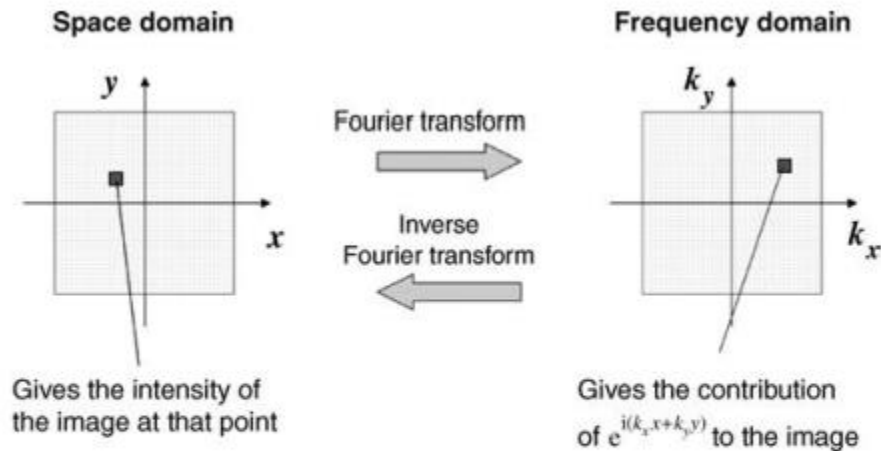
1. Triangulasi sebenarnya adalah permasalahan di geometri dan trigonometri yang salah satunya digunakan untuk menentukan jarak dari 2 titik. Disini, yang kita gunakan adalah laser triangulation sensor, yang digunakan untuk menentukan posisi target dengan mengukurnya dari permukaan target. Biasa digunakan transmitter untuk memproyeksikan titik cahaya pada target dan pantulannya difokuskan melalui lensa optik sebagai receiver. Tentunya, jika target berubah posisinya, maka titik cahayanya akan berubah juga. Dengan mengukur posisi titik cahaya pada citra, maka jarak objek terhadap sistem dapat ditentukan dengan syarat jarak dan sudut konfigurasi sudah diketahui. Berikut gambaran untuk laser triangulation sensor untuk pengukuran jarak



*Gambar 3 Konfigurasi pengukuran jarak menggunakan dua bintang laser*

2. Pada filter domain spasial, kita biasanya berurusan dengan bagaimana sistem imaging dan berbagai macam filter berefek ke pixel secara individu pada gambar. Pada domain frekuensi spasial, kita mempertimbangkan sistem imaging dan operasi filtering dari perspektif yang berlainan, yaitu bagaimana mereka berefek ke komponen harmonik

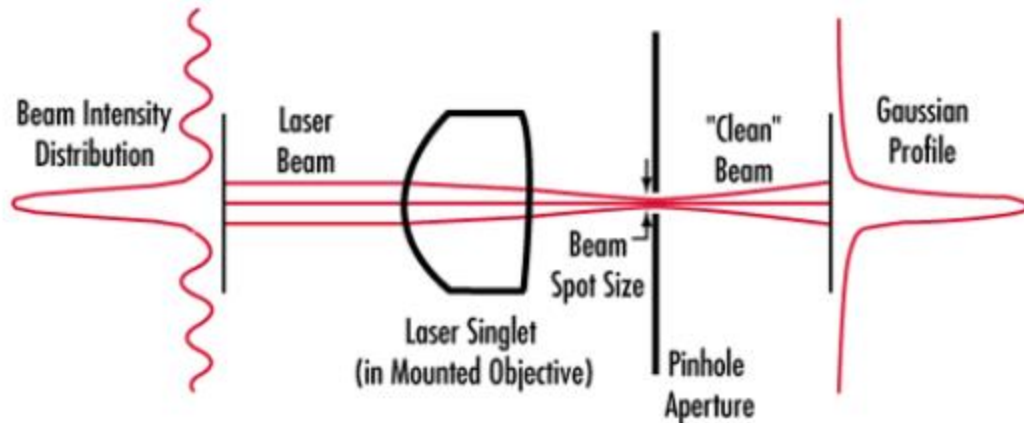
pembentuk input. Gambar berikut menggambarkan ide dasar dari filtering domain spasial dan domain frekuensi spasial.



**Figure 5.6** The relation between the space domain and the frequency domain. The value at a point  $(x, y)$  in the space domain specifies the intensity of the image at that point. The (complex) value at a point  $(k_x, k_y)$  in the frequency domain specifies the contribution of the harmonic function  $\exp[i(k_x x + k_y y)]$  to the image

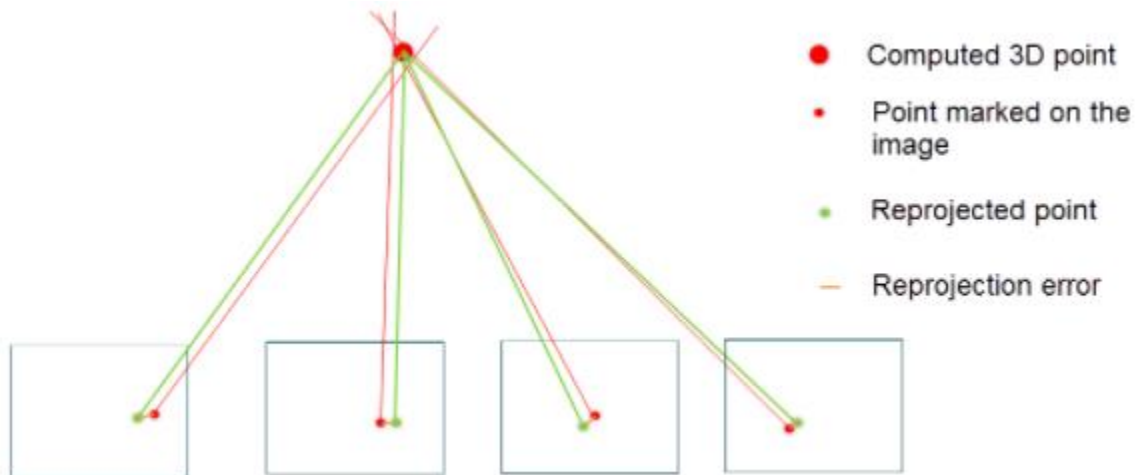
Pada domain spasial, kita mengacu ke lokasi pixel melalui sistem koordinat Cartesian. Pada domain frekuensi spasial, kita mengacu ke sistem koordinat  $(k_x, k_y)$  yang memberi informasi tentang kontribusi dari komponen  $e^{i(\vec{k} \cdot \vec{r})}$  ke omponen frekuensi harmonik yang membentuk gambar.

3. Filter spasial didesain untuk digunakan dengan laser untuk membersihkan berkasnya. Biasanya, yang diinginkan adalah berkas Gaussian namun yang didapat adalah berkas dengan intensitas fungsi  $\text{sinc}(x) = \sin x / x$ . Berkas yang didapat ini tidak diinginkan karena memiliki banyak mode puncak energi dengan bagian tengahnya adalah bagian yang diinginkan (berkas maximum). Terlebih lagi, karena adanya debu di udara atau komponen optic akan menghamburkan cahaya dan menghasilkan berkas cincin yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, diperlukan filter Gaussian pada filter spasial. Filter ini terdiri dari lensa objektif mikroskop, pinhole aperture dan mekanisme positioning dengan gerakan XY yang presisi untuk centering di focal point lensa objektif.



$$\text{Beam Spot Diameter } [\mu\text{m}] = 1.27 \frac{\lambda f}{D} \quad (1)$$

4. Reprojection error adalah suatu besaran kuantitatif untuk kalibrasi kamera yang mengindikasikan perbedaan jarak antara titik nyata secara 3 dimensi dan titik objek yang diproyeksi ke dalam imagenya. Secara matematis, ini dapat dihitung dengan mencari penjumlahan dari kuadrat jarak antara 2 titik tersebut. Seperti biasa, ini adalah besaran yang ingin diminimalisasi, bergantung dari property intrinsic dan extrinsic dari kamera. Untuk visualisasinya, lihatlah gambar di bawah ini



5. Tangential dan radial distortion termasuk ke dalam kelompok geometrical distortion yang berhubungan dengan posisi dari image point di image plane. Hal ini disebabkan dapat disebabkan oleh bentuk lensa yang cacat dalam proses manufaktur ataupun sifat dari cahaya yang datang.

Distorsi radial adalah distorsi yang mengakibatkan perpindahan ke arah dalam atau luar dari image point yang diberikan dari posisi idealnya. Ini disebabkan karena cacatnya lensa selama manufaktur dalam bentuk kurvatur dari lensa tersebut. Perpindahan negative

arah radial disebut sebagai barrel distortion, menyebabkan titik luarnya “dipadatkan” sehingga bentuknya mengecil. Perpindahan positif ke arah radial disebut sebagai pinclusion distortion. Persamaan yang menyatakan distorsi radial dari perfectly centered lens diberikan oleh persamaan berikut :

$$\delta_{\rho r} = k_1 \rho^3 + k_2 \rho^5 + k_3 \rho^7 + \dots$$

dengan  $\rho$  adalah jarak radial dari titik utama dari image plane dan  $k_i$  adalah koefisiennya. Fenomena ini dapat digambarkan sebagai berikut :

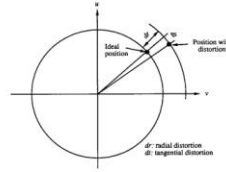


Fig. 2. Radial and tangential distortions.

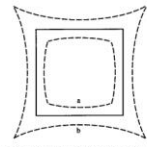


Fig. 3. Effect of radial distortion. Solid lines: no distortion; dashed lines: with radial distortion (a: negative, b: positive).

Distorsi tangensial adalah distorsi yang disebabkan oleh factor external berupa pemasangan kamera dan lensa yang tidak cocok karena pemasangannya tidak parallel dengan imaging plane. Tipenya juga terbagi 2, yaitu decentering distortion dan thin prism distortion. Decentering distortion terjadi karena pusat elemen lensa tidak kolinear dengan filmnya, memiliki komponen radial dan komponen tangensial dengan formulasi :

$$\delta_{\rho d} = 3(j_1 \rho^2 + j_2 \rho^4 + \dots) \sin(\varphi - \varphi_0)$$

$$\delta_{\rho t} = (j_1 \rho^2 + j_2 \rho^4 + \dots) \cos(\varphi - \varphi_0)$$

Untuk thin prism distortion, asalnya dari desain lensa dengan cacat dan manufakturnya atau karena pemasangan kamera. Tipe distorsi ini bisa dimodelkan dengan adjunction dari prisma tipis ke sistem optikal, mengakibatkan adanya tambahan distorsi radial dan tangensial. Distorsi tersebut diformulasikan sebagai berikut :

$$\delta_{\rho p} = (i_1 \rho^2 + i_2 \rho^4 + \dots) \sin(\varphi - \varphi_1)$$

$$\delta_{tp} = (i_1 \rho^2 + i_2 \rho^4 + \dots) \cos(\varphi - \varphi_1)$$

Dengan  $\varphi_1$  adalah sudut antara sumbu u positif dan sumbu maksimum distorsi tangensial. Efek distorsi tangensial dapat dilihat pada gambar berikut :

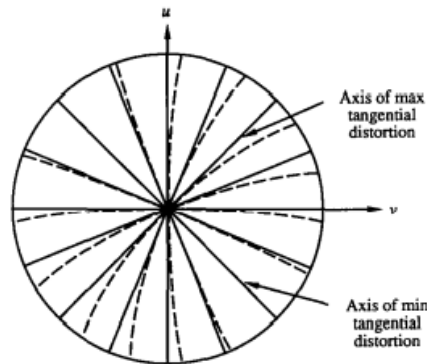


Fig. 4. Effect of tangential distortion. Solid lines: no distortion; dashed lines: with tangential distortion.