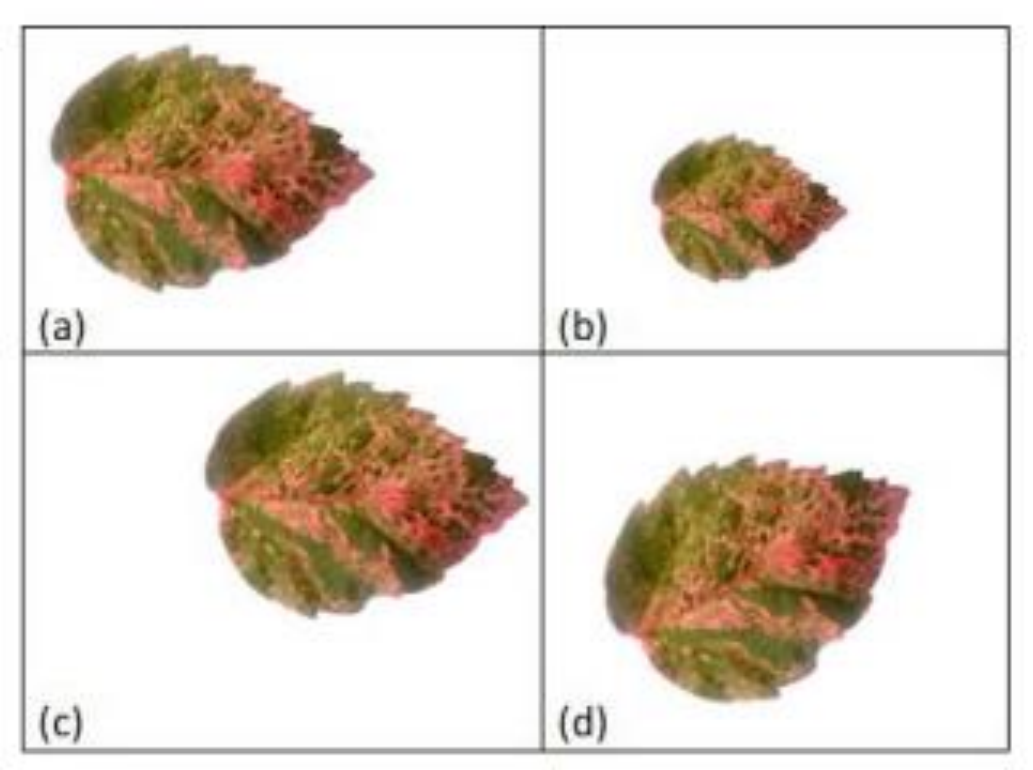
Ekstraksi Fitur Bentuk

Bagaimana mengidentifikasi bentuk objek ?

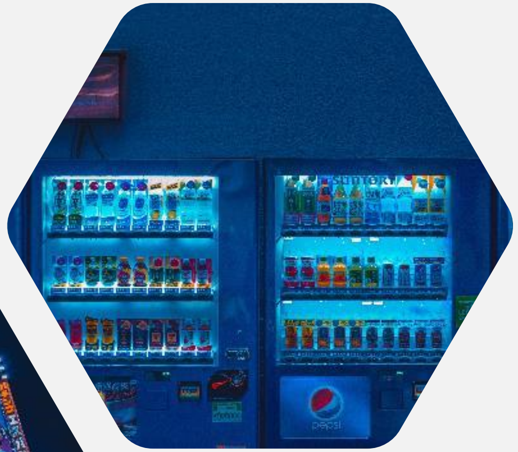
Definisi

- Bentuk menurut D.G. Kendall (Stegmann dan Gomez, 2002) adalah infomasi geometris yang tetap ketika efek lokasi, skala, pemutaran dilakukan terhadap sebuah objek
- Fitur dinyatakan dengan susunan bilangan yang dapat dipakai untuk mengidentifikasi objek



Sifat Fitur Efisien

1. Teridentifikasi: Fitur berupa nilai yang dapat digunakan untuk membedakan antara suatu objek dengan objek lain. Jika kedua fitur tersebut didampingkan, dapat ditemukan perbedaan yang hakiki. Hal ini sama seperti kalau dilakukan oleh manusia secara visual.
2. Tidak dipengaruhi oleh translasi, rotasi, dan penyekalaan: Dua objek yang sama tetapi berbeda dalam lokasi, arah pemutaran, dan ukuran tetap dideteksi sama.
3. Tidak bergantung pada affine: Idealnya, efek affine tidak mempengaruhi fitur.
4. Tahan terhadap derau: Fitur mempunyai sifat yang andal terhadap derau atau cacat data. Sebagai contoh, daun yang sama tetapi salah satu sedikit robek tetap dikenali sebagai objek yang sama.
5. Tidak bergantung pada tumpang-tindih: Apabila objek sedikit tertutupi oleh objek lain, fitur bernilai sama dengan kalau objek itu terpisah.
6. Tidak bergantung secara statistis: Dua fitur harus tidak bergantung satu dengan yang lain secara statistik.

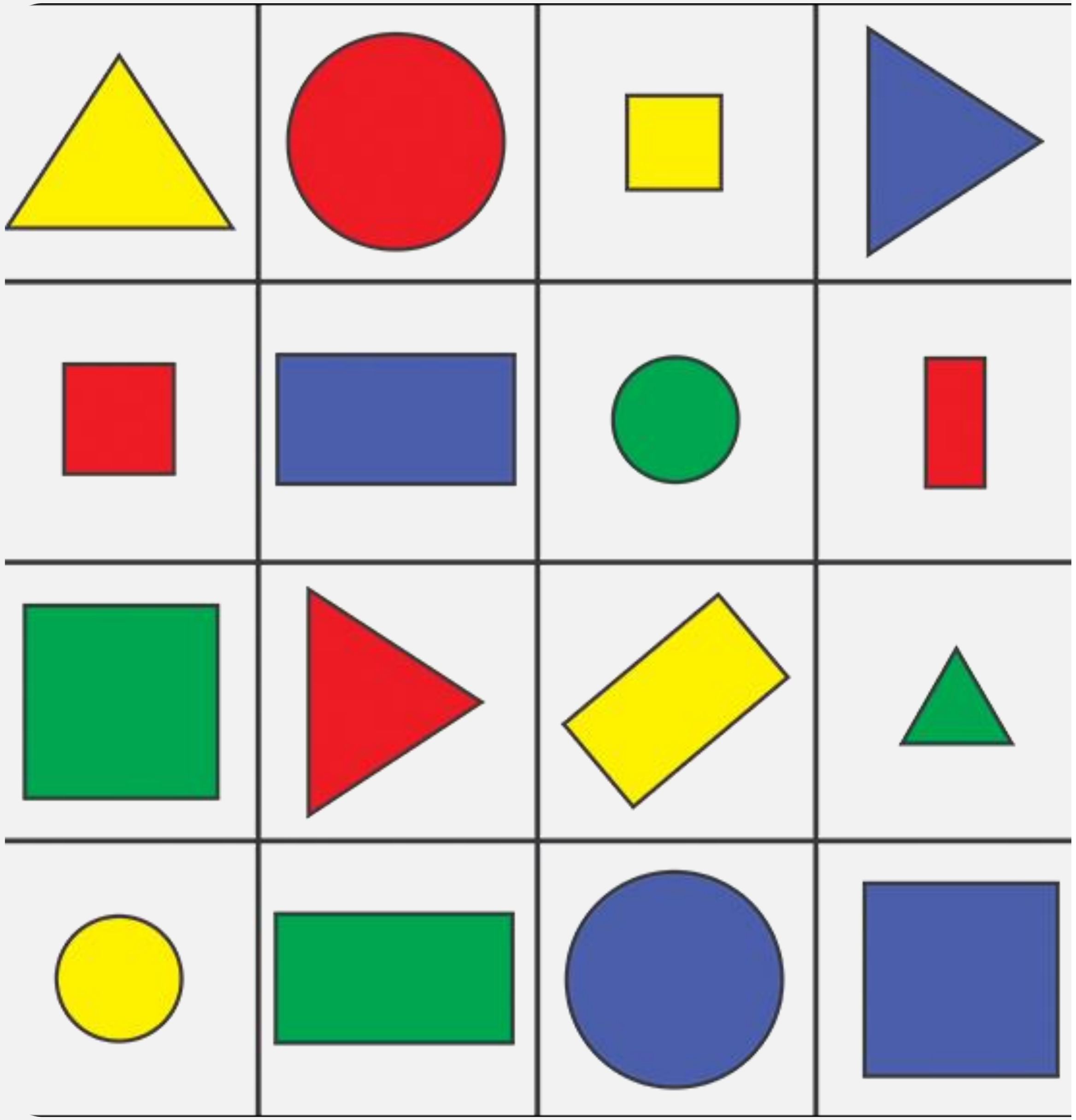


Fitur Bentuk

Fitur bentuk adalah fitur dasar dalam visual content pada citra. Dimana setiap objek citra dapat dibedakan berdasarkan bentuk dari objek tersebut.

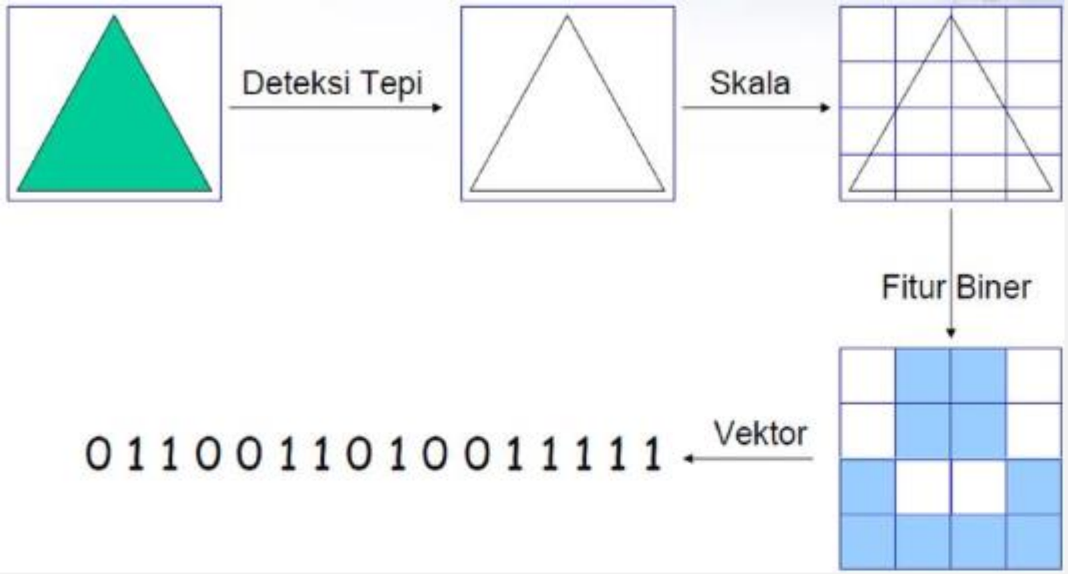
- Bentuk dasar dalam geometri adalah bujur Sangkat, persegi Panjang, segitiga, lingkaran dan elips.
- Fitur bentuk dapat diperoleh dengan
  - Deteksi tepi
  - Histogram proyeksi
  - Histogram sudut

Bagaimana mendapatkan vector yang membedakan bentuk-bentuk objek dari citra ?



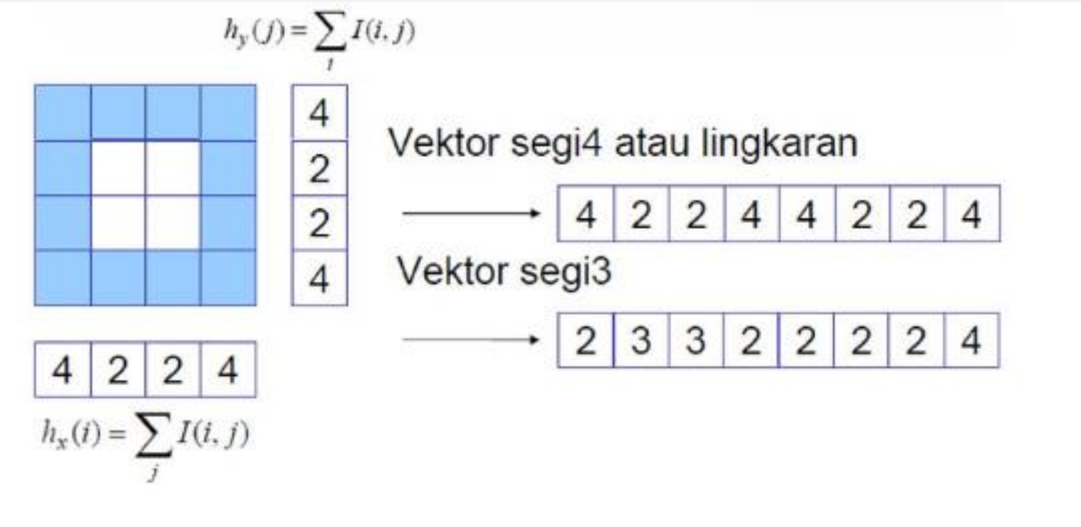
Deteksi Tepi

- Dapatkan tepi citra dengan menggunakan deteksi tepi
- Tentukan skala (Panjang) fitur, misal citra ukuran 300 x 200 menjadi 30 x 20 maka setiap 10 x 10 menjadi 1 nilai biner
- Setiap sel (sx, sy) akan bernilai 1 bila ada garis tepi dan akan bernilai 0 bila tidak ada garis tepi

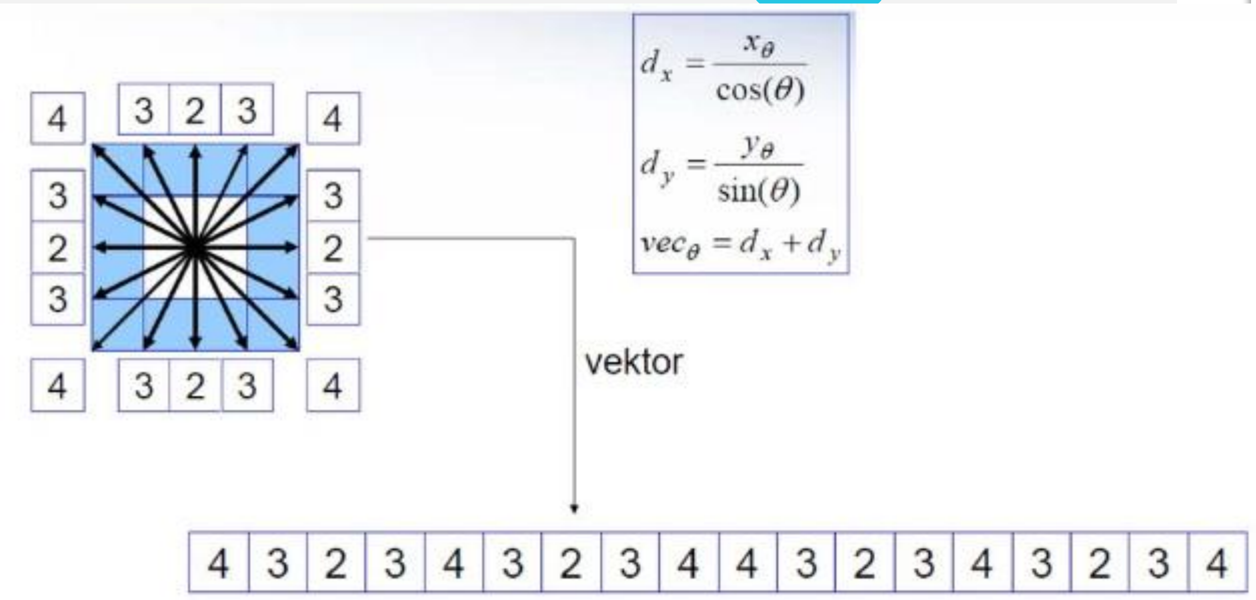


Histogram Proyeksi

- Histogram proyeksi menyatakan jumlah piksel per baris dan per kolom



Histogram Sudut



Fitur Objek Biner

NO	Fitur	Formula	Kegunaan
1	Area	$$A_i = \sum_{r=0}^{height-1} \sum_{c=0}^{width-1} I_i(r,c)$$	Untuk mendapatkan ukuran objek
2	Center of area	$$\overline{r_i} = \frac{1}{A_i} \sum_{r=0}^{height-1} \sum_{c=0}^{width-1} rI_i(r,c)$$ $$\overline{c_i} = \frac{1}{A_i} \sum_{r=0}^{height-1} \sum_{c=0}^{width-1} cI_i(r,c)$$	Untuk mendapatkan koordinat titik tengah objek
3	Axis of least second moment	$$\theta_i = \frac{1}{2}\tan^{-1}\left[\frac{2\sum_{r=0}^{height-1}\sum_{c=0}^{width-1}(r-\overline{r})(c-\overline{c})I_i(r,c)}{\sum_{r=0}^{height-1}\sum_{c=0}^{width-1}(r-\overline{r})^2 I_i(r,c) - \sum_{r=0}^{height-1}\sum_{c=0}^{width-1}(c-\overline{c})^2 I_i(r,c)}\right]$$ Dalam satuan radiaon, konversi kederajat = theta/phi x 180 derajat	Untuk mendapatkan sudut orientasi objek
4	Perimeter	Menghitung piksel 1’ yang tetangga sekitarnya = ‘0’	Memberikan informasi lokasi dari objek dan bentuk

Fitur Objek Biner

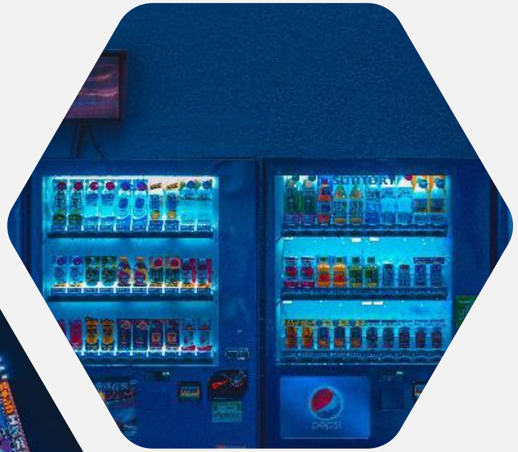
NO	Fitur	Formula	Kegunaan
1	Area	$A_i = \sum_{r=0}^{height-1} \sum_{c=0}^{width-1} I_i(r,c)$	Untuk mendapatkan ukuran objek
2	Center of area	$\overline{r_i} = \frac{1}{A_i} \sum_{r=0}^{height-1} \sum_{c=0}^{width-1} rI_i(r,c)$ $\overline{c_i} = \frac{1}{A_i} \sum_{r=0}^{height-1} \sum_{c=0}^{width-1} cI_i(r,c)$	Untuk mendapatkan koordinat titik tengah objek
3	Axis of least second moment	$\theta_i = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left[\frac{2 \sum_{r=0}^{height-1} \sum_{c=0}^{width-1} (r-\overline{r})(c-\overline{c}) I_i(r,c)}{\sum_{r=0}^{height-1} \sum_{c=0}^{width-1} (r-\overline{r})^2 I_i(r,c) - \sum_{r=0}^{height-1} \sum_{c=0}^{width-1} (c-\overline{c})^2 I_i(r,c)} \right]$ Dalam satuan radiaon, konversi kederajat = theta/phi x 180 derajat	Untuk mendapatkan sudut orientasi objek
4	Perimeter	Menghitung piksel 1’ yang tetangga sekitarnya = ‘0’	Memberikan informasi lokasi dari objek dan bentuk

Fitur Objek Biner

NO	Fitur	Formula	Kegunaan
5	Thinnes	1. $T_i = 4\pi\left[\frac{A_i}{P_i^2}\right]$	Mengetahui kebualatan objek (T=1, untuk objek lingkaran)
6	Irregularity	$1/T$	Untuk mengetahui cabang dari objek
7	Aspect Ratio	$\frac{c_{max} - c_{min} + 1}{r_{max} - r_{min} + 1}$	Untuk mengetahui penyebaran objek ke sumbu horizontal/vertical. Jika semakin besar = Sebagian besar objek menyebar horizontal
8	Euler Number	$Nilai\ Euler = Jumlah\ objek\ - Jumlah\ lubang$	Nomer Euler menenunjukan banyaknya kurva terutup/ lubang

Vektor Fitur

- Vektor fitur mereprensentasikan citra atau bagian citra
- Vektor fitur adalah n-dimensi vector yang memiliki sekumpulan nilai dimana setiap nilai merepresentasikan fitur tertentu.
- Vektor dapat dipakai untuk mengklasifikasikan objek atau memberikan informasi dari objek



Pengukuran Distance dan Similarity

- Vektor fitur mereprensentasikan objek dan akan digunakan untuk mengklasifikaskan
- Untuk melakukan klasifikasi, dibutuhkan dua vector fitur
- 2 metode utama – difference dan similarity
- Dua vector yang dekat akan mempunyai nilai difference yang kecil dan similarity besar

Pengukuran Jarak

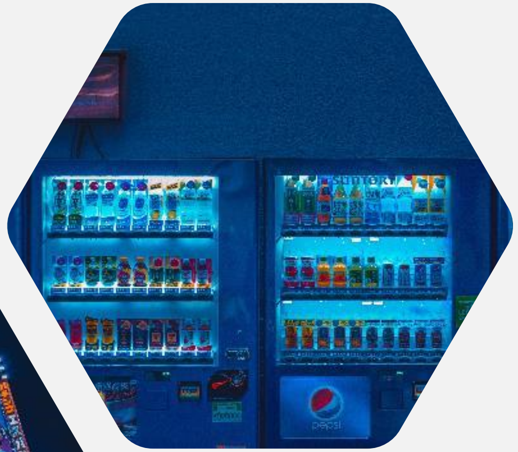
- Jarak diukur dalam n-dimensi ruang fitur semakin besar jarak semakin besar nilai difference nya
- Beberapa pengukuran :
  - Euclidian distance
  - Range normalized Euclidian Distance
  - City block atau absolute value metric
  - Maximum valule

Pengukuran Jarak

Pengukuran jarak dengan Euclidean :

$$\frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(a_i - b_i)^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\frac{(a_i - b_i)^2}{R_i^2}}}$$

$$R_i = range\ dari\ komponen\ ke\ i$$



Pengukuran Jarak

Pengukuran jarak yang lain disebut dengan city blok atau absolute value metric yang didefinisikan sebagai berikut :

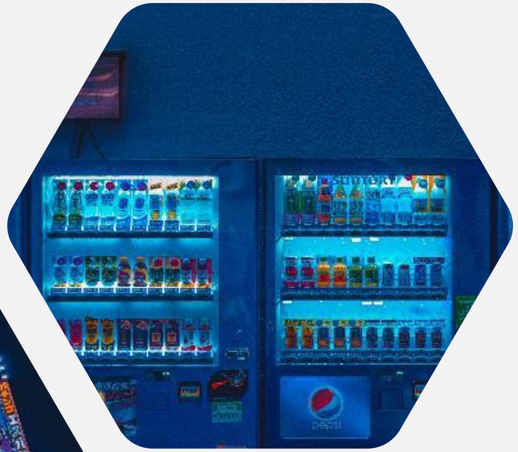
$$\sum_{i=1}^{n} |a_i - b_i|$$

Matrik ini lebih cepat dibandingkan komputasi jarak Euclidean tetapi memberikan hasil yang mirip

Pengukuran Jarak

Jarak city block juga dapat dinormalisasi menjadi range normalized city block distance metric, dengan R_i didefinisikan sebelumnya:

$$\sum_{i=1}^{n} \left| \frac{a_i - b_i}{R_i} \right|$$



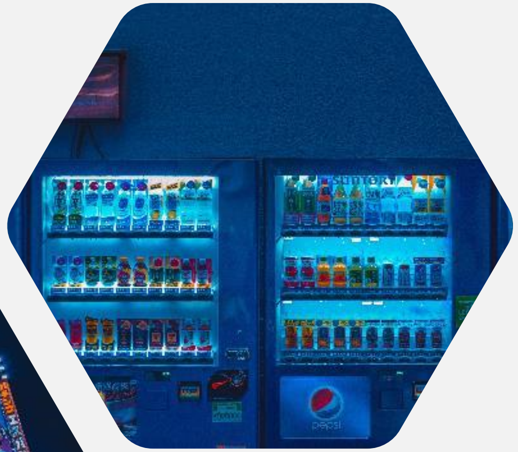
Pengukuran Jarak

- Jarak akhir mengacu pada nilai maksimum matrik didefinisikan dengan :

$$\max\{|a_1 - b_1|, |a_2 - b_2|, \ldots, |a_n - b_n|\}$$

- Versi normalisasi :

$$\max\left\{\left|\frac{a_1 - b_1}{R_1}\right|, \left|\frac{a_2 - b_2}{R_2}\right|, \ldots, \left|\frac{a_n - b_n}{R_n}\right|\right\}$$



Pengukuran Similarity

- Matrik yang kedua digunakan untuk membandingan dua nilai vector fitur dan disebut dengan pengukuran similarity.
- Bentuk yang umum digunakan untuk similarity adalah vektor inner product.
- Menggunakan definisi vector A dan B, Vektor inner product sebagai berikut:

$$\sum_{i=1}^{n} a_i b_i$$

- Pengukuran similarity menggunakan ranged normalized:

$$\sum_{i=1}^{n} \frac{a_i b_i}{R_i^2}$$

- Alternatif lain, dilakukan normalisasi dengan membagimasing2 komponen vector dengan magnitude vector :

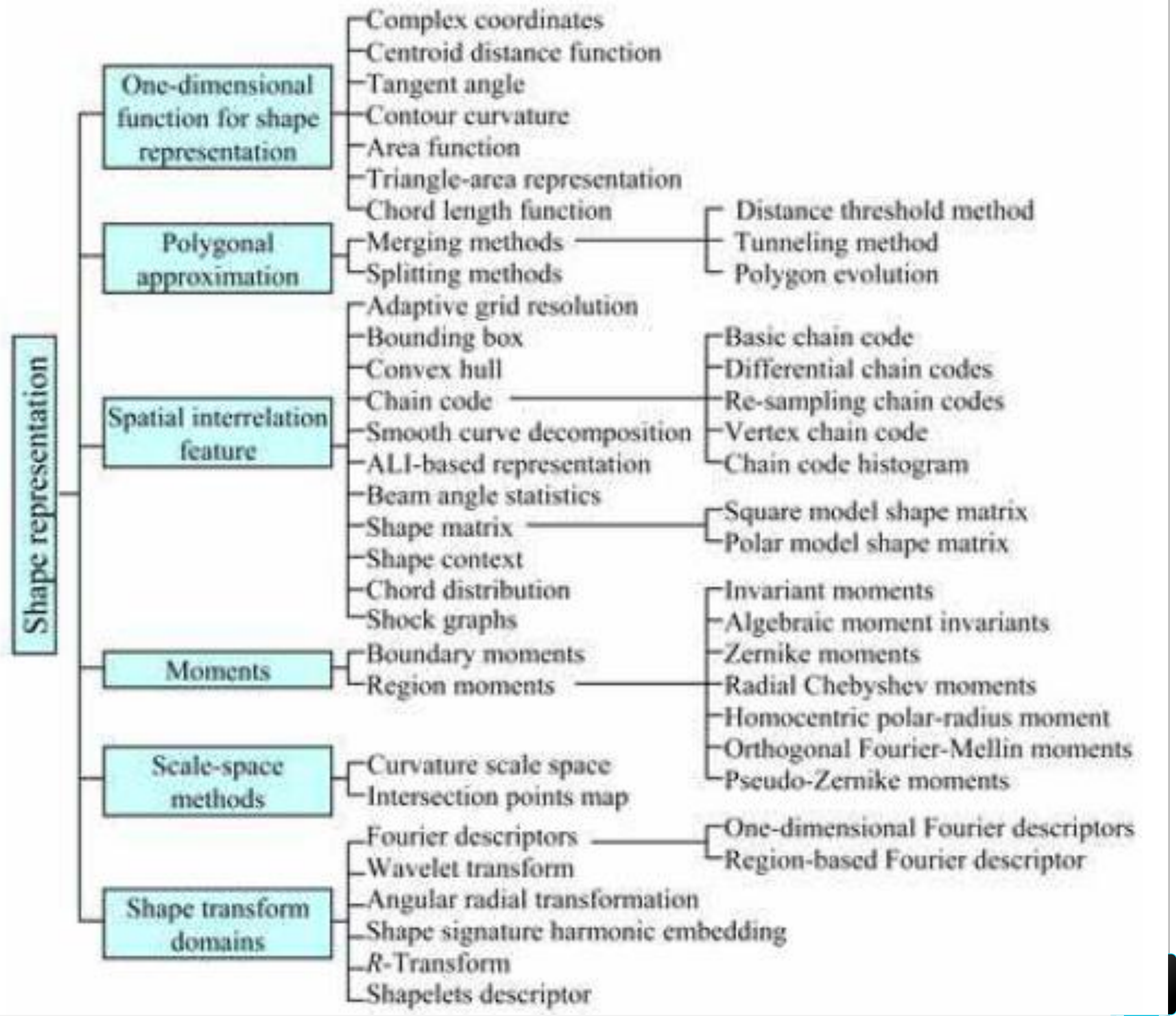
$$\sum_{i=1}^{n} \frac{a_i b_i}{\sqrt{\sum_{j=1}^{n} a_j^2 \sqrt{\sum_{j=1}^{n} b_j^2}}}$$

Pengukuran Similarity

- Pada saat memilih fitur untuk aplikasi citra di computer, factor yang paling penting adalah kehandalan fitur.
- Fitur yang handal akan memberikan hasil yang konsisten pada seluruh aplikasi.
- Contohnya, jika kita mengembangkan sistem untuk bekerja di bawah sembarang kondisi pencahayaan, kita tidak ingin menggunakan fitur yang berbeda mengikuti pencahayaannya.
- Jenis kehandalan disebut juga dengan RST-invariance.
  - RST singkatan dari rotasi, ukuran dan translasi.
- Fitur yang sangat handal adalah RST-invariant.
  - Jika citra dirotasi,, dikecilkan, diperbesar atau ditranslasikan, nilai fitur tidak akan berubah.

Metode Fitur Ekstraksi Bentuk

Representasi Bentuk



Momen Jarak Ke Pusat

- Didefinisikan sebagai berikut:

$$m_p = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|d(n)|^p \qquad (12.16)$$

- Momen pusat ke-p didefinisikan sebagai berikut:

$$M_p = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}|d(n) - m_1)|^p \qquad (12.17)$$

- Selanjutnya, momen-momen yang ternormalisasi didefinisikan sebagai

$$\overline{m_p} = \frac{m_p}{(M_2)^{p/2}} \qquad (12.18)$$

$$\overline{M_p} = \frac{M_p}{(M_2)^{p/2}} \qquad (12.19)$$

Fitur momen ke jarak pusat

Objek	Fitur	
ikan-1.png 	$F_1 = 0.2526$ $F_2 = 0.0195$ $F_3 = 0.0070$	$F_2' = 0.2776$ $F_3' = 0.2988$ Mf = 0.0463
ikan-2.png 	$F_1 = 0.2526$ $F_2 = 0.0195$ $F_3 = 0.0070$	$F_2' = 0.2776$ $F_3' = 0.2988$ Mf = 0.0463
ikan-3.png 	$F_1 = 0.2542$ $F_2 = 0.0199$ $F_3 = 0.0073$	$F_2' = 0.2796$ $F_3' = 0.3012$ Mf = 0.0470
ikan-4.png 	$F_1 = 0.2484$ $F_2 = 0.0189$ $F_3 = 0.0069$	$F_2' = 0.2744$ $F_3' = 0.2969$ Mf = 0.0485
ikan-5.png 	$F_1 = 0.2422$ $F_2 = 0.0173$ $F_3 = 0.0059$	$F_2' = 0.2658$ $F_3' = 0.2857$ Mf = 0.0434
guppi-1.png 	$F_1 = 0.3372$ $F_2 = 0.0541$ $F_3 = 0.0322$	$F_2' = 0.3991$ $F_3' = 0.4469$ Mf = 0.1096
kunci.png 	$F_1 = 0.3585$ $F_2 = 0.0501$ $F_3 = 0.0239$	$F_2' = 0.3917$ $F_3' = 0.4178$ Mf = 0.0593

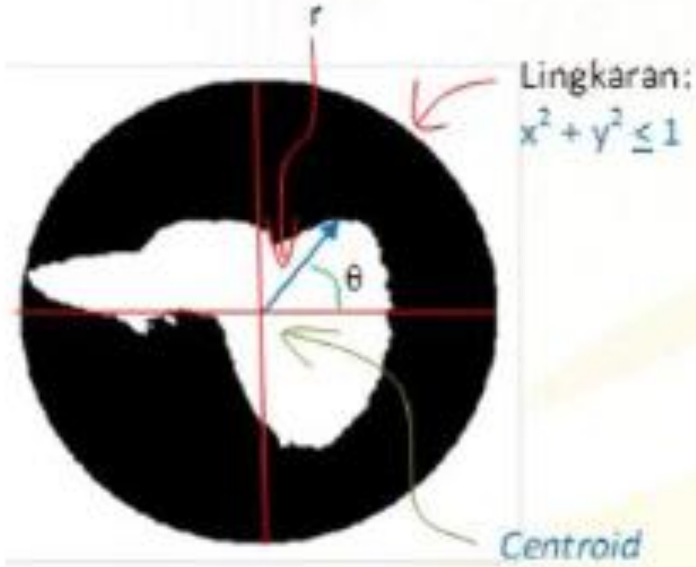
Momen Zernike

- Momen *Zernike* diperkenalkan oleh F. Zernike dalam bukunya berjudul *Physica* yang diterbitkan pada tahun 1934. Penerapan momen *Zernike* untuk pengolahan citra diperkenalkan pertama kali oleh M.R. Teague pada tahun 1980 (Chen, dkk., 2005). Hasilnya berupa *Zernike moment descriptors* (ZMD).

- Momen *Zernike* didasarkan pada polinomial *Zernike* yang bersifat ortogonal terhadap lingkaran $x^2 + y^2 \leq 1$, yang dinyatakan sebagai berikut:
-
- $V_{pq}(x,y) = U_{pq}(r\, cos\theta, r \sin\theta)$
  $= R_{pq}(r).\exp(jq\theta)$ (12.25)
-
- dengan *r* adalah radius dari (y,x) ke pusat massa (*centroid*), θ adalah sudut antara *r* dan sumbu x (lihat Gambar 12.26), dan $R_{pq}(r)$ adalah polinomial radial ortogonal seperti berikut:
-
- $R_{pq}(r)$
  $= \sum_{s=0}^{(p-|q|)/2} (-1)^s \frac{(p-s)!}{s!\left(\frac{p+|q|}{2}-s\right)!\left(\frac{p-|q|}{2}-s\right)!} \rho^{p-2s}$
  (12.26)

Momen Zernike

Citra dalam lingkaran yang memenuhi persamaan $x^2 + y^2 < 1$

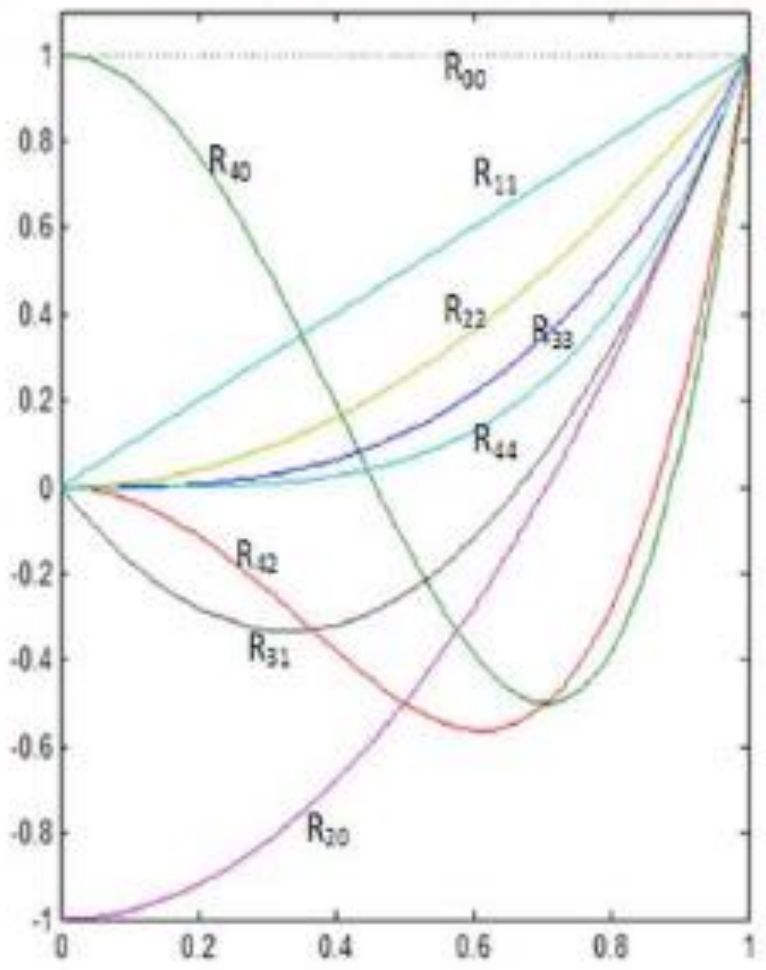


$R_{00}(r) = 1$	$R_{66}(r) = r^6$
$R_{11}(r) = r$	$R_{71}(r) = 35r^6 - 60r^5 + 30r^3 - 4r$
$R_{20}(r) = 2r^2 - 1$	$R_{73}(r) = 21r^7 - 30r^5 + 10r^3$
$R_{22}(r) = r^2$	$R_{75}(r) = 7r^7 - 6r^5$
$R_{31}(r) = 3r^2 - 2r$	$R_{77}(r) = 7r^7$
$R_{33}(r) = r^3$	$R_{80}(r) = 70r^8 - 140r^6 + 90r^4 - 20r^2 + 1$
$R_{40}(r) = 6r^4 - 6r^2 + 1$	$R_{82}(r) = 56r^8 - 105r^6 + 60r^4 - 10r^2$
$R_{42}(r) = 4r^4 - 3r^2$	$R_{84}(r) = 28r^8 - 42r^6 + 15r^4$
$R_{44}(r) = r^4$	$R_{86}(r) = 8r^8 - 7r^6$
$R_{51}(r) = 10r^5 - 12r^2 + 3r$	$R_{88}(r) = r^8$
$R_{53}(r) = 5r^5 - 4r^3$	$R_{91}(r) = 126r^9 - 280r^7 + 210r^5 + 60r^3 + 5r$
$R_{55}(r) = r^5$	$R_{93}(r) = 84r^9 - 168r^7 + 105r^5 - 20r^3$
$R_{60}(r) = 20r^6 - 30r^4 + 12r^2 - 1$	$R_{95}(r) = 36r^9 - 56r^7 + 21r^5$
$R_{62}(r) = 15r^6 - 20r^4 + 6r^2$	$R_{97}(r) = 9r^9 - 8r^7$
$R_{64}(r) = 6r^6 - 5r^4$	$R_{99}(r) = r^9$

Polinomial yang digunakan pada momen *Zernike*

Momen Zernike

Sembilan polinomial *Zernike* pertama



- Momen *Zernike* berorde p dengan pengulangan fungsi kontinu f(y, x) sebanyak q dinyatakan sebagai berikut:

$$Z_{pq} = \frac{p+1}{\pi} \int_y \int_x f(y,x).V^*{}_{pq}(y,x)\, dy\, dx;\ x^2 + y^2 \leq 1 \quad (12.27)$$

- Dalam hal ini, V* menyatakan konjugat, sedangkan $V_{pq}(y,x)$ dinamakan sebagai fungsi basis *Zernike* berorde p dengan pengulangan sebanyak q. Fungsi basis berupa

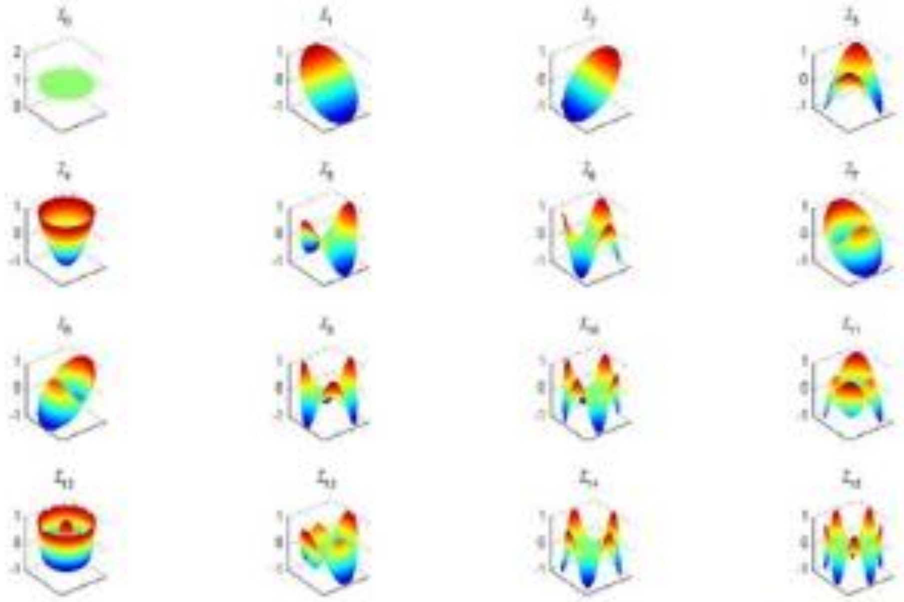
$$V_{pq}(y,x) = V_{pq}(\rho,\theta) = R_{pq}(\rho).\exp(jq\theta) \quad (12.28)$$

- Apabila f(y,x) adalah citra digital, persamaan di atas dapat dihampiri dengan

$$Z_{pq} = \frac{p+1}{\pi} \sum_y \sum_x f(y,x).V^*{}_{pq}(y,x) \qquad (12.29)$$

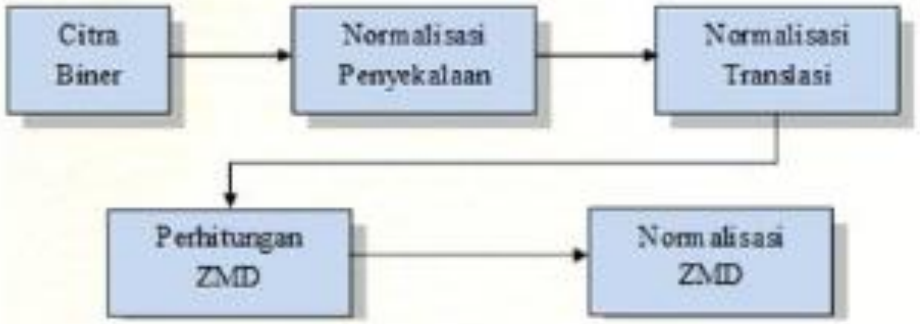
Momen Zernike

Enam belas fungsi *Zernike* yang pertama



Apabila citra diputar dengan sudut sebesar α, fungsi-fungsi momen *Zernike* Z' berupa

$$Z'_{pq} = Z_{pq}.e^{-jq\varphi} \qquad (12.30)$$



Mekanisme perhitungan ZMD

Normalisasi penyekalaan dilakukan didasarkan pada persamaan

$$x' = x\sqrt{\frac{\beta}{m_{00}}}, \quad y' = y\sqrt{\frac{\beta}{m_{00}}} \qquad (12.31)$$

Polar Fourier Transform

- *Fourier* dalam koordinat polar dinamakan PFT2 (*Polar Fourier Transform* versi 2), yang diperkenalkan oleh Zhang (2002). PFT2 ini digunakan untuk kepentingan temu kembali citra berdasarkan bentuk objek. Hasil PFT berupa *generic Fourier descriptor* (GFD).

(a) Citra dalam ruang polar (b) Citra dalam ruang polar diubah ke ruang Kartesian

Gambar 12.21 Citra di dalam koordinat polar diubah ke citra persegi panjang (Sumber: Zhang, 2002)

PFT2 didefinisikan sebagai berikut:

$$PF_2(\rho, \emptyset) = \sum_r \sum_i f(r, \theta_i) \exp[j 2\pi (\frac{r}{R}\rho + \frac{2\pi}{T}\emptyset)]$$

dengan:

a) $0 \leq r < R$ dan $\theta_i = i(2\pi/T)$ $(0 \leq i < T)$; $0 \leq \rho < R$, $0 \leq \emptyset < T$;
b) R adalah resolusi frekuensi radial;
c) T adalah resolusi frekuensi angular.

Pusat bentuk dihitung :

$$x_c = \frac{1}{N}\sum_{x=0}^{N-1} x\,,\ y_c = \frac{1}{M}\sum_{y=0}^{M-1} y$$

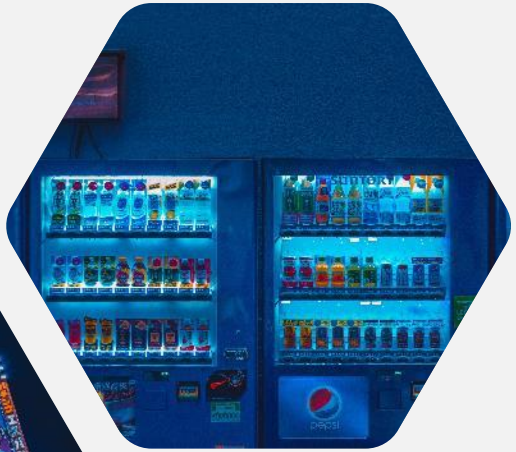
Adapun (r, θ) dihitung berdasarkan:

$$r = \sqrt{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2},\ \theta = arctan\,\frac{y - y_c}{x - x_c}$$

Polar Fourier Transform

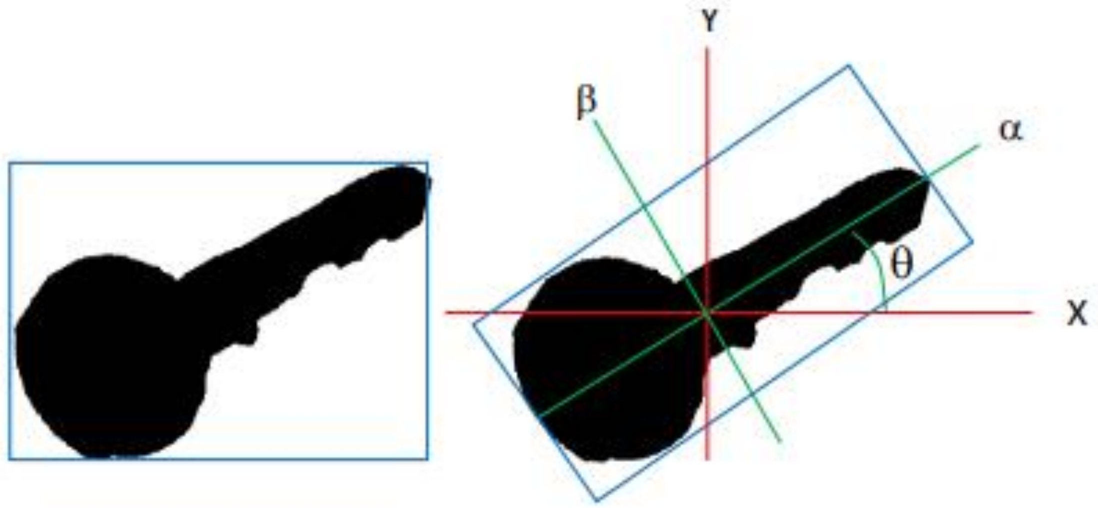
Objek	Fitur
ikan-1.png 	$GFD_1 = 0.395027$ $GFD_2 = 0.020515$ $GFD_3 = 0.259093$ $GFD_4 = 0.017942$
ikan-2.png 	$GFD_1 = 0.395027$ $GFD_2 = 0.020515$ $GFD_3 = 0.259093$ $GFD_4 = 0.017942$
ikan-3.png 	$GFD_1 = 0.396156$ $GFD_2 = 0.020570$ $GFD_3 = 0.261192$ $GFD_4 = 0.017805$
ikan-4.png 	$GFD_1 = 0.393667$ $GFD_2 = 0.020181$ $GFD_3 = 0.258510$ $GFD_4 = 0.019910$
ikan-5.png 	$GFD_1 = 0.396182$ $GFD_2 = 0.021021$ $GFD_3 = 0.255305$ $GFD_4 = 0.020895$
guppi-1.png 	$GFD_1 = 0.262418$ $GFD_2 = 0.073336$ $GFD_3 = 0.303962$ $GFD_4 = 0.249740$
kunci.png 	$GFD_1 = 0.386401$ $GFD_2 = 0.003771$ $GFD_3 = 0.346719$ $GFD_4 = 0.291891$

Fitur GFD frekuensi radial maksimum sebesar 4 dan frekuensi radial *angular* sebesar 6



Kotak Pembatas

- Kotak pembatas (*bounding box*) adalah kotak terkecil yang dapat melingkupi sebuah objek. Kotak pembatas dibedakan menjadi dua buah: kotak pembatas yang berorientasi citra dan kotak pembatas yang berorientasi pada objek (Pratt, 2001).



(a) Kotak pembatas berorientasi citra

(b) Kotak pembatas berorientasi objek

- Kotak pembatas berorientasi citra milik suatu area R dapat dinyatakan dengan

$$KotakPembatas(R) = \{y_{min}, y_{max}, x_{min}, x_{max}\}$$

- Dalam hal ini, y_{min} menyatakan Y terkecil, y_{max} menyatakan Y terbesar, x_{min} menyatakan X terkecil, dan x_{max} menyatakan X terbesar. Adapun tinggi dan lebar kotak berupa:

$$tinggi = y_{max} - y_{min}, \quad lebar = x_{max} - x_{min}$$

Kotak Pembatas

Objek	Rasio Berorientasi Citra	Rasio Berorientasi Objek
ikan-1.png	0.592211	0.593791
ikan-2.png	0.592211	0.593791
ikan-3.png	0.599856	0.601117
ikan-4.png	0.544270	0.590088
ikan-5.png	0.588815	0.590142
guppy-1.png	0.522930	0.506971
kunci.png	0.536716	0.524068

Rasio kotak pembatas berorientasi objek dan citra

Terimakasih