



MORFOLOGI CITRA

COMPUTER VISION



KONSEP MORFOLOGI

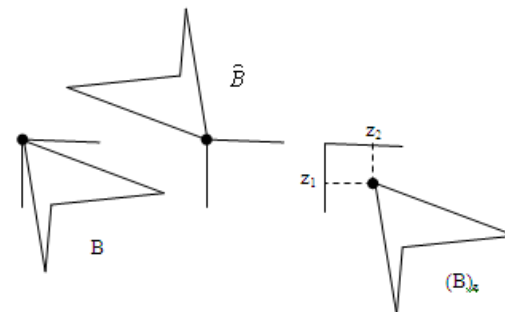
- Kata *morphology* → cabang ilmu biologi yang mempelajari bentuk dan struktur hewan dan tumbuh-tumbuhan.
- Istilah yang sama - dalam konteks *mathematical morphology*
 - sebagai tool untuk mengekstrakan komponen citra yang berguna dalam representasi dan deskripsi bentuk daerah, seperti boundaries, skeletons, dan convex hull.
- Teknik morfologi juga digunakan untuk pre atau post-processing,
 - seperti morfologi filtering, thinning dan pruning.
- Operasi dasar dalam pemrosesan morfologi adalah:
 - Dilasi dan Erosi,
 - Opening dan Closing

REFLEKSI DAN TRANSLASI

- Refleksi himpunan B dinyatakan dengan B' didefinisikan dengan:

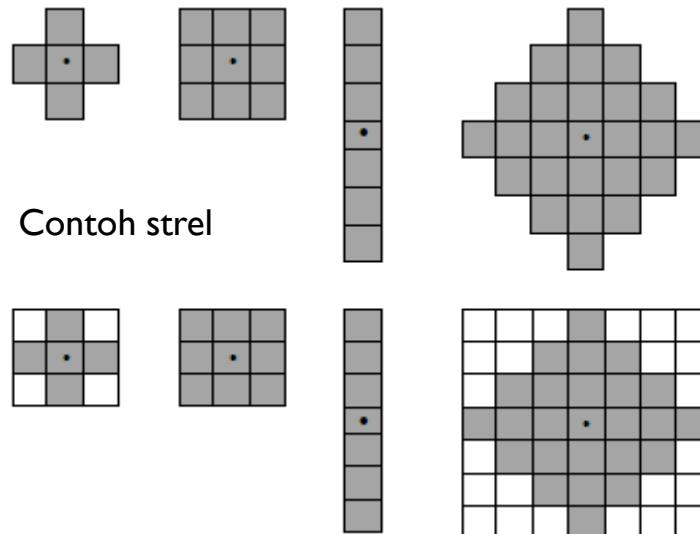
$$\hat{B} = \{w \mid w = -b, \text{ untuk } b \in B\}$$

- Jika B adalah sekumpulan piksel (titik-titik 2-D) yang merepresentasikan obyek dalam citra, maka B' adalah sekumpulan titik dalam B yang berkoordinat (x,y) yang telah diganti dengan (-x,-y)
- Translasi adalah himpunan B yang oleh titik z(z₁, z₂) dinyatakan oleh (B)_z, didefinisikan dengan:
 - (B)_z = {c | c = b + z. untuk b ∈ B}
 - Jika B adalah himpunan piksel yang merepresentasikan obyek dalam citra, maka (B)_z adalah himpunan titik-titik dalam B di mana koordinat (x,y) telah diganti dengan (x + z₁, y + z₂)



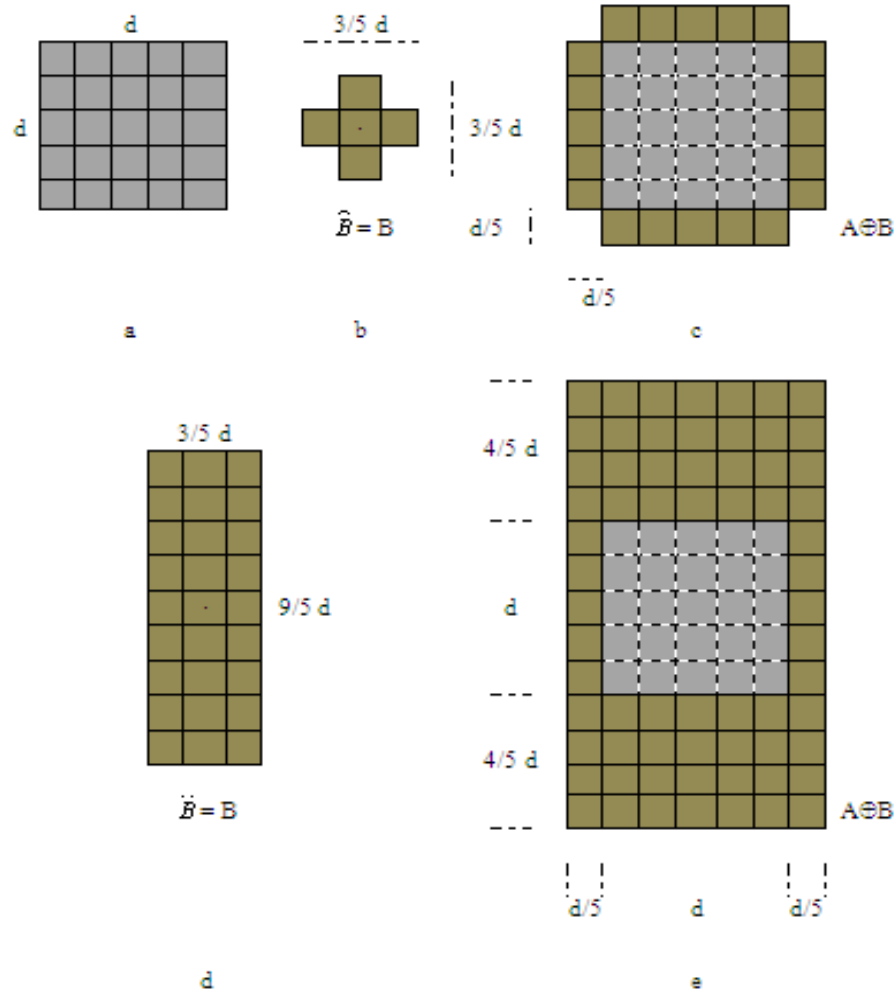
STRUCTURE ELEMENT (STREL)

- Strel adalah himpunan sub-image kecil yang digunakan untuk meneliti citra dalam pembelajaran propertinya.
- Untuk elemen yang menjadi anggota strel, origin strel, juga harus ditetapkan.
- Origin dari strel ditandai dengan tanda titik hitam.
 - Jika tidak ada tanda titik hitam maka diasumsikan origin berada di pusat simetri
 - Origin tidak harus berada di pusat, juga bisa berada di pinggir strel.

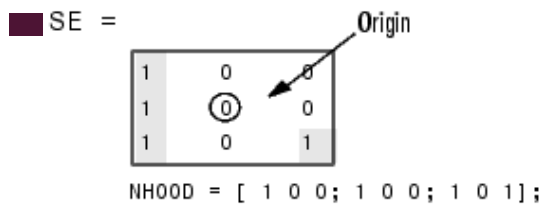


DILASI

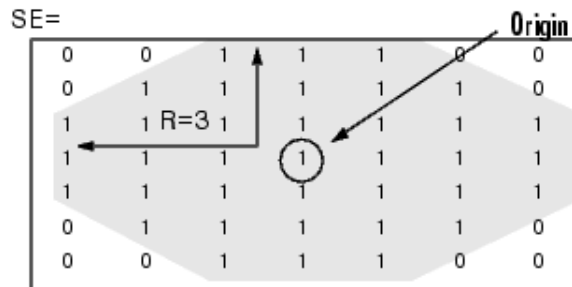
- Proses dalam dilasi adalah “penumbuhan” atau “penebalan” dalam citra biner.
- Jika A dan B adalah anggota Z^2 , dilasi antara A dan B dinyatakan $A \oplus B$ dan didefinisikan dengan:
$$A \oplus B = \{z \mid (\hat{B})_z \cap A \neq \emptyset\}$$
 - Persamaan ini didasarkan pada perefleksian B terhadap originnya, dan penggeseran refleksi oleh z .
 - Dilasi A oleh B adalah himpunan semua displacement z , sebagaimana B dan A overlap oleh paling sedikit satu elemen.
- Dilasi ini sangat berguna ketika diterapkan dalam obyek-obyek yang terputus dikarenakan hasil pengambilan citra yang terganggu oleh noise, kerusakan obyek fisik yang dijadikan citra digital, atau disebabkan resolusi yang jelek,
 - misalnya teks pada kertas yang sudah agak rusak sehingga bentuk hurufnya terputus, dan sebagainya



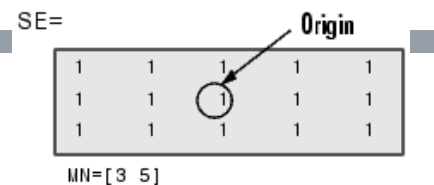
(a) Himpunan obyek; (b) Strel +; (c) Dilasi a oleh b; (d) Strel vertikal; (e) Dilasi a oleh d



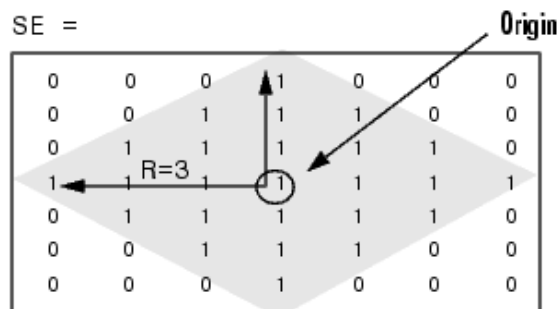
Arbitrary



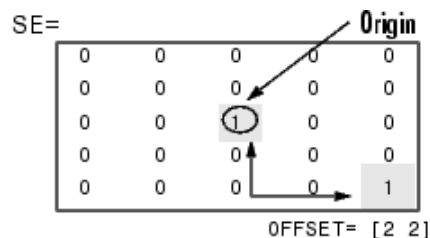
Octagon



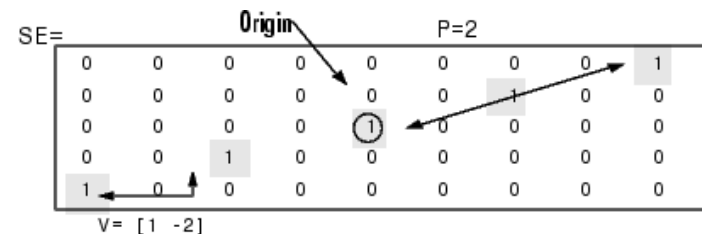
Rectangle



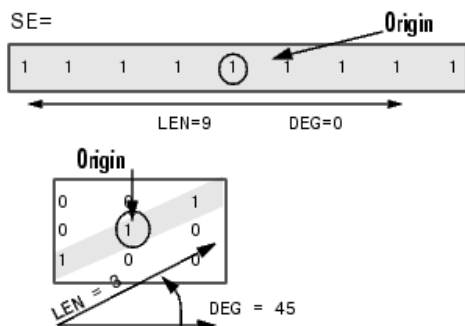
Diamond



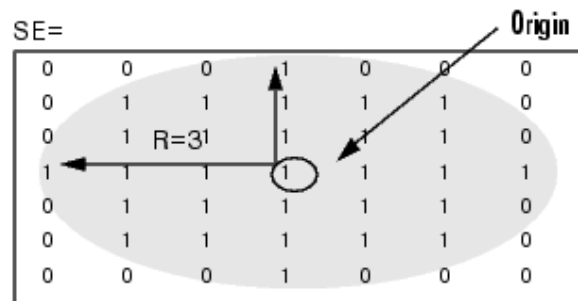
Pair



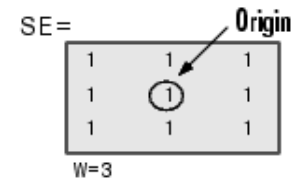
Periodicline



Line



Disk



Square

Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



Citra asli

Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



Hasil dilasi dengan strel:

1	0	1
0	1	0
1	0	1

Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.



Hasil dilasi dengan strel:

0	1	0
1	1	1
0	1	0

Historically, certain computer programs were written using only two digits rather than four to define the applicable year. Accordingly, the company's software may recognize a date using "00" as 1900 rather than the year 2000.

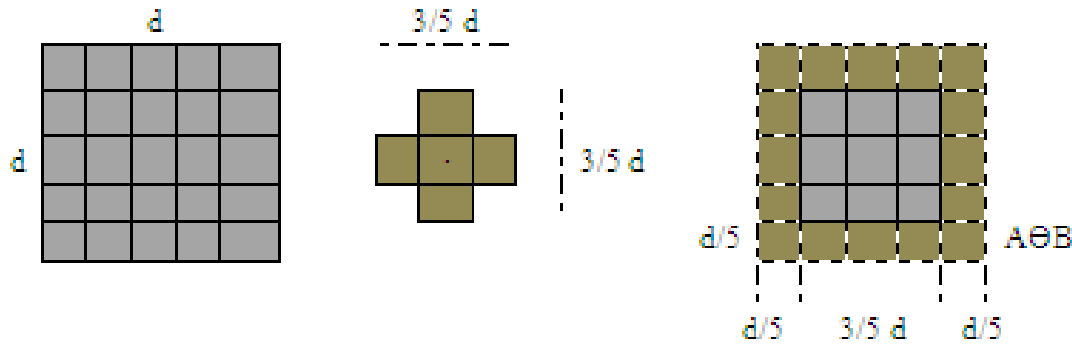


Hasil dilasi dengan strel:

1	1	1
1	1	1
1	1	1

EROSI

- Erosi merupakan proses mengecilkan atau menipiskan obyek citra biner
- Jika A dan B himpunan dalam Z' , erosi A oleh B dinyatakan dengan $A \ominus B$, didefinisikan sebagai:
 - $A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\}$
 - Persamaan di atas menunjukkan bahwa erosi A oleh B adalah kumpulan semua titik di mana B ditranslasikan oleh z di dalam isi A .

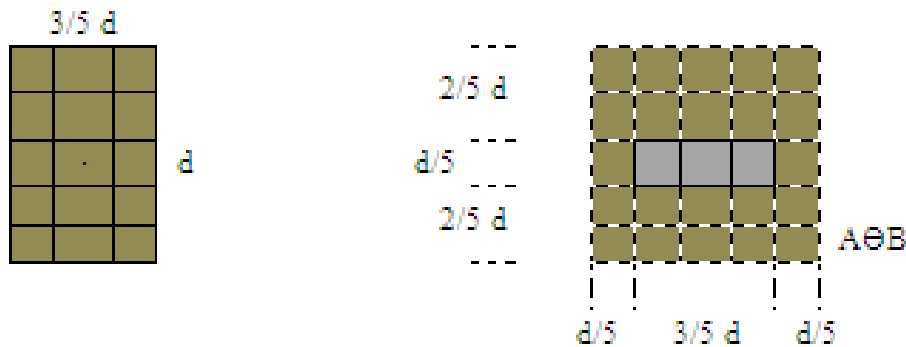


a

b

c

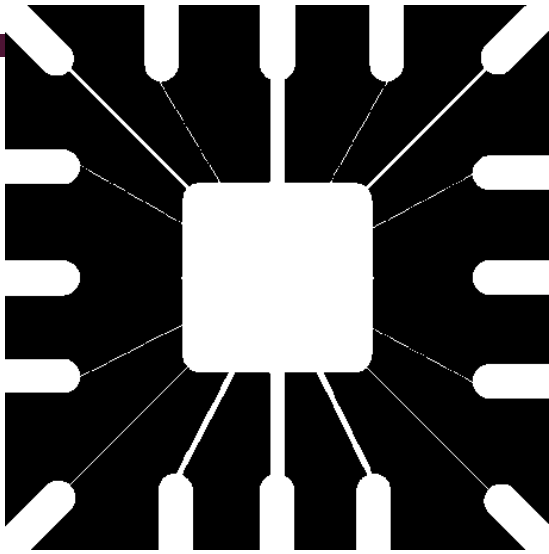
Toolbox di MATLAB:
`>> A2 = imerode(A, B)`



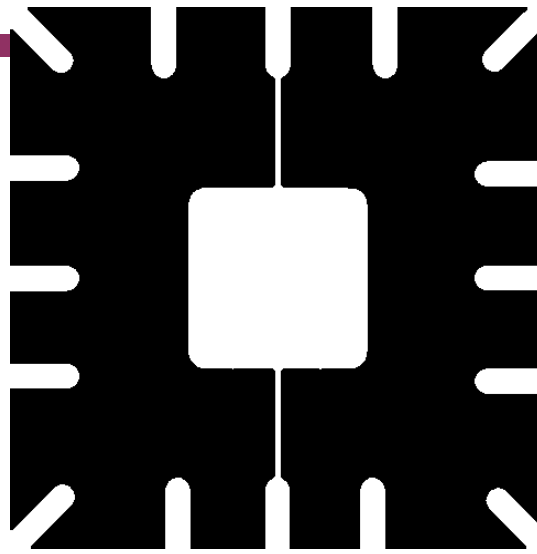
d

e

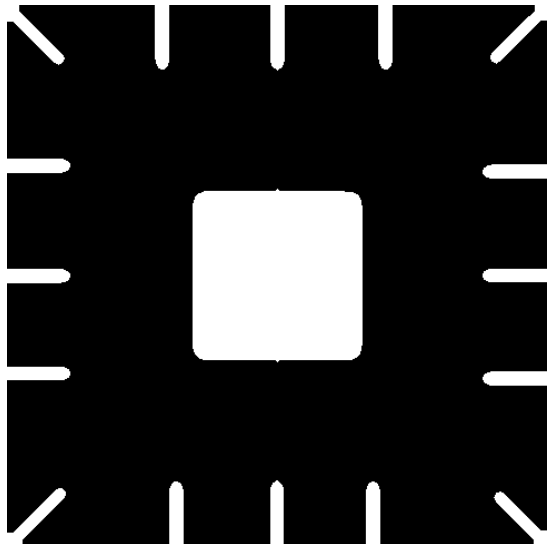
(a) himpunan obyek; (b) strel +; (c) erosi a oleh b; (d) strel vertikal; (e) erosi a oleh d



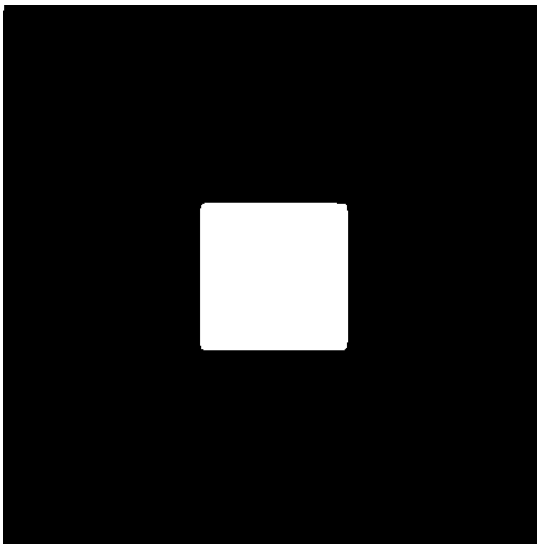
Citra asli



Erosi dengan strel disk $R=5$



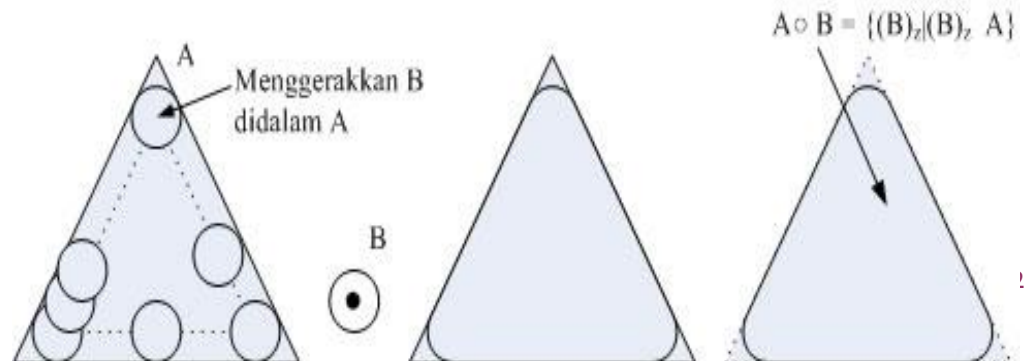
Erosi dengan strel disk $R=10$



Erosi dengan strel disk $R=20$

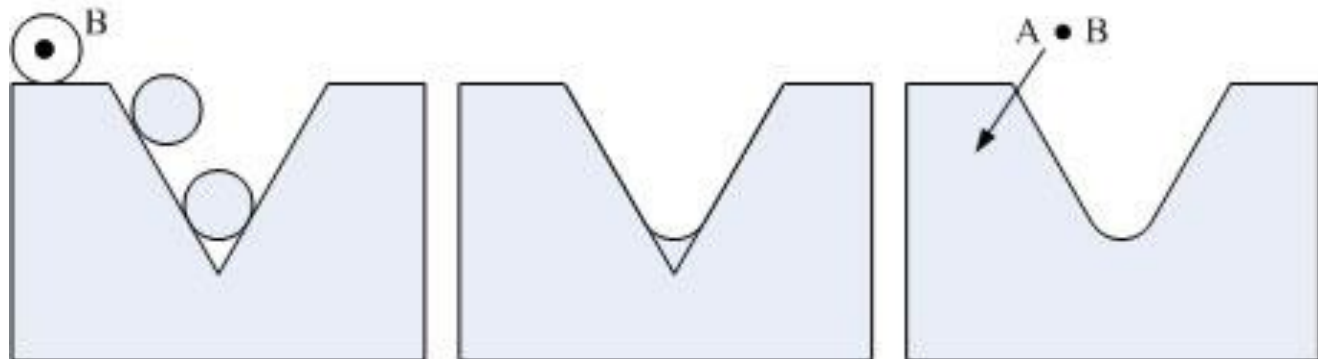
OPENING DAN CLOSING

- Opening:
 - Menghaluskan garis-garis bentuk obyek,
 - Menghilangkan bagian-bagian yang sempit, dan
 - Menghilangkan penonjolan-penonjolan yang tipis.
- Formula:
 - $A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$
 - Operasi opening A oleh B adalah erosi A oleh B, diikuti dengan dilasi hasil tersebut dengan B
- Padanan fungsi:
 - $A \circ B = \cup \{(B)_z | (B)_z \subseteq A\}$



OPENING DAN CLOSING

- Closing cenderung menghaluskan garis-garis bentuk tetapi kebalikan dari opening,
 - Menolak pecahan-pecahan sempit dan teluk yang panjang dan tipis,
 - Menghilangkan lubang kecil dan
 - Mengisi gap pada garis-garis bentuk (contour).
- Formula:
 - $A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$
 - Operasi closing A oleh B adalah dilasi A oleh B, diikuti erosi hasilnya dengan B.





Citra asli



Hasil opening citra a dengan strel disk
 $R=9$



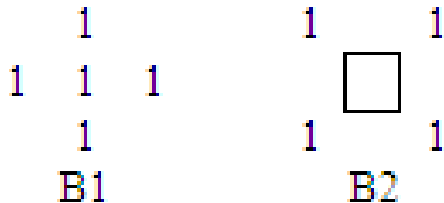
Hasil closing citra a dengan strel disk
 $R=9$



Hasil closing citra b dengan strel disk
 $R=9$

TRANSFORMASI HIT-OR-MISS

- Berguna untuk mengidentifikasi konfigurasi piksel tertentu,
 - seperti piksel foreground yang terisolasi, atau piksel yang berada di akhir garis segmen.
- Transformasi hit-or-miss A oleh B dinyatakan oleh $A \otimes B$.
- B adalah pasangan strel $B = (B_1, B_2)$.
- Transformasi hit-or-miss didefinisikan dengan dua strel sebagai:
 - $A \otimes B = (A \ominus B_1) \cap (A^c \ominus B_2)$



Contoh pasangan strel

CON

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0
0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 1 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0
0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

a. Piksel citra asli A

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

b. Erosi A oleh B1

```
      1          1          1
1    1    1
      1          1          1
      B1          B2
```

Pasangan strel yang digunakan

```
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1
1 1 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1
1 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 0 1
1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1
1 1 1 1 1 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1
1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 1 1
1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1
1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
```

c. Komplemen citra A (Ac)

```
1 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 1 1 1
1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1
0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 0 0
1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0
1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0
1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1
0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1
```

d. Erosi Ac oleh B2

Toolbox di MATLAB:

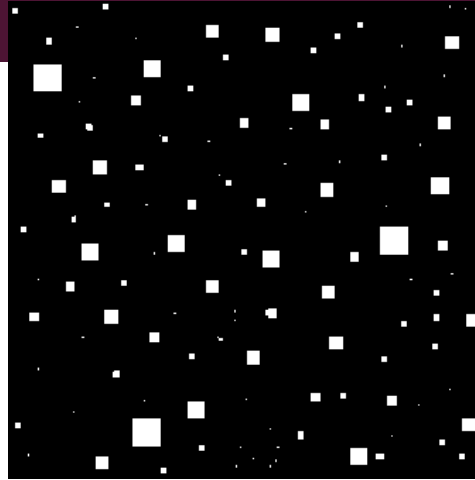
>> C = bwhitmiss(A, B1, B2)

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

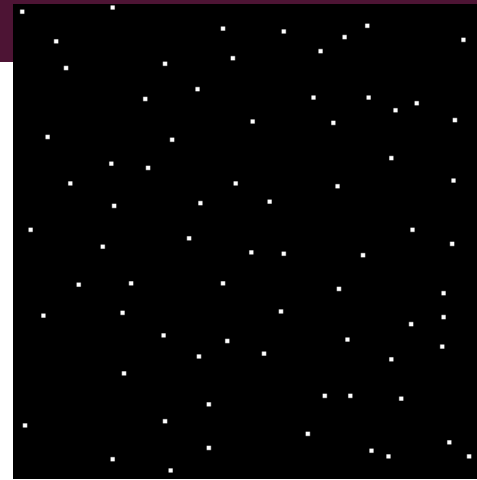
e. Irisan b dan d

← Hasil transformasi Hit or Miss

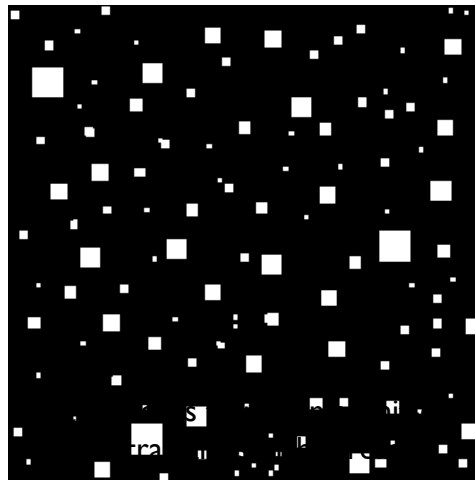
CONTOH



Citra asli



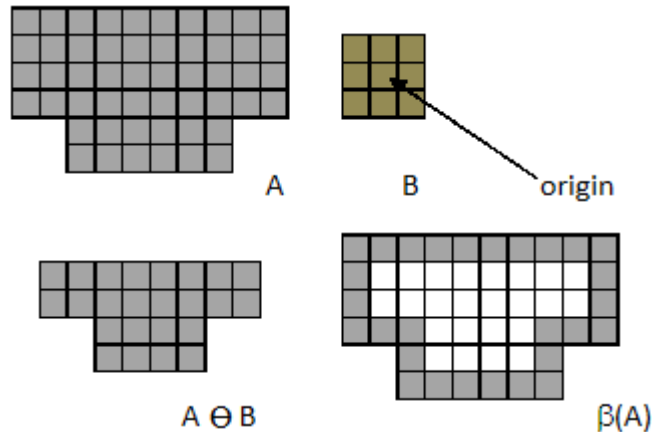
Hasil proses transformasi hit-or-miss



Hasil dilasi citra asli

BOUNDARY EXTRACTION

- Boundary himpunan A dinyatakan oleh $\beta(A)$, bisa didapatkan dengan pertama mengerosi A oleh B dan kemudian melakukan himpunan perbedaan (pengurangan) antara A dan hasil erosi.
- Formula:
 - $\beta(A) = A - (A \ominus B)$
 - di mana B adalah strel yang tepat untuk mengerosi A



REGION FILLING

- Didasarkan pada sejumlah dilasi, komplementasi, dan interseksi.
- Dimulai dengan sebuah titik p di dalam boundary, tujuannya adalah untuk mengisi semua region dengan nilai 1.
- Jika mengikuti konvensi bahwa semua titik non-boundary (background) diberi nilai 0, maka p harus diberi nilai 1 untuk memulai.
- Prosedur di bawah ini adalah untuk mengisi region dengan nilai 1:
 - $X_k = (X_{k-1} \oplus B) \cap A^c \quad k = 1, 2, 3, \dots$
 - di mana $X_0 = p$ dan B adalah strel simetrik.
 - Algoritma berhenti pada iterasi langkah ke k jika $X_k = X_{k-1}$.
 - Himpunan union dari X dan A mengisi daerah isian dan boundary-nya.
- Toolbox:
 - Bentuk 1 : $BW2 = \text{imfill}(BW, \text{locations})$
 - Bentuk 2 : $BW2 = \text{imfill}(BW, 'holes')$
 - Bentuk 3 : $BW2 = \text{imfill}(BW)$

0	0	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1

A

1	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	1	1	1
0	1	1	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Ac

x0

 $x0 \oplus B$

 $(x0 \oplus B) \cap A$

hasil

x1

 $x1 \oplus B$

 $(x1 \oplus B) \cap A$

hasil

x2

 $x2 \oplus B$

 $(x2 \oplus B) \cap A$

hasil

x3

 $x3 \oplus B$

 $(x3 \oplus B) \cap A$

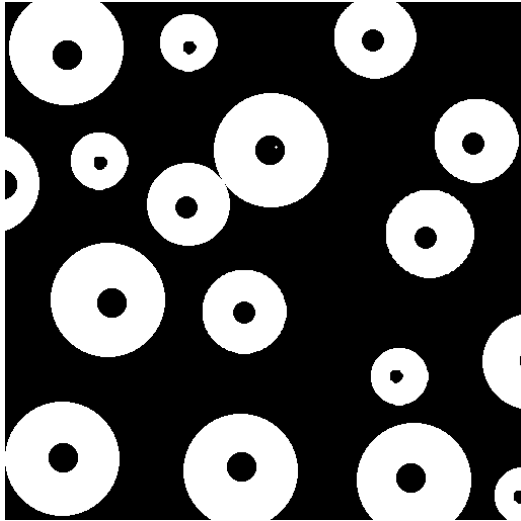
hasil

x4

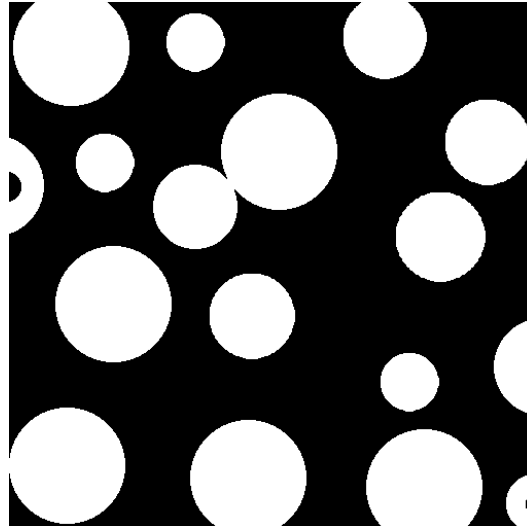
 $x4 \oplus B$

 $(x4 \oplus B) \cap A$

hasil



Citra asli



Setelah di region filling

THINNING (PENIPIKAN)

- Penipisan himpunan A oleh strel B , yang dinyatakan dengan $A \otimes B$, dapat didefinisikan dalam transformasi hit-or-miss dengan bentuk:
 - $A \otimes B = A \cap (A \circledast B)^c$
 - $A \otimes B = A - (A \circledast B)$
- Prosesnya adalah:
 - Menipiskan A oleh satu lewatan dengan B^1 ,
 - kemudian menipiskan hasilnya dengan satu lewatan B^2 ,
 - dan seterusnya, sampai A ditipiskan dengan satu lewatan B^n .
 - Semua proses ini diulang sampai tidak ada perubahan yang terjadi.
 - Setiap penipisan dilewatkan dengan menggunakan persamaan $A \otimes B = A \cap (A \circledast B)^c$

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

A

-1	-1	-1
	1	
1		1

B1

	-1	-1
1	1	-1
	1	

B2

1		-1
	1	-1
1		-1

B3

	1	
1	1	-1
	-1	-1

B4

1		1
	1	
-1	-1	-1

B5

	1	
-1	1	1
-1	-1	

B6

-1		1
-1	1	
-1		1

B7

-1	-1	
-1	1	1
	1	

B8

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

A

1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

 $A \odot B1$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

 $A1 = A - (A \odot B1)$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

 $A1 \odot B2$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

 $A2 = A1 - (A1 \odot B2)$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

 $A2 \odot B3$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0

 $A3 = A2 - (A2 \odot B3)$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0

 $A3 \odot B4$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	0	0

 $A4 = A3 - (A3 \odot B4)$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	0	0

 $A4 \odot B5$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
0	0	0	0	0

 $A5 = A4 - (A4 \odot B5)$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
0	0	0	0	0

 $A5 \odot B6$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

 $A6 = A5 - (A5 \odot B6)$

0	0	0	0	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
1	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

 $A6 \odot B7$

0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

 $A7 = A6 - (A6 \odot B7)$

0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

 $A7 \odot B8$

0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

 $A8 = A7 - (A7 \odot B8)$

0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	1	1	1	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	0	0	0	0

thinning kedua

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	0	0	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	0	0	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	1	1	0	0
0	1	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

0	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	1	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

hasil akhir setelah 2 kali thinning



Citra biner



Penipisan 1 kali



Penipisan 2 kali



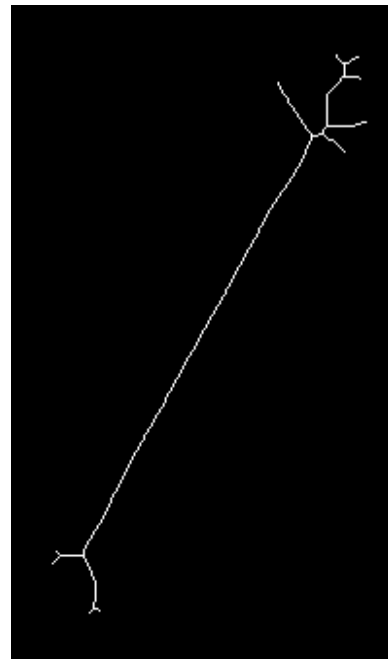
Ditipiskan sampai stabil

SKELETONIZATION

- Skeletonization adalah cara lain untuk mengurangi obyek citra biner menjadi himpunan kerangka tipis yang menahan informasi penting mengenai bentuk asli obyek



Citra biner



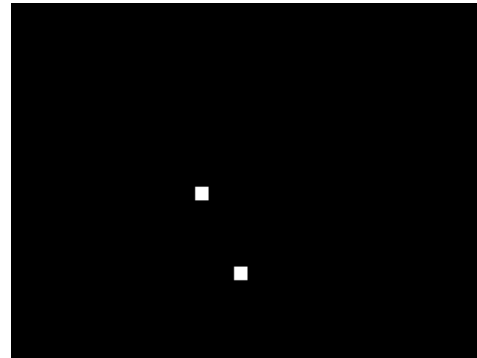
Hasil operasi skeleton

REKONSTRUKSI CITRA BINER

- Rekonstruksi adalah transformasi morfologi yang melibatkan dua citra dan sebuah strel (sebenarnya adalah sebuah citra dan sebuah strel).
 - Citra yang satu adalah *marker*, adalah *starting point* untuk transformasi.
 - Citra yang lain adalah *mask*, yang merupakan constrain transformasi. Strel digunakan untuk mendefinisikan konektivitas.
- Dalam sub-bab ini yang digunakan adalah 8-connectivity (default),
 - yang mengimplikasikan bahwa B adalah matriks 3 x 3 bernilai 1, dengan pusat yang didefinisikan di koordinat (2,2).
- Jika g adalah mask dan f adalah marker, rekonstruksi g dari f, dinyatakan $R_g(f)$, didefinisikan dengan prosedur iteratif berikut:
 - Inisialisasi h1 menjadi marker citra f.
 - Buat strel $B = \text{ones}(3)$.
 - Ulangi $h_{k+1} = (h_k \oplus B) \cap g$
 - sampai $h_{k+1} = h_k$
- Marker f harus menjadi bagian dari g; maka: $f \subseteq g$
- Toolbox di MATLAB:
 - `out = imreconstruct(marker, mask)`



Citra biner asli



marker



Hasil iterasi ke 30



Hasil iterasi ke 50



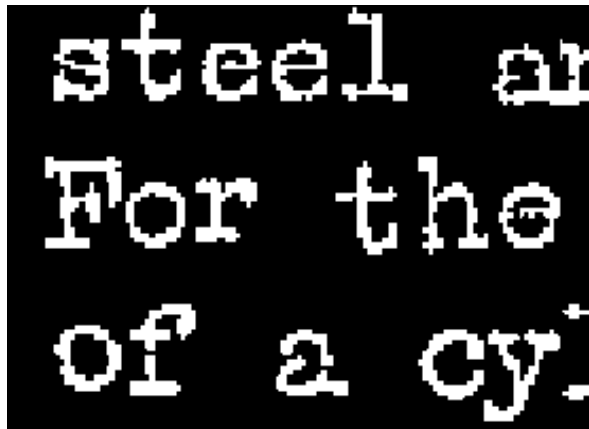
Hasil iterasi ke 90



Hasil akhir rekonstruksi

OPENING DENGAN REKONSTRUKSI

- Dalam morfologi opening,
 - Erosi biasanya menghilangkan obyek kecil.
 - Dilasinya cenderung mengembalikan bentuk obyek yang tersisa.
- Akurasi dari restorasi ini tergantung kesamaan antara bentuk obyek dengan strel.
- Metode *opening by reconstruction* secara pasti mengembalikan bentuk obyek yang tersisa setelah erosi.
- Opening dengan rekonstruksi citra f , menggunakan strel B , didefinisikan sebagai $R_f(f \ominus B)$



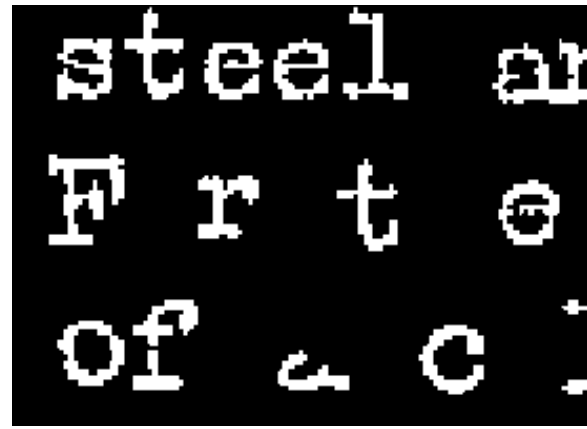
Citra asli biner



Hasil erosi citra a dengan strel line ukuran 21



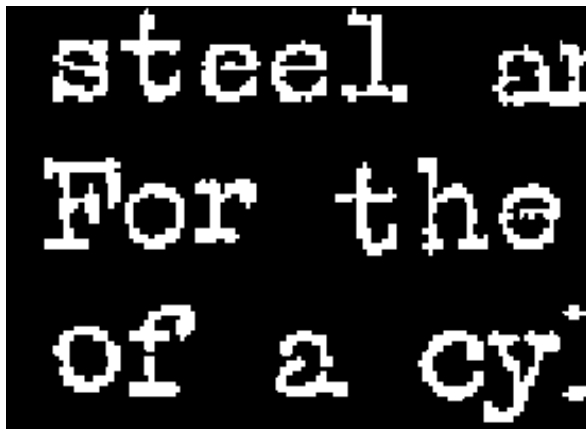
Hasil opening citra a dengan strel line ukuran 21



Hasil opening dengan rekonstruksi

MEMBERSIHKAN OBYEK YANG MENYENTUH BORDER

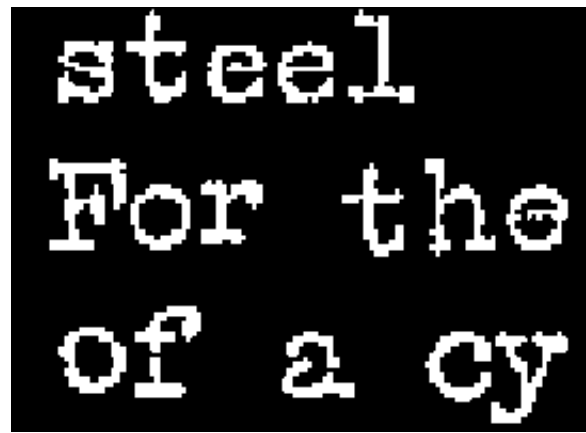
- Aplikasi rekonstruksi lain yang berguna adalah menghilangkan obyek yang menyentuh border citra.
 - Kunci dalam aplikasi ini adalah memilih marker dan mask citra yang tepat untuk mendapatkan efek yang diharapkan.
- Digunakan citra original sebagai mask dan marker citra f_m , didefinisikan sebagai:
$$f_m(x, y) = \begin{cases} f(x, y) & \text{jika } (x, y) \text{ adalah border } f \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$
- Toolbox di MATLAB;
 - $g = \text{imclearborder}(f, \text{conn})$
 - di mana f adalah citra input dan g adalah hasilnya.
 - Nilai untuk conn dapat diberi nilai 4 atau 8 (default).
 - Fungsi ini menekan struktur yang lebih terang daripada sekitarnya dan yang terhubung ke citra.
 - Input f boleh citra grayscale atau biner.
 - Citra output adalah citra grayscale atau biner sesuai dengan inputnya



Citra asli biner



Obyek yang menyentuh border



Hasil rekonstruksi citra asli