

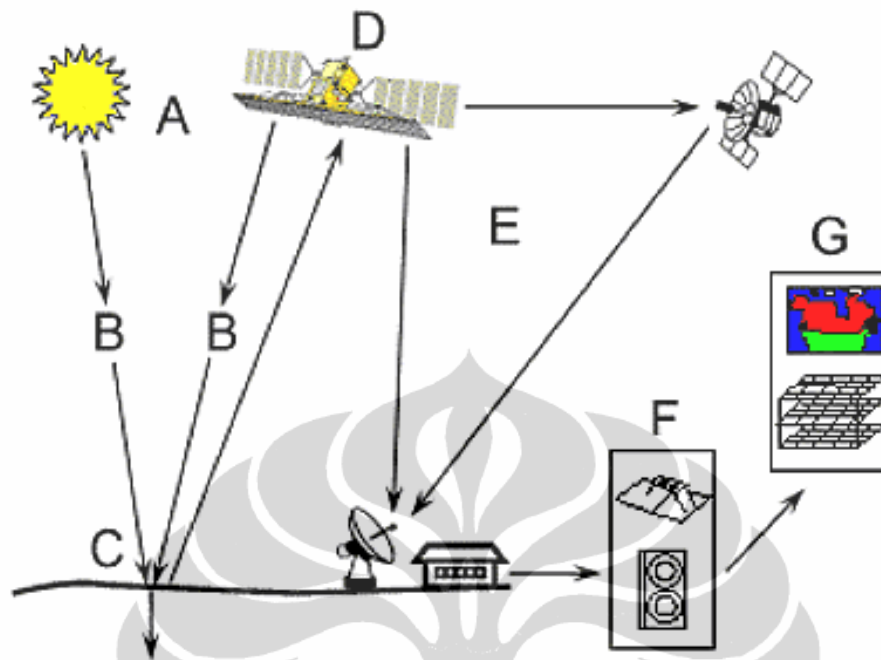
BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1. Sistem *Remote Sensing* (Penginderaan Jauh)

Remote Sensing didefinisikan sebagai ilmu untuk mendapatkan informasi mengenai obyek-obyek pada permukaan bumi dengan analisis data yang didapatkan dari perangkat penginderaan jauh. Secara umum, *remote sensing* digunakan untuk menyatakan identifikasi rupa bumi dengan analisis radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi. Setiap obyek pada permukaan bumi memantulkan atau menghamburkan sebagian dari energi elektromagnetik yang mengenai obyek tersebut, selain itu obyek juga memancarkan radiasi sesuai dengan temperatur dan emisivitasnya [5]. Secara khusus satelit digunakan sebagai wahana yang membawa sensor-sensor pencitraan untuk melakukan tugas tersebut sehingga disebut sebagai satelit penginderaan jauh.

Deteksi dan pemisahan obyek atau rupa bumi mencakup pendeteksian dan perekaman energi radiasi yang dipantulkan atau dipancarkan oleh obyek atau material permukaan. Obyek yang berbeda akan memberikan nilai dan jenis energi yang berbeda pada spektrum elektromagnetik. Suatu sistem penginderaan jauh menggunakan sensor yang dibawa satelit atau pesawat terbang dapat berupa sistem aktif atau pasif. Sistem sensor aktif menggunakan energi yang dipancarkan sendiri dari satelit atau pesawat, sedangkan sistem sensor pasif mengandalkan iluminasi (pencahayaan) dari matahari atau emisi dari obyek untuk pengamatannya. Data citra optik diperoleh satelit dari sistem sensor pasif, sedangkan data kontur (rupa bumi) dan citra radar didapatkan dari sistem sensor aktif. Gambar 2.1 menunjukkan sistem penginderaan jauh dengan elemen-elemennya [6].

Sumber Pencahayaan (A) merupakan kebutuhan dasar dalam penginderaan jauh untuk menyediakan energi elektromagnetik pada sasaran pengamatan. Pada instrumen pasif sumber energi umumnya adalah matahari, sedangkan instrumen aktif sensor memancarkan sendiri pulsa energinya. Pada saat energi tersebut bergerak dari sumber menuju sasaran, akan terjadi interaksi dengan atmosfer (B).



Gambar 2.1 Sistem Penginderaan Jauh[6]

Interaksi ini terjadi dua kali karena setelah itu energi bergerak dari sasaran menuju sensor sehingga terjadi hamburan atmosferik pada radiasi energi. Pada saat mengenai sasaran (C), energi tersebut berinteraksi dengan obyek sasaran bergantung pada sifat-sifat obyek dan energi radiasinya. Setelah energi dihamburkan atau dipancarkan obyek sasaran, suatu sensor akan mengumpulkan dan merekam radiasi elektromagnetiknya (D) dari jarak jauh, tanpa terjadi kontak dengan obyek sasaran. Setelah direkam oleh sensor, informasi akan dikirimkan menuju stasiun penerima dan pengolah (E) untuk diolah menjadi citra digital maupun *hardcopy*, citra tersebut selanjutnya diinterpretasikan secara visual maupun digital (F) untuk mengekstraksi informasi pada obyek sasaran. Tahap akhir dari penginderaan jauh adalah menerapkan informasi yang didapatkan (G) untuk mencari informasi baru atau untuk membantu dalam menyelesaikan suatu permasalahan.

2.2. *Digital Elevation Model (DEM)*

Digital Elevation Model atau DEM adalah suatu representasi digital dari topografi permukaan tanah. DEM banyak digunakan dalam sistem informasi geografi dan menjadi basis yang paling banyak digunakan dalam pembuatan peta rupa bumi (*relief map*) secara digital. Dalam pemetaan digital, setiap bagian peta dibagi menjadi beberapa blok. Kemiringan lahan pada setiap blok tidak beraturan sehingga perlu untuk meminimalkan variabilitas kemiringan dalam satu blok. Secara teori, variabilitas ini dapat dikurangi dengan memperkecil interval sudut kemiringan yang digunakan untuk kriteria pembagian blok. Secara praktis, semakin kecil interval sudut kemiringan akan mempersulit proses pemetaan [7].

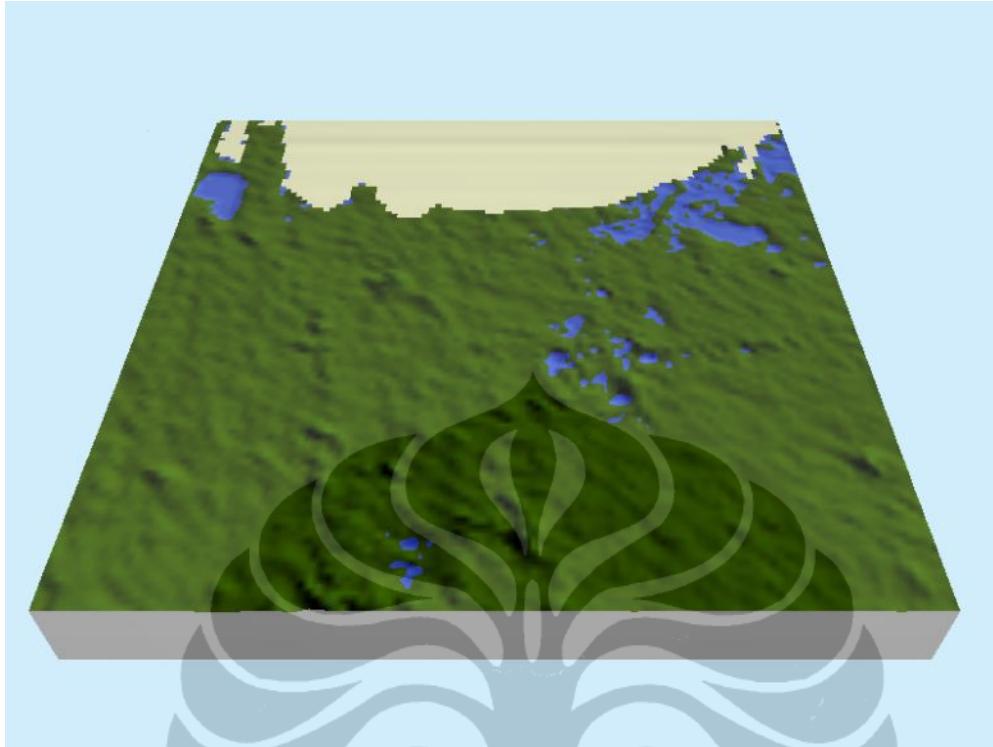
Secara umum, terdapat tiga cara representasi DEM, yaitu dengan:

1. Kontur digital.
2. *Regular grid* atau disebut *Raster*.
3. *Triangulated irregular network (TIN)*.

Ketiga jenis DEM ini memiliki struktur geometris yang berbeda. Kontur digital berbasis pada garis-garis horisontal, sedangkan *raster* atau *regular grid* berdasarkan titik-titik yang beraturan dan TIN berdasarkan titik-titik yang tidak beraturan. Perbedaan struktur ini membedakan bentuk geometris unit terkecil yang menyusun setiap model. Pada representasi DEM jenis kontur digital, bentuk geometrisnya berupa poligon, pada raster berupa segi empat, dan pada TIN berupa segitiga. Gambar 2.2 menunjukkan contoh DEM wilayah DKI Jakarta yang diambil dari SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) [8].

2.3. *Image Processing (Pengolahan Citra)*

Gambar atau citra merupakan media yang paling umum dan mudah untuk mengirimkan atau menyampaikan informasi karena berisi posisi, ukuran dan hubungan antar obyek yang terdapat pada citra tersebut. Pada gambar juga terdapat informasi spasial yang dapat dikenali sebagai obyek. Pada penginderaan jauh, analisis citra dilakukan pada citra dengan *overhead perspective* (perspektif tampak atas) yang direpresentasikan secara digital. Karena direpresentasikan secara angka, maka nilainya dapat dimanipulasi [5].



Gambar 2.2 Representasi DEM dari Wilayah DKI Jakarta[8]

Suatu citra dapat dinyatakan sebagai fungsi dua dimensi, $f(x, y)$, dimana x dan y adalah koordinat spasial dan nilai f pada setiap pasangan koordinat merupakan intensitas citra pada titik tersebut. Bila koordinat dan intensitas berupa angka tertentu dan bersifat diskrit, maka citra tersebut disebut citra digital. Setiap lokasi (koordinat) (x, y) pada citra memiliki nilai tertentu yang disebut *picture elements (pixel)*. Proses pengolahan citra digital terbagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. *Low level* (tingkat rendah), berupa proses dasar seperti pengurangan *noise*, peningkatan kontras, dan *image sharpening*. Masukan dan hasil dari proses ini berupa citra,
2. *Middle level* (tingkat menengah), berupa segmentasi dan klasifikasi. Hasil dari proses ini berupa citra yang sudah memiliki atribut informasi tertentu, dan
3. *High level* (tingkat tinggi), berupa analisis citra.

Dari tingkatan tersebut, terdapat kesamaan pada proses pengolahan citra, yaitu baik masukan maupun hasil pengolahannya berupa citra [9].

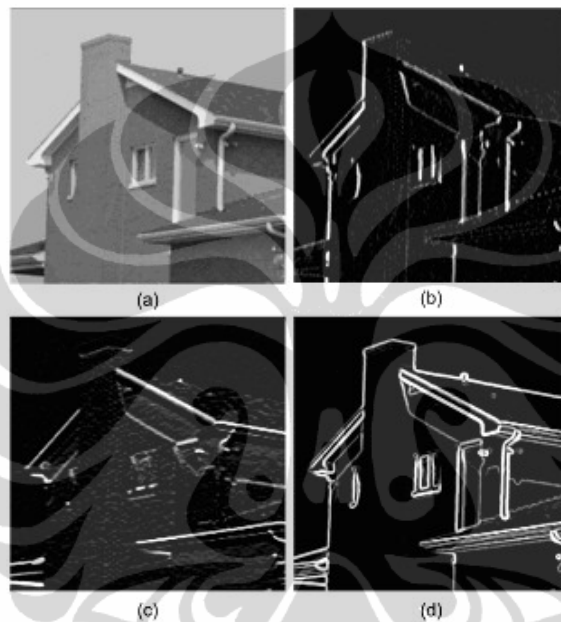
2.4. Segmentasi Citra

Langkah awal dalam analisis citra pada umumnya adalah dengan melakukan segmentasi terhadap citra. Proses segmentasi membagi citra menjadi bagian-bagian atau obyek-obyek penyusunnya. Segmentasi pada citra dilakukan hingga obyek yang akan diamati pada kajian dapat dipisahkan dari obyek lainnya. Secara umum, segmentasi yang dilakukan secara otomatis merupakan bagian yang tersulit dalam pemrosesan citra [9].

Algoritma segmentasi untuk citra secara umum didasarkan pada satu diantara dua sifat dari hubungan nilai pixel-pixel yang ada pada citra tersebut dengan nilai pixel yang terdapat di sekelilingnya, yaitu kesamaan nilai dari pixel dan diskontinuitas nilai dari pixel tersebut. Pada kategori pertama, pendekatan dilakukan dengan melakukan pemisahan citra berdasarkan perubahan yang drastis dari nilai pixel. Untuk mendeteksi diskontinuitas, pada citra digital terdapat tiga jenis diskontinuitas, yaitu diskontinuitas titik, diskontinuitas garis, dan diskontinuitas tepian.

Deteksi titik pada dasarnya mengukur beda bobot nilai antara suatu titik dengan titik-titik tetangganya, dimana titik tersebut dapat diisolasi bila beda nilainya lebih besar dari nilai ambang yang ditetapkan. Deteksi garis merupakan tingkat deteksi yang lebih kompleks, dimana garis yang akan diisolasi memiliki lebar dan orientasi arah yang sesuai dengan *mask* yang digunakan. Deteksi tepian atau *edge detection* merupakan cara yang paling umum dilakukan dalam melakukan deteksi diskontinuitas pada citra karena titik atau garis yang terisolasi bukan hal yang sering ditemukan. Kebanyakan obyek pada citra digital berupa luasan atau area yang memiliki tepian. Tepian adalah batas antara dua daerah yang memiliki sifat yang relatif berbeda, dengan asumsi bahwa masing-masing area memiliki sifat yang cukup homogen. Deteksi tepi menggunakan operator derivatif karena transisi nilai pixel antara dua daerah pada citra digital biasanya buram karena efek sampling. Bila berada pada daerah yang nilainya relatif konstan, maka nilai derivatifnya dianggap konstan. Nilai derivatif pertama digunakan untuk mendeteksi tepian dari citra, sedangkan derivatif kedua digunakan untuk menentukan apakah pixel berada pada sisi gelap atau terang.

Beberapa operator *edge detection* (deteksi tepian) yang sering digunakan antara lain *Sobel* dan *Prewitt*. Operator Sobel melakukan proses diferensiasi dan juga proses *smoothing* (penghalusan). Proses penghalusan ini sangat berguna karena proses diferensiasi memperbesar tingkat *noise*. Operator Sobel dapat dilakukan untuk mendeteksi tepian pada arah sumbu horisontal, vertikal dan juga arah diagonal.



Gambar 2.3 Deteksi tepi menggunakan operator Sobel[8], (a) Citra asal, (b) Deteksi dengan *Vertical Mask*, (c) Deteksi dengan *Horizontal Mask*, (d) Citra gabungan dari (b) dan (c) [10]

2.5. Segmentasi Dengan Morfologi *Watershed*

Konsep utama dalam segmentasi citra dengan morfologi watershed mencakup penggunaan deteksi diskontinuitas, segmentasi, dan *region processing*. Konsep *watershed* didasarkan pada visualisasi citra secara tiga dimensi dalam bentuk koordinat spasial. Dalam satu *region*, terdapat tiga titik yang memiliki ciri tersendiri yaitu:

- (a) Titik terendah dari suatu *region*,
- (b) Titik dimana bila tetesan air yang jatuh akan menuju titik terendah pada kondisi (a),

- (c) Titik dimana tetesan air yang jatuh dapat mengalir ke lebih dari satu titik terendah.

Pada kondisi (b), nilai titik terendah pada daerah tersebut disebut sebagai *catchment basin* atau *watershed*, sedangkan kondisi (c) disebut sebagai *watershed lines*. Tujuan dari segmentasi ini adalah untuk mencari *watershed lines* dari region-region yang ada pada citra tersebut.

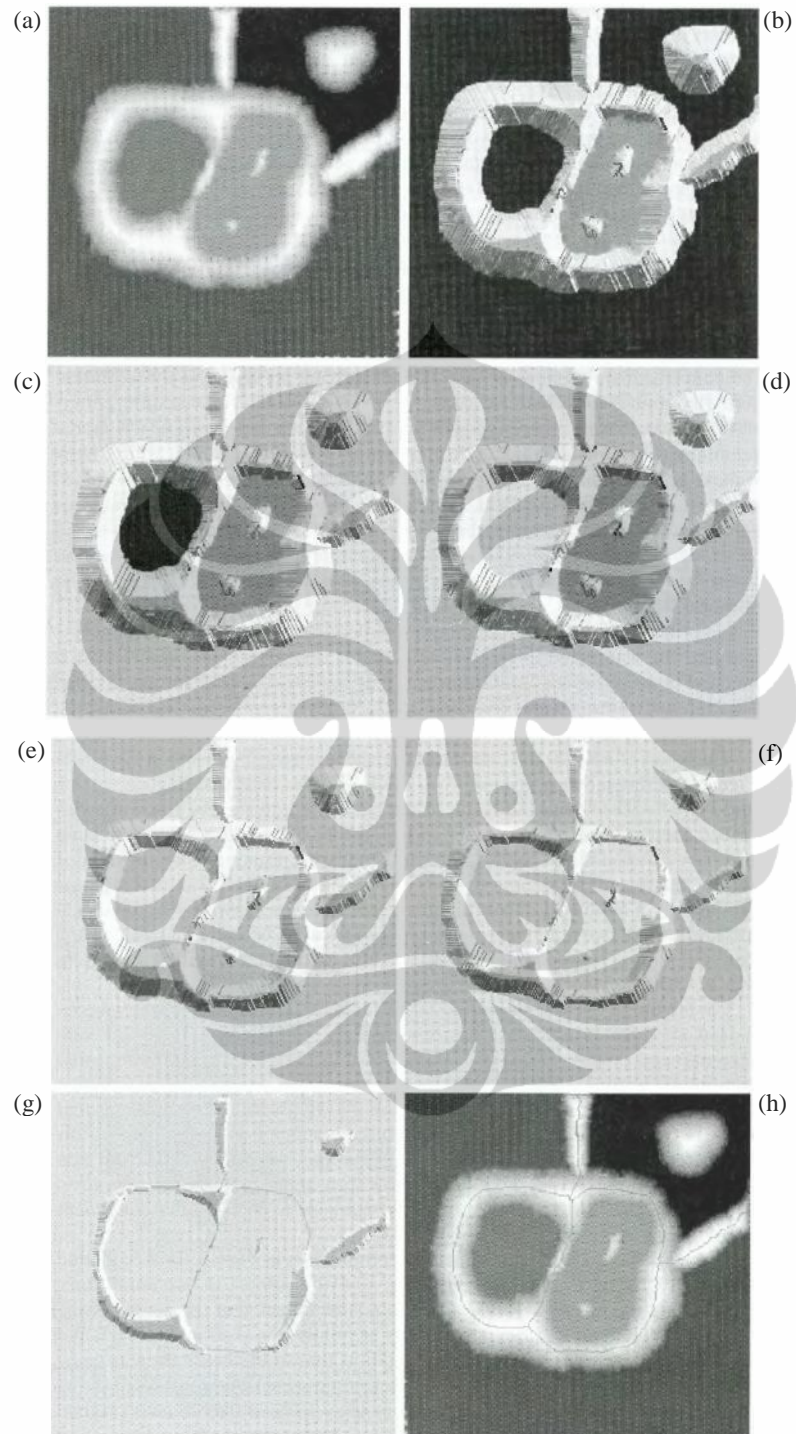
Bila pada suatu citra terdapat set koordinat spasial M_1, M_2, \dots, M_R yang termasuk dalam satu minima dari *region* pada citra $g(x, y)$, dan $T[n]$ menyatakan set koordinat (s, t) dimana $g(s, t) < n$, maka

$$T[n] = \{(s, t) | g(s, t) < n\} \dots \dots \dots (2.1)$$

Secara geometris, koordinat $T[n]$ merupakan set koordinat titik $g(x, y)$ yang terletak di bawah bidang $g(x, y) = n$. Perendaman *region* dilakukan dengan peningkatan nilai secara *integer* dari $n = \min + 1$ hingga $n = \max + 1$, dimana \min dan \max menyatakan nilai terendah dan tertinggi dari $g(x, y)$. Bila $C_n(M_i)$ merupakan set koordinat titik yang berkaitan dengan nilai minimum pada tingkat n , $C_n(M_i)$ dapat dilihat sebagai citra biner yang dinyatakan dengan

$$C_n(M_i) = C(M_i) \cap T[n] \dots \dots \dots (2.2)$$

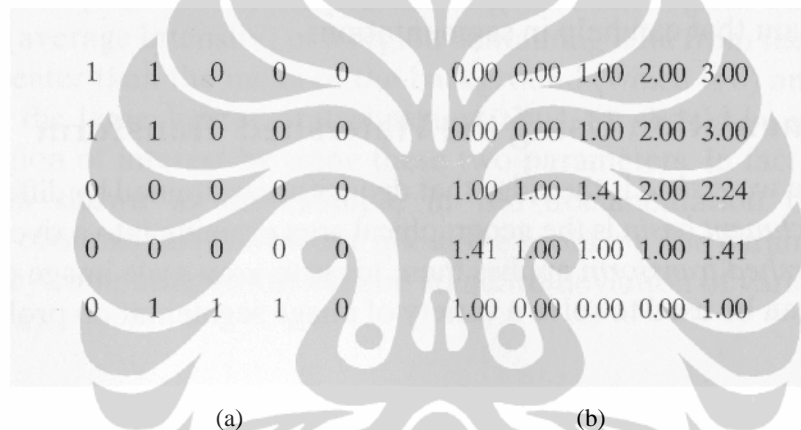
Gambar 2.4 menunjukkan proses dari segmentasi watershed tersebut, dimana gambar (a) menunjukkan citra dasar yang akan di segmentasi, gambar (b) menunjukkan area-area berwarna gelap adalah area yang akan mengalami proses “pengisian air” sehingga menyisakan pematang-pematang yang berupa garis atau juga *boundary* yang berwarna terang. Gambar 2.4(c) menunjukkan “ketinggian air” yang mengisi *region* bagian luar, dan gambar (d) menunjukkan *region* bagian dalam-kiri sudah terisi air. Pada Gambar 2.4(e) dan (f), pematang mulai “terendam air” hingga menyisakan satu garis saja. Pada Gambar 2.4(g) menunjukkan hasil akhir proses “pengisian air” tersebut, dimana pematang atau *boundary* yang tersisa hanya berupa garis. Gambar 2.4(h) menunjukkan *boundary* yang dihasilkan ditumpangkan pada citra awal.



Gambar 2.4 Proses Segmentasi Watershed [10].

2.6. Segmentasi *Watershed* menggunakan *Distance Transform*

Untuk mendapatkan nilai minima dari suatu *region* yang relatif homogen pada citra biner dapat juga dilakukan dengan *distance transform*, yaitu menghitung jarak setiap pixel dengan pixel *nonzero*, atau dapat diartikan sebagai *boundary* yang terdekat. Dengan demikian, maka akan terdapat satu titik yang memiliki nilai *distance transform* yang terbesar pada suatu *region*, atau pixel yang letaknya paling jauh dari *boundary*. Nilai tersebut akan digunakan sebagai nilai minima dari *region* tersebut. Gambar 2.5 menunjukkan kelompok citra biner dan *distance transform*-nya.



Gambar 2.5 Matriks Citra Biner dan hasil *Distance Transform*-nya [10].

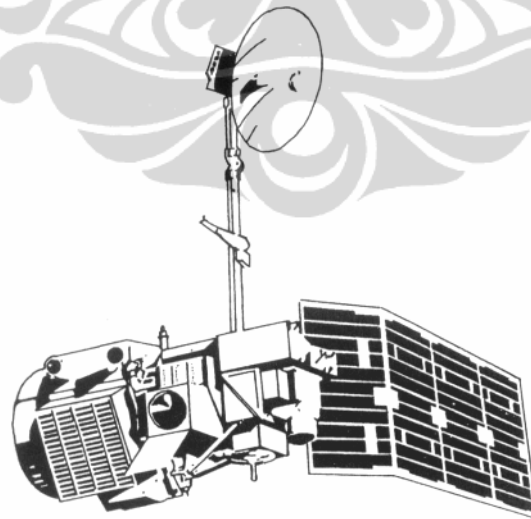
Gambar 2.5(a) menunjukkan matriks dari suatu citra biner, sedangkan Gambar 2.5(b) menunjukkan *distance transform* dari pixel yang bersesuaian. Pada gambar tersebut, pixel dengan nilai 1 memiliki nilai *distance transform* 0 (nol). Pixel 0 pada posisi kanan atas memiliki nilai transformasi 3 karena terletak sejauh 3 pixel dari pixel 1 yang terdekat [10].

2.7. Satelit Penginderaan Jauh

Penggunaan satelit buatan sebagai wahana penginderaan jarak jauh (*remote sensing platform*) dimulai dari aktivitas pengintaian militer pada saat Perang Dingin, yaitu segera setelah peluncuran satelit buatan pertama yang mampu mengorbit bumi (Sputnik-1) pada dekade 1960-an. Generasi awal dari sistem satelit pengintai (*reconnaissance satellite*) adalah seri Corona yang

digunakan militer dan dinas intelijen Amerika Serikat dengan sensor Keyhole (KH-4, KH-4B, KH-5) sedangkan yang lebih maju adalah seri Big Bird (KH-11). Data satelit yang tidak memiliki signifikansi militer kemudian digunakan oleh badan-badan non-militer AS seperti NASA, NOAA dan USGS. Penggunaan ini menjadi cikal bakal perkembangan bidang penginderaan jauh atau *remote sensing*.

Penggunaan satelit pemantau bumi atau *earth observation satellite* non-militer dirintis oleh satelit TIROS untuk memantau cuaca dan pola awan. Penggunaan satelit pemantau bumi skala luas dimulai dengan program Landsat (*Land Satellite*) untuk memantau permukaan bumi. Seri Landsat dimulai dengan Landsat 1 yang beroperasi pada kurun waktu 1972-1978 diikuti seri berikutnya kecuali Landsat 6 yang mengalami kegagalan dalam proses peluncuran, hingga yang terakhir adalah Landsat 7 yang beroperasi sejak 1999 hingga sekarang. Pada saat ini, Landsat 7 beroperasi dengan penurunan kemampuan akibat kerusakan pada sistem sensornya. Saat ini sedang dilakukan program *Landsat Data Continuity Mission* (LDCM) untuk menjaga kesinambungan data pengamatan muka bumi oleh program Landsat. Gambar 2.6 menampilkan satelit yang digunakan oleh seri Landsat 4 dan 5



Gambar 2.6 Satelit Landsat 4 dan 5 [11]