

## BAB II

### STUDI PUSTAKA

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

T. C. Ling, dkk., (2008) dalam penelitiannya “*Automated Pavement Imaging Program (APIP) for Pavement Cracks Classification and Quantification – A Photogrammetric Approach*”. Penggunaan sistem fotogrammetri dinilai sangat efektif dalam melakukan deteksi retak jalan raya, karena terbukti lebih efisien dibandingkan dengan cara manual dan terbukti lebih aman untuk para surveyor kerusakan jalan. Tingkat akurasi dari sistem ini dalam mendeteksi retak permukaan jalan raya sudah memenuhi standar yang ditetapkan oleh otoritas jalan untuk evaluasi perkerasan jalan. Pada penelitian ini 10 sampel yang diuji, fotogrammetri mempunyai hasil yang handal dan obyektif. Tingkat akurasi sistem ini mencapai 90%. Namun terdapat kekurangan pada penelitian ini karena perangkat kamera yang digunakan memiliki spesifikasi khusus dengan harga yang relatif mahal dan pengoperasiannya yang relatif rumit.

Zhang dan Lou (2010) dalam penelitiannya “*Pavement Crack Distress Detection Based on Image Analysis*” menggunakan metode analisis sinyal untuk mendeteksi keretakan. Penelitian ini menggunakan interpolasi bilinear untuk mendapatkan citra koreksi berdasarkan *subset* latar belakang yang diekstrak dari citra asli. Interpolasi adalah sebuah metode pengolahan citra untuk meningkatkan atau mengurangi jumlah piksel dalam gambar digital. Beberapa kamera digital menggunakan interpolasi untuk menghasilkan suatu gambar yang lebih besar dari

sensor atau untuk membuat zoom digital. Interpolasi bilinear menentukan nilai-nilai baru berdasarkan rata-rata (dengan memberi bobot) dari 4 piksel dari ukuran  $2 \times 2$  piksel tetangga terdekat dalam gambar asli. Ambang segmentasi dapat dihitung berdasarkan histogram dari citra dan ekstraksi ciri. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Zang dan Lou ini masih kurang jelas karena latar belakang berupa permukaan perkerasan masih nampak.

Sugiarto (2015) dalam penelitiannya “Deteksi Retak Permukaan Jalan Raya Berbasis Pengolahan Citra Menggunakan Metode *Pyramida Gaussian*” menggunakan filter *pyramida gaussian* untuk menghilangkan derau pada saat pengambilan data citra yang disebabkan oleh faktor alamiah dan kepekaan sensor cahaya kamera. *Pyramida gaussian* terdapat 2 garis besar langkah dalam proses pengolahan yaitu *down-sampling* dan *smoothing*. Penelitian ini menggunakan metode klasifikasi *Linear Discriminant Analysis* (LDA) untuk mengklasifikasi citra termasuk retak atau tidak. Hasil dari penelitian ini cukup baik untuk mendeteksi adanya retak permukaan jalan raya.

Riyadi, dkk., (2008) dalam penelitiannya “*Wavelet-based Feature Extraction Technique for Fruit Shape Classification*” menggunakan metode multiskala transformasi *wavelet* diskrit dan menggunakan metode klasifikasi LDA. Penelitian ini menggunakan 3 ekstraksi ciri sebagai masukan dalam persamaan LDA, ketiga ekstraksi ciri tersebut yaitu nilai jumlah (*sum*), rata-rata (*mean*), dan standar deviasi (*std*). Ketiga ekstraksi ciri tersebut kemudian saling dipasangkan atau dikombinasi sebagai ekstraksi ciri. Metode yang digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas buah papaya berdasarkan analisis bentuk

dengan menggunakan transformasi *wavelet* dan klasifikasi LDA ini menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi yaitu sebesar 98%.

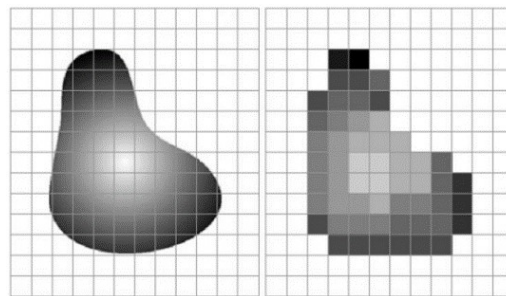
## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Retak Jalan

Retak adalah suatu gejala kerusakan permukaan perkerasan sehingga akan menyebabkan air pada permukaan perkerasan masuk ke lapisan dibawahnya dan hal ini merupakan salah satu faktor yang akan membuat luas atau parah kerusakan jalan (Departemen Pekerjaan Umum, 2007).

### 2.2.2 Pengertian Citra Digital

Sebuah citra digital  $a [m, n]$  dideskripsikan dalam ruang diskrit 2D yang berasal dari sebuah citra analog  $a [x, y]$  pada sebuah ruang kontinyu melalui sebuah proses pengambilan sampling yang sering disebut sebagai digitasi. Efek dari sebuah digitasi, ditunjukkan pada Gambar 2.1



**Gambar 2.1** (kiri) Citra kontinyu diproyeksikan ke array sensor; (kanan) Citra hasil digitasi

Citra kontinyu  $a [x, y]$  dibagi menjadi  $N$  baris dan  $M$  kolom. Titik potong antara sebuah baris dan kolom disebut sebagai piksel. Penentuan nilai berdasarkan

pada koordinat bilangan bulat  $[m, n]$   $\{m=0, 1, 2, 3 \dots M-1\}$  dan  $\{n = 0,1,2,3 \dots N-1\}$  adalah sebuah  $[m, n]$ .

Piksel merupakan balok-balok bangunan dasar dari sebuah citra digital. Sebuah piksel merupakan warna atau nilai kecermerlangan yang menempati sebuah tempat spesifik pada sebuah citra. Sebuah citra seperti sebuah *grid* dengan masing-masing kotak persegi di dalam *grid* berisi satu warna atau piksel. Sebuah citra 8 dengan resolusi 1024x768 adalah sebuah grid dengan 1024 kolom dan 768 baris, yang mana berisi  $1024 \times 768 = 786432$  piksel. Banyaknya piksel pada sebuah citra tidak menunjukkan dimensi fisik dari sebuah citra. Dengan kata lain, satu piksel tidak sama dengan satu *millimeter*, satu *micrometer* atau satu *nanometer*. Seberapa “luas” sebuah piksel akan tergantung pada pengaturan piksel per inch (PPI) untuk citra tersebut.

### 2.2.3 Pengertian Pengolahan Citra Digital

Citra digital direpresentasikan dengan matriks, sehingga operasi pada citra digital pada dasarnya memanipulasi elemen – elemen matriks. Operasi yang dapat dilakukan pada sebuah citra ada berbagai macam, diantaranya operasi titik, operasi global, operasi berbasis bingkai, operasi geometri, dan operasi bertetangga.

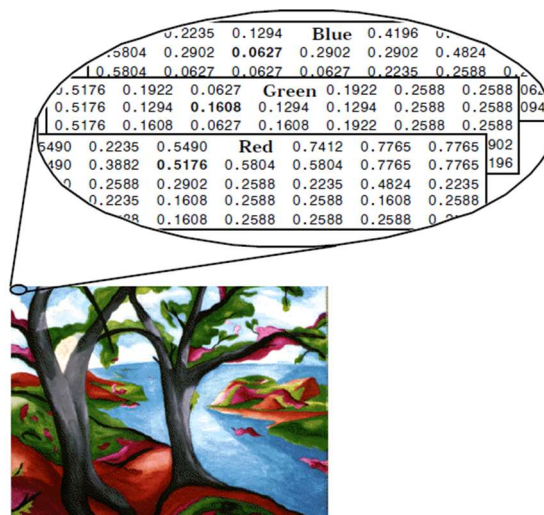
$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0, M-1) \\ f(1,0) & \dots & \dots & f(1, M-1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ f(N-1,0) & f(N-1,1) & \dots & f(N-1, M-1) \end{bmatrix}$$

**Gambar 2.2** Representasi citra dalam matrik

Gambar 2.2 menunjukkan representasi citra dalam matriks. Bentuk matriks adalah perwujudan dari bentuk sinyal digital sehingga proses pemecahan dan pengolahan matriks dari citra ini biasa disebut *digital image processing*.

#### 2.2.4 Citra RGB

Citra warna atau lebih dikenal dengan citra RGB (*red, green, blue*). Citra RGB adalah citra yang warna dasar penyusunnya adalah merah, hijau, biru. Warna selain itu adalah warna hasil perpaduan dari ketiga warna tersebut. *Red* (merah), *Green* (hijau), *Blue* (biru) merupakan warna dasar yang dapat diterima oleh mata manusia. Setiap piksel pada citra warna mewakili warna yang merupakan kombinasi dari ketiga warna dasar RGB. Setiap titik pada citra warna membutuhkan data sebesar 3 *byte*. Setiap warna dasar memiliki intensitas warna tersendiri dengan nilai minimum nol (0) dan nilai maksimum 255(8 bit). Ilustrasi citra RGB ditunjukkan pada Gambar 2.3



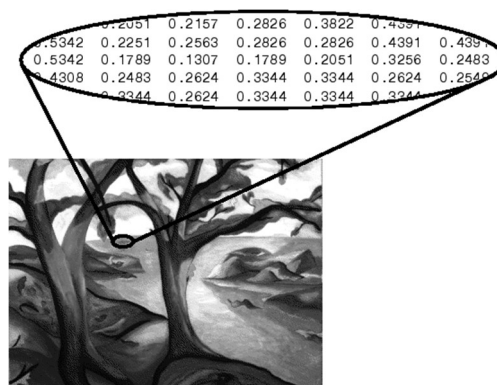
Gambar 2.3 Citra RGB

Citra warna dipandang sebagai penumpukan tiga matriks, masing-masing matriks merepresentasikan nilai-nilai merah, hijau dan biru pada setiap piksel, artinya setiap piksel berkaitan dengan tiga nilai (Sianipar, 2013).

### 2.2.5 Citra Abu-abu (*Grayscale*)

Citra *grayscale* merupakan citra digital yang hanya memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya, dengan kata lain bagian  $red=green=blue$ . Nilai tersebut digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki adalah warna dari hitam, keabuan dan putih. Tingkatan keabuan di sini merupakan warna abu dengan berbagai tingkatan dari hitam hingga mendekati putih (Darma, 2010).

Citra yang ditampilkan dalam mode *grayscale* terdiri atas warna abu-abu yang bervariasi, warna hitam pada intensitas terlemah dan warna putih pada intensitas terkuat. Citra *grayscale* berbeda dengan citra biner atau citra “hitam-putih”. Apabila citra hitam putih hanya mengenal dua warna yaitu “hitam” dan warna “putih” sedangkan *grayscale* mempunyai variasi yang banyak. Ilustrasi citra grayscale ditunjukkan pada Gambar 2.4



**Gambar 2.4** Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* disimpan dalam format 8bit untuk setiap pikselnya yang memungkinkan sebanyak 256 intensitas. Untuk mengubah citra berwarna (RGB) menjadi citra *grayscale* dapat dilakukan dengan menghitung rata-rata dari nilai R, G, dan B sehingga dapat dilihat pada Gambar 2.5

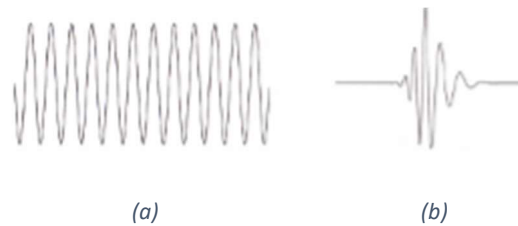
$$X = \frac{R + G + B}{3}$$

*Gambar 2. 5 Rumus menghitung nilai gray dari rgb*

### 2.2.6 *Wavelet*

Teori *wavelet* merupakan suatu konsep yang relatif baru dikembangkan. Kata “*wavelet*” diberikan oleh *Jean Morlet* dan *Alex Grossmann* pada awal tahun 1980-an, dan berasal dari bahasa Perancis, “*ondelette*” yang artinya gelombang kecil. Kata “*onde*” yang berarti gelombang kemudian diterjemahkan kedalam bahasa Inggris menjadi “*wave*”, kemudian digabungkan dengan kata aslinya sehingga terbentuklah kata baru “*wavelet*”.

Gelombang (*wave*) adalah sebuah fungsi yang bergerak naik turun ruang dan waktu secara periodik yang ditunjukkan oleh Gambar 2.6 (a). Sedangkan *wavelet* merupakan gelombang yang dibatasi atau terlokalisasi (gelombang pendek) ditunjukkan pada Gambar 2.6 (b). *Wavelet* pertama kali digunakan dalam analisis dan pemrosesan digital dari sinyal gempa bumi, yang tercantum dalam literatur A. Grossman dan J. Morlet (Kiselev, 2007). Penggunaan *wavelet* hingga saat ini semakin berkembang dan digunakan secara luas, misalnya filterasi dan pengolahan data, pengenalan citra, pengolahan berbagai variasi sinyal, kompresi dan pengolahan citra. Ilustrasi gelombang *wavelet* ditunjukkan pada Gambar 2.6



**Gambar 2. 6** (a) Gelombang (wave), (b) wavelet.

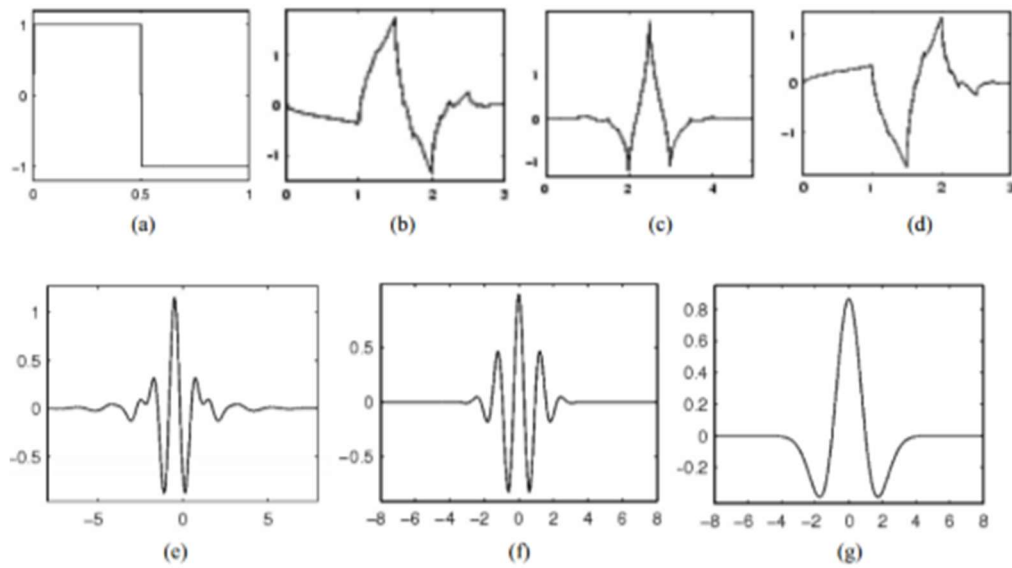
*Wavelet* merupakan suatu teknik perhitungan matematis yang bermanfaat untuk analisis numerik dan memanipulasi dalam 1 (satu) atau 2 (dua) dimensi sinyal. Transformasinya beroperasi seperti sebuah mikroskop yang berfungsi untuk melihat detail partisi sinyal di dalam komponen frekuensi dan memetakan ke koefisien yang memiliki energi yang berbeda (Jones *et al.* 1999). Cara kerja *wavelet* adalah memotong-motong data menjadi bagian tertentu dengan frekuensi yang berbeda, sehingga masing-masing bagian tersebut dapat diolah kemudian dijadikan bahan analisis.

### 2.2.7 *Wavelet Haar*

*Wavelet Haar* adalah metode *wavelet* yang pertama kali diajukan oleh Alfred Haar pada tahun 1909. *Wavelet Haar* merupakan metode *wavelet* yang paling sederhana dan mudah untuk diimplementasikan. Untuk mengekstrak ciri-ciri tekstur dengan transformasi *wavelet haar*, dilakukan proses perataan (*averages*) dan untuk mendapatkan bagian dari gambar yang berfrekuensi rendah dan dilakukan proses pengurangan (*differences*) untuk mendapatkan bagian dari gambar yang berfrekuensi tinggi (Putra 2010). *Bank filter haar* ditunjukkan pada Gambar 2.7







**Gambar 2. 8** Keluarga wavelet (a) Haar, (b) Daubechies4, (c) Coiflet1, (d) Symlet2, (e) Meyer, (f) Morlet, (g) Mexican Hat (Sripathi 2003)

Maka dari itu pemilihan *mother wavelet* sebagai dasar transformasi harus tepat agar berjalan efisien. *Wavelet haar* adalah salah satu *wavelet* tertua dan paling sederhana. Oleh karena itu setiap pembahasan *mother wavelet* dimulai dengan *wavelet haar*. Berdasarkan jenis sinyal yang diprosesnya, transformasi *wavelet* dapat dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu *Continous Wavelet Transform* (CWT) dan *Discrete Wavelet Transform* (DWT).

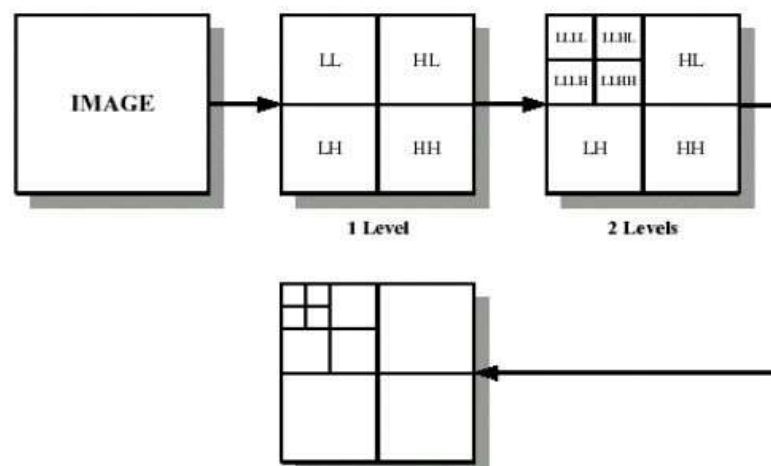
### 1. *Continous Wavelet Transform* (CWT)

Prinsip kerja dari CWT adalah dengan menghitung konvolusi sebuah sinyal dengan sebuah jendela modulasi pada setiap waktu dengan setiap skala yang diinginkan. Jendela modulasi mempunyai skala fleksibel inilah yang yang biasa disebut fungsi dasar *wavelet*.

## 2. *Discrete Wavelet Transform (DWT)*

Sinyal dilewatkan pada filter *high-pass* dan filter *low-pass*, kemudian setengah dari masing-masing keluaran diambil sebagai sampel melalui operasi *down-sampling* atau disebut sebagai proses dekomposisi satu tingkat. Keluaran dari *low-pass* filter digunakan sebagai masukan pada proses dekomposisi tingkat berikutnya. Proses ini diulang sampai tingkat proses dekomposisi yang diinginkan. Kemudian didapatkan koefisien *wavelet* yang merupakan gabungan dari keluaran *high-pass* filter dan *low-pass* filter yang terakhir. Koefisien *wavelet* berisi informasi sinyal hasil transformasi yang telah terkompresi.

Pada transformasi *discrete wavelet transform*, sebuah gambar di dekomposisi menjadi subgambar (*subband*) pada frekuensi dan orientasi yang berbeda, yaitu *low-low* (LL), *low-high* (LH), *high-low* (HL), dan *high-high* (HH). Ilustrasi transformasi *wavelet* diskrit ditunjukkan pada Gambar 2.9



**Gambar 2.9** Transformasi Wavelet

### 2.2.9 Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri merupakan proses memunculkan karakteristik unik suatu objek dalam bentuk nilai yang nantinya digunakan sebagai bahan analisis. Untuk mendapatkan nilai dari suatu ciri dapat dilakukan dengan cara menghitung jumlah titik atau piksel yang ditemui pada saat pengecekan, dimana pengecekan dilakukan dalam berbagai arah yaitu vertikal, horizontal, diagonal kanan, diagonal kiri pada koordinat kartesian dari citra digital. Ciri citra dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

#### 1. Rata-rata

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

Nilai rata-rata dihitung dengan cara menjumlahkan nilai setiap piksel mulai dari piksel ke-1 sampai piksel ke-N kemudian dibagi dengan jumlah piksel.

#### 2. Standar Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_i)^2}$$

Nilai standar deviasi dihitung dengan cara mengurangkan nilai setiap piksel ke-1 sampai ke-N dengan nilai rata-rata. Hasil pengurangan ini dikuadratkan dan dijumlahkan pada setiap piksel ke-1 sampai ke-N. Hasil penjumlahan ini kemudian diakar kuadratkan untuk mendapatkan nilai standar deviasi.

### 2.2.10 *Linear Discriminant Analysis (LDA)*

Analisis diskriminan adalah salah satu teknik analisis statistika dependensi yang memiliki kegunaan untuk mengklasifikasikan beberapa kelompok objek. Pengelompokan dengan analisis diskriminan ini terjadi karena pengaruh satu atau lebih variabel lain yang merupakan variabel independen. Kombinasi linier dari variabel-variabel ini akan membentuk suatu fungsi diskriminan (Tatham et. al., 1998).

LDA diketahui oleh masyarakat luas setelah Ronald A. Fisher sebagai penemu metode ini memublikasikannya melalui paper *The Use of Multiple Measures in Taxonomic Problems* pada tahun 1936. LDA adalah salah satu metode yang dipakai pada bidang statistik, pengenalan pola secara umum untuk menemukan kombinasi linier dari fitur atau ciri yang membedakan dua kelas atau lebih objek. Penyusunan fungsi diskriminan dilakukan dengan membentuk kombinasi linier dari peubah bebas yang diamati dan akan memberikan nilai keragaman sekecil mungkin bagi objek-objek dalam kelompok yang sama dan sebesar mungkin bagi objek-objek antar kelompok (Salwa, 2007). Penggunaan satu fungsi diskriminan dalam pengklasifikasian lebih dari dua kelompok kurang efektif, sehingga diperlukan dua atau lebih kombinasi linier yang dapat menerangkan perbedaan antar kelompok dengan efektif (Dillon & Goldstein, 1984)

Kombinasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai pengklasifikasi linier. Analisis diskriminan bertujuan untuk mengklasifikasikan suatu objek kedalam kelompok yang saling lepas (*mutually exclusive/disjoint*) dan menyeluruh

(*exhaustive*) berdasarkan sejumlah variabel bebas dan mengelompokkan objek baru kedalam kelompok-kelompok yang saling lepas tersebut. Selain itu, beberapa tujuan dari analisis diskriminan ini antara lain:

1. Menentukan apakah terdapat perbedaan yang nyata antara beberapa karakteristik yang diteliti dalam membedakan dua atau lebih kelompok.
2. Menentukan variabel bebas mana saja yang memberikan kontribusi penting dalam membedakan nilai rata-rata diskriminan dari dua atau lebih kelompok.
3. Mengelompokkan data kedalam dua atau lebih kelompok berdasarkan karakteristik data yang diteliti.

Model analisis diskriminan yang berkenaan dengan kombinasi linier mempunyai bentuk sebagai berikut:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_kX_k$$

Keterangan:

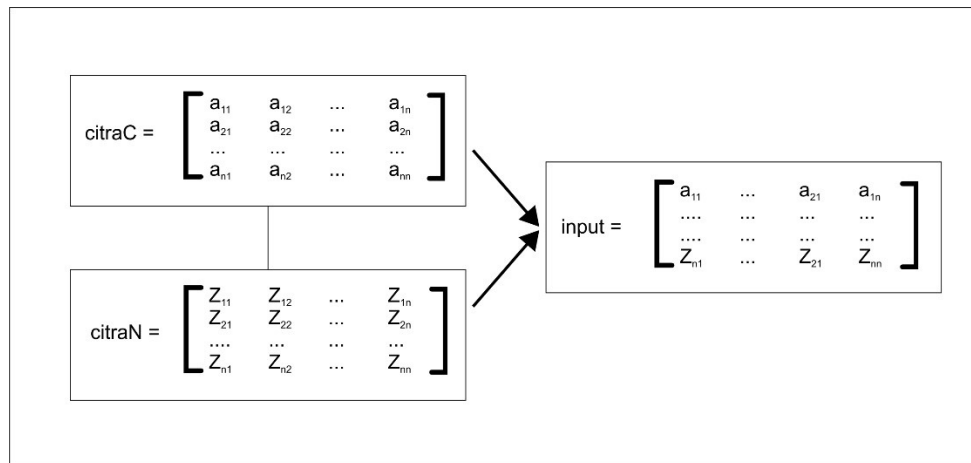
$Y$  = nilai (skor) diskriminan dan merupakan variabel terikat.

$X_k$  = variabel (atribut) ke- $k$  dan merupakan variabel bebas

$b_k$  = koefisien diskriminan/bobot dari variabel (atribut) ke- $k$

Dalam proses deteksi retak permukaan jalan raya menerima masukan berupa citra hasil *capture* berformat .jpeg atau .jpg kemudian diubah ke format *grayscale*. Kumpulan citra yang menjadi masukan dalam matriks transformasi atau disebut dengan *training set*. Kumpulan citra yang menjadi uji pengenalan disebut dengan *testing set*. Citra masukan dipetakan kedalam suatu nilai yang

merepresentasikan tingkat keabuan dari piksel pada posisi yang bersesuaian. Nilai-nilai keabuan dari suatu citra kemudian disimpan dalam bentuk vektor baris, yang disebut sebagai vektor citra. Gambar 2.10 menunjukkan penyimpanan vektor citra kedalam matriks *input* berdimensi  $N \times n$ .



**Gambar 2.10** Pemetaan vektor citra

Cara kerja sistem ini adalah menggunakan data latih dan data uji yang kemudian dikeluarkan nilai-nilai statistik cirinya (*feature*) sebagai *input* persamaan linier dengan algoritma tertentu. Ketepatan pengelompokkan objek dalam fungsi diskriminan sangat menentukan baik atau tidaknya suatu pengelompokkan. Persentase ketepatan pengelompokkan dapat dihitung dengan matriks klasifikasi yang menunjukkan nilai sebenarnya (*actual members*) dan nilai prediksi (*prediction member*) dari setiap kelompok. Hasil pengelompokkan fungsi diskriminan tidak selalu sama dengan prediksi pengelompokkan awal. Besarnya kesalahan pengelompokkan dan menganggap pengelompokkan awal benar, adalah sebuah indikator tingkat akurasi fungsi diskriminan.