

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kaligrafi**

Kaligrafi adalah salah satu karya kesenian Islam yang paling penting. Kaligrafi Islam yang muncul di dunia Arab merupakan perkembangan seni menulis indah dalam huruf Arab yang disebut khat. Definisi tersebut sebenarnya persis sama dengan pengertian etimologis kata kaligrafi dari kata Yunani kaligraphia (menulis indah). Dalam perkembangannya, huruf Arab yang menjadi obyek seni khat berkembang sesuai dengan perkembangan tempat dimana tempat asal seni khat berada. Demikian pada abad ke-10, misalnya, gaya kufi merupakan awal perkembangan khat yang tadinya agak kaku menjadi semakin lentur dan ornamental meskipun tetap angular. Kemudian berkembang pula bentuk khat yang bersifat kursif (miring) yang diwujudkan dalam seni yang disebut sulus, naskhi, raiham, riq'a dan tauqi. Pada fase berikutnya gaya riq'a dan tauqi tidak tampak lagi penggunaannya (Fitriani, 2012).

#### **2.2 Jenis Kaligrafi**

Kaligrafi memiliki beberapa jenis antara lain sebagai berikut:

##### **1. Kaligrafi Khat Diwani**

Ciri khas dari khat diwani lebih memprioritaskan pada lekuk sisi melengkung dan agak membulat terlihat gaya lengkungan pada tiap-tiap huruf-hurufnya. Susunan khat ini juga dapat dimasukkan sebagai bagian keindahan kaligrafi, kendatipun kurang diminati. Khat diwani ditulis seperti biasa, berbeda dari khat sebelumnya, karakteristik dari khat diwani yaitu terletak pada ujung dari beberapa huruf yaitu huruf. Ciri khas dari khat diwani lebih memprioritaskan pada lekuk sisi melengkung dan agak membulat pada tiap tiap hurufnya. Susunan dan tumpukan pada penulisan khat ini juga dapat mempengaruhi keindahan (Ilmu et al., n.d.).

## 2. Kaligrafi Khat Diwani Jali

Khat diwani jali bertumpuk pada banyak variasi lukisan. Khat ini ditulis dengan dua buah pena dengan ukuran ketebalan mata yang berbeda. Mata pena yang besar digunakan untuk tulisan utama atau pokok tulisan, kemudian untuk mata pena yang lebih kecil digunakan untuk penulisan hiasan atau penyempurna dari huruf-huruf khat diwani. Bentuk dan proses penulisan khat diwani jali pada prinsipnya sama dengan khat diwani. Adapun yang kelihatan dari khat ini adalah bentuk tambahan yang menempel pada kepala huruf, dan beberapa pernik berupa titik-titik yang berguna mengisi kekosongan jarak pada tiap-tiap huruf yang memfokuskan sebagai kriteria dari pada ciri khas dan kandungan dalam bentuk khat diwani jali (Ilmu et al., n.d.).

## 3. Kaligrafi Khat Naskhi

Kaligrafi gaya naskhi sering dipakai pada penyalinan mushaf dan penulisan naskah-naskah kitab berbahasa Arab, majalah, atau koran. Di samping keluwesan dalam menulisnya dan mudah dibaca, gaya naskhi merupakan khat dasar untuk memasuki jenis lain yang di dalamnya terdapat banyak penggabungan huruf yang merupakan kesatuan pembentukan dan kesatuan latihan pelenturan tangan. Keindahan aliran ini disebabkan karena adanya iringan harakat atau syakal walaupun pembentukannya sederhana. Selain dipakai untuk menyalin naskah Arab, aliran ini juga bisa dipakai dalam seni dekorasi atau pun lukisan Arab meskipun kurang cocok karena kesederhanaannya (Ilmu et al., n.d.).

## 4. Kaligrafi Khat Tsuluts

Tsuluts bermakna sepertiga, yaitu sepertiga kertas yang sering dipakai di kedutaan Mesir. Ada yang menyatakan sepertiga tulisan ‘Umar yang besar atau sepertiga tulisan Thumar kuno. Gaya tsuluts tampak lebih tegas daripada naskhi, walaupun huruf-hurufnya agak mirip dengan gaya naskhi dalam pembentukannya yang berumpun satu jenis. Bentuk dan lekukan huruf-hurufnya yang serasi dan sejajar dengan disertai harakat dan hiasan-hiasan huruf sehingga tidak mustahil kalau jenis ini memperoleh nilai tertinggi daripada jenis-jenis yang lainnya. Keluwesannya tidak terikat dengan garis yang digunakan pada judul-judul naskah,

papan nama, dekorasi, lukisan, dan desain. Khat tsuluts sering dipakai untuk penulisan mushafal-Qur'an, untuk judul atau nama kitab dan untuk hiasan. Seperti halnya gaya kufi, kaligrafi gaya tsuluts diperkenalkan oleh Ibn Muqlah yang merupakan seorang menteri (wazir) di masa Kekhalifahan 'Abbasiyah. Tulisan kaligrafi gaya tsuluts sangat ornamental, dengan banyak hiasan tambahan dan mudah dibentuk dalam komposisi tertentu untuk memenuhi ruang tulisan yang tersedia. Karya kaligrafi yang menggunakan gaya tsuluts bisa ditulis dalam bentuk kurva, dengan kepala meruncing dan terkadang ditulis dengan gaya sambung dan interseksi yang kuat. Karena keindahan dan keluwesannya ini, gaya tsuluts banyak digunakan sebagai ornamen arsitektur masjid, sampul buku, dan dekorasi interior (Ilmu et al., n.d.).

### 2.3 Citra

Citra merupakan fungsi menerus (continue) atas intensitas cahaya pada bidang dua dimensi. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan kembali seluruh atau sebagian berkas cahaya kemudian ditangkap oleh alat optis atau elektro-optis (Sriani et al., 2017) Citra yaitu salah satu komponen yang berperan penting sebagai suatu bentuk dari informasi visual (Furqan, Sriani, et al., 2020).

Citra adalah suatu representasi, kemiripan, atau imitasi dari suatu obyek atau benda. Sebuah citra mengandung informasi tentang obyek yang direpresentasikan. Citra dapat dikelompokkan menjadi citra tampak dan citra tak tampak. Untuk dapat dilihat mata manusia, citra tak tampak harus dirubah menjadi citra tampak, misalnya dengan menampilkannya di monitor, dicetak di kertas dan sebagainya. Salah satu citra tak tampak adalah citra digital. Citra dapat juga didefinisikan sebagai gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar diskrit melalui proses sampling. Gambar analog dibagi menjadi N baris dan M kolom sehingga menjadi gambar diskrit. Persilangan antara baris dan kolom tertentu disebut dengan piksel (Sriani et al., 2017).

### 2.4 Jenis Citra

Pada umumnya citra dibagi menjadi 2 diantaranya adalah:

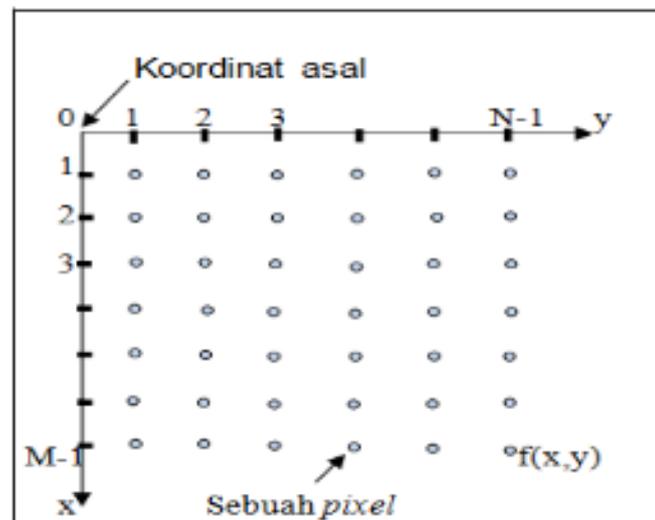
## 1. Citra Analog

Citra analog adalah citra yang bersifat kontinu, seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar X, foto yang tercetak dikertas foto, lukisan, pemandangan alam, hasil CT scan dan lain sebagainya. Citra analog tidak dapat dipresentasikan dalam komputer sehingga tidak bisa diproses di komputer secara langsung. Oleh sebab itu, agar citra ini dapat diproses di komputer, proses konversi analog ke digital harus dilakukan terlebih dahulu. Citra analog dihasilkan dari alat-alat analog diantaranya adalah video kamera analog, kamera foto analog dan CT scan (Dasopang, 2017).

Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi  $f(x,y)$  berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai x,y dan nilai amplitudo f secara keseluruhan berhingga (finite) dan bernilai diskrit, maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut adalah citra digital. Citra digital dapat ditulis dalam bentuk matrik sebagai berikut. Nilai pada suatu irisan antara baris dan kolom (pada posisi x,y) disebut dengan picture element, image element, pels, atau pixel. Istilah terakhir (pixel) paling sering digunakan pada citra digital (Dasopang, 2017).

## 2. Citra Digital

Secara umum, pengolahan citra digital menunjuk pada pemrosesan gambar 2 dimensi menggunakan komputer. Dalam konteks yang lebih luas, pengolahan citra digital mengacu pada pemrosesan setiap data 2 dimensi. Citra digital adalah sebuah larik (array) yang berisi nilai-nilai real maupun kompleks yang direpresentasikan dengan deretan bit tertentu. Suatu citra dapat didefinisikan sebagai fungsi  $f(x,y)$  berukuran M baris dan N kolom, dengan x dan y adalah koordinat spasial, dan amplitudo f di titik koordinat (x,y) dinamakan intensitas atau tingkat keabuan dari citra pada titik tersebut. Apabila nilai x, y, dan nilai amplitudo f secara keseluruhan berhingga (finite) dan bernilai diskrit maka dapat dikatakan bahwa citra tersebut citra digital. Gambar 2.1 menunjukkan posisi koordinat citra digital (Nafi'iyah, 2017).



Gambar 2.1 Koordinat Citra Digital

Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang dapat langsung disimpan pada suatu pita magnetik. Menurut presisi yang digunakan untuk menyatakan titik-titik koordinat pada domain spasial atau bidang dan untuk menyatakan nilai keabuan atau warna suatu citra, maka secara teoritis citra dapat dikelompokkan menjadi empat kelas citra, yaitu citra kontinu-kontinu, kontinu-diskrit, diskrit-kontinu, dan diskrit-diskrit. Di mana label pertama menyatakan presisi dari titik-titik koordinat pada bidang citra sedangkan label kedua menyatakan presisi nilai keabuan atau warna. Kontinu dinyatakan dengan presisi angka tidak berhingga, sedangkan diskrit dinyatakan dengan presisi angka berhingga (Nafi'iyah, 2017).

Komputer digital bekerja dengan angka-angka presisi terhingga, dengan demikian hanya citra dari kelas diskrit-diskrit yang dapat diolah dengan komputer; citra dari kelas tersebut lebih dikenal sebagai citra digital. Citra digital merupakan suatu array dua dimensi atau suatu matriks yang elemen-elemennya menyatakan tingkat keabuan dari elemen gambar; jadi informasi yang terkandung bersifat diskrit. Citra digital tidak selalu merupakan hasil langsung data rekaman suatu sistem. Kadang-kadang hasil rekaman data bersifat kontinu seperti gambar pada monitor televisi, foto sinar-X, dan lain sebagainya. Dengan demikian untuk

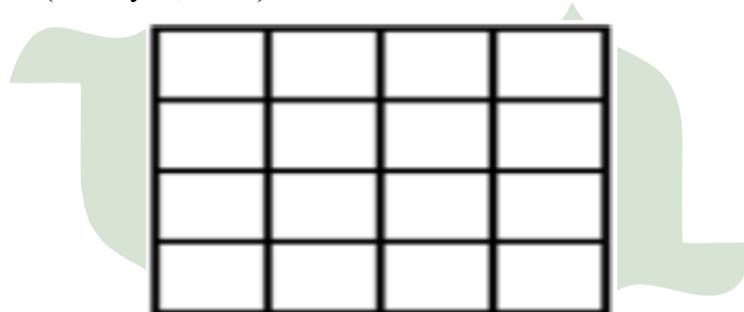
mendapatkan suatu citra digital diperlukan suatu proses konversi, sehingga citra tersebut selanjutnya dapat diproses dengan komputer (Nafi'iyah, 2017).

Citra digital dapat ditulis dalam bentuk matriks sebagai berikut:

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

Nilai pada suatu irisan antara baris dan kolom (pada posisi x,y) disebut dengan picture elements, image elements, pels, pixels. Istilah terakhir (pixels) paling sering digunakan pada citra digital (Nafi'iyah, 2017).

Citra digital dibentuk oleh kumpulan titik yang dinamakan piksel. Setiap piksel digambarkan sebagai satu kotak kecil. Setiap piksel mempunyai koordinat posisi. Sistem koordinat yang dipakai untuk menyatakan citra digital ditunjukkan di Gambar 2.2 (Nafi'iyah, 2017).



Gambar 2.2 Sistem Koordinat Citra Berukuran M x N (M Baris, N Kolom)

Dengan sistem koordinat yang mengikuti asas pemindaian pada layar TV standar itu, sebuah piksel mempunyai koordinat berupa (x,y). Dalam hal ini, x menyatakan posisi kolom, dan y menyatakan posisi baris. Piksel pojok kiri-atas mempunyai koordinat (0,0) dan piksel pada pojok kanan-bawah mempunyai koordinat (M-1,N-1) (Nafi'iyah, 2017).

## 2.5 Jenis Citra Digital

Pada umumnya citra digital dibagi menjadi 3 diantaranya adalah:

### 1. Citra Berwarna

Citra berwarna atau biasa dinamakan citra RGB, merupakan jenis citra yang menyajikan warna dalam bentuk komponen R (merah), G (hijau), dan B (biru). Setiap komponen warna menggunakan delapan bit (nilainya berkisar antara 0 sampai dengan 255). Dengan demikian, kemungkinan warna yang dapat disajikan mencapai  $255 \times 255 \times 255$  atau 16.581.375 warna (Nafi'iyah, 2017).

### 2. Citra Berskala Keabuan

Sesuai dengan nama yang melekat, citra jenis ini menangani gradasi warna hitam dan putih, yang tentu saja menghasilkan efek warna abu-abu. Pada jenis gambar ini, warna dinyatakan dengan intensitas. Dalam hal ini, intensitas berkisar antara 0 sampai dengan 255. Nilai 0 menyatakan hitam dan nilai 255 menyatakan putih (Nafi'iyah, 2017).

### 3. Citra Biner

Citra biner adalah citra dengan setiap piksel hanya dinyatakan dengan sebuah nilai dari dua kemungkinan (yaitu nilai 0 dan 1). Nilai 0 menyatakan warna hitam dan nilai 1 menyatakan warna putih. Citra jenis ini banyak dipakai dalam pemrosesan citra, misalnya untuk kepentingan memperoleh tepi bentuk suatu objek (Nafi'iyah, 2017).

## 2.6 Elemen Dasar Citra Digital

Citra digital memiliki beberapa elemen dasar antara lain sebagai berikut di bawah ini:

### 1. Kecerahan (*Brightness*)

Kecerahan (*Brightness*) merupakan cahaya yang dipancarkan pixel dari citra yang dapat ditangkap oleh sistem penglihatan. Kecerahan pada sebuah titik (piksel) didalam citra yang merupakan intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya (Nazariana et al., 2018).

## 2. Kontras (*Contrast*)

Kontras (*Contrast*) merupakan sebaran terang dan gelap dalam sebuah citra (Nazariana et al., 2018).

## 3. Kontur (*Contur*)

Kontur (*Contur*) adalah keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada piksel-piksel yang bertetangga. Karena adanya perubahan intensitas inilah mata mampu mendeteksi tepi-tepi objek didalam citra (Nazariana et al., 2018).

## 4. Warna

Warna sebagai persepsi yang ditangkap sistem visual terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek (Nazariana et al., 2018).

## 5. Bentuk (*Shape*)

Bentuk adalah *property intrinsic* dari objek 3 dimensi, dengan pengertian bahwa bentuk merupakan properti intrinsik utama untuk sistem visual manusia (Nazariana et al., 2018).

## 6. Tekstur (*Texture*)

Tekstur dicirikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan didalam sekumpulan piksel piksel yang bertetangga. Tekstur adalah sifat-sifat atau karakteristik yang dimiliki oleh suatu daerah yang cukup besar sehingga secara alami sifat-sifat tadi dapat berulang dalam daerah tersebut. Informasi tekstur dapat digunakan untuk membedakan sifat- sifat permukaan suatu benda dalam citra yang berhubungan dengan kasar dan halus, juga sifat- sifat spesifik dari kekasaran dan kehalusan permukaan tadi yang sama sekali terlepas dari warna permukaan tersebut (Nazariana et al., 2018)

## 2.7 Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan suatu metode atau teknik yang dapat digunakan untuk memproses citra atau gambar dengan jalan memanipulasinya menjadi suatu data gambar yang diisikan untuk mendapatkan suatu informasi tertentu mengenai obyek yang sedang diamati. Pengolahan citra digital dilakukan dengan computer digital, maka citra yang akan diolah terlebih dahulu ditranformasikan kedalam bentuk besaran-besaran diskrit dari nilai tingkat keabuan pada titik element citra. Bentuk dari citra ini disebut citra digital. Element-element citra digital apabila ditampilkan dalam layer monitor akan menempati sebuah ruang yang disebut pixel (picture element) (Putri, 2017) pengolahan citra dapat dilakukan dengan mengidentifikasi tekstur pada suatu objek dengan menggunakan metode statistik secara jelas (Mhd. Furqan, Sriani, 2020).

## 2.8 Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur dapat digunakan untuk mengenali atau mengklasifikasikan objek dalam gambar, fitur ini digunakan dalam pola untuk memperoleh classifier final kelas. Ekstraksi fitur bertujuan untuk mendeteksi atau mencari daerah yang signifikan pada gambar dan tergantung pada karakteristik intrinsik dan aplikasi. Wilayah yang akan diekstraksi tersebut dapat didefinisikan dalam lingkungan global atau lokal. Ekstraksi fitur bisa berdasarkan bentuk dan warna, metode ekstraksi fitur berdasarkan bentuk yaitu momen invarian hu dan *Zernike Moment* (Saputra & Arnia, 2016).

## 2.9 *Zernike Moment*

*Zernike Moment* diperkenalkan oleh F. Zernike dalam bukunya berjudul *Phsica* yang diterbitkan pada tahun 1934. Penerapan *Zernike Moment* untuk pengolahan citra diperkenalkan pertama kali oleh M.R Teague pada tahun 1980. Bila dilihat dari sisi perhitungan, *Zernike Moment* melibatkan perhitungan yang lebih kompleks. Namun *Zernike Moment* telah dibuktikan sebagai salah satu metode ekstraksi fitur atau ciri yang mengalami rotasi (Darmawan, 2019).

*Zernike Moment* termasuk pada *region-based-shape-descriptor*. Jenis *moment* ini dikenal sangat efisien pada penggunaannya untuk pengenalan pola sebab sifat ortogonalitas pada *Zernike polynomials* dalam hasil ekstraksi ciri yang dibentuk serta memiliki properti yang tidak tergantung pada rotasi citra (Darmawan, 2019).

*Zernike Moment* didasarkan pada *Zernike polynomial* yang bersifat orthogonal terhadap lingkaran  $x^2 + y^2 \leq 1$ , yang dinyatakan sebagai berikut:

$$V_{pq}(x, y) = U_{pq}(r \cos \theta, r \sin \theta) = R_{pq}(r) \cdot \exp(jq \theta) \quad (2.9.1)$$

Dengan

$V_{pq}(x, y)$  adalah titik koordinat

$U_{pq}$  adalah sudut antara  $\cos \theta$  dan  $\sin \theta$

$R_{pq}$  adalah polynomial radial ortogonal  $r$

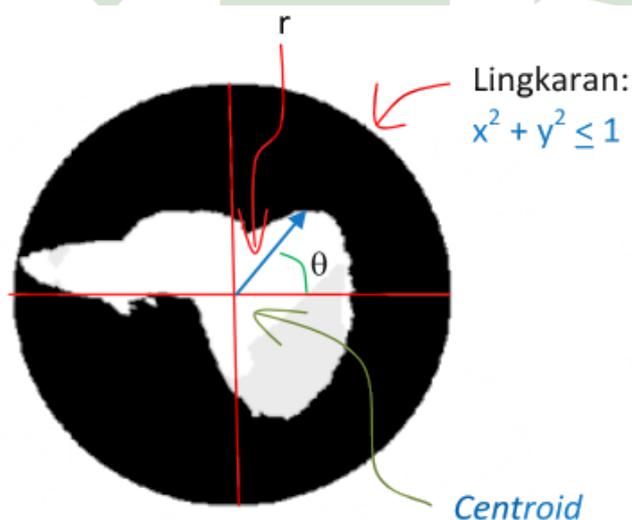
$r$  adalah radius dari  $(y, x)$  ke pusat massa (centroid)

$\theta$  adalah sudut antara  $r$  dan sumbu  $x$

$j$  adalah bilangan ganjil mulai dari satu

$q$  adalah bilangan bulat mulai dari nol

pada yang dilihat pada gambar 2.3 dimana citra dalam lingkaran yang memenuhi persamaan  $x^2 + y^2 \leq 1$ .



Gambar 2.3 Citra dalam lingkaran yang memenuhi persamaan  $x^2 + y^2 \leq 1$

Momen dua dimensi dengan orde (p+q) dari suatu citra dengan ukuran MxN didefinisikan sebagai:

$$M_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} x^p y^q f(x, y) \quad (2.9.2)$$

dengan

$M_{pq}$  = momen citra digital

p,q = orde momen

f = nilai intensitas citra

x, y = koordinat piksel

Dimana p = 0,1,2,... dan q = 0,1,2,... adalah nilai bilangan bulat. Kemudian momen pusat (central moment) orde (p+q) didefinisikan sebagai:

$$u_{pq} = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (2.9.3)$$

u = momen pusat

$\bar{x}, \bar{y}$  = pusat citra

Untuk p dan q adalah 0,1,2,... dimana

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \text{ dan } \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (2.9.4)$$

Kemudian normalized central moments, yang dinotasikan dengan  $\eta_{pq}$ , didefinisikan sebagai berikut (Saputra & Arnia, 2016).

$$\eta_{pq} = \frac{u_{pq}}{u_{00} \frac{p+q+2}{2}} \quad (2.9.5)$$

Ada 6 *Zernike Moment* yang dapat ditentukan, pada persamaan (2.9.6), sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \phi_1 &= (3 / \pi)(2(\eta_{20} + \eta_{02}) - \eta_{00}) \\
 \phi_2 &= (3 / \pi)^2[(\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2] \\
 \phi_3 &= (12 / \pi)^2[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{03} + \eta_{21})^2] \\
 \phi_4 &= (4 / \pi)^2[(\eta_{30} - \eta_{12})^2 + (\eta_{03} + \eta_{21})^2] \\
 \phi_5 &= (5 / \pi)^2[(4\eta_{40} - \eta_{04}) - 3(\eta_{20} - \eta_{02})]^2 + [(6\eta_{11} - 8(\eta_{31} - 6\eta_{13}))^2] \\
 \phi_6 &= (5 / \pi)^2[(\eta_{00} - 6(\eta_{20} + \eta_{02})^2 + 6(\eta_{40} + \eta_{04} + 2\eta_{22}))] \\
 &\quad (2.9.5)
 \end{aligned}$$

## 2.10 Pengenalan Pola

Pengenalan pola merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengidentifikasi atau mengenali objek didalam citra. Dapat dipakai untuk mengenali pola huruf, angka, suara, tanda tangan, kualitas benda yang sudah sedikit berubah. dapat diidentifikasi serta diberi nama melalui ciri-cirinya (feature). Ciri-ciri pola dapat digunakan untuk membedakan suatu pola dengan pola lainnya, pola yang memiliki ciri yang baik yaitu terdapat daya pembeda yang tinggi dan dikelompokkan menurut ciri yang dimiliki (Saputra & Arnia, 2016).

Pengenalan pola (pattern recognition) sesungguhnya telah lama ada dan telah mengalami perkembangan terus menerus dimulai dari pengenalan pola tradisional kemudian menjadi pengenalan pola modern. Pada mulanya pengenalan pola berbasis pada kemampuan alat indera manusia, dimana manusia mampu mengingat suatu informasi pola secara menyeluruh hanya berdasarkan sebagian informasi pola yang tersimpan di dalam ingatannya. Misalnya sebuah nada pendek yang dibunyikan dapat membuat kita mengingat sebuah lagu secara keseluruhan (I Gede Pasek Suta Wijaya & Bulkis Kanata, 2004).

Inti dari pengenalan pola adalah proses pengenalan suatu objek dengan menggunakan berbagai metode dimana dalam proses pengenalannya memiliki tingkat akurasi yang tinggi. Memiliki tingkat akurasi yang tinggi mengandung pengertian bahwa suatu objek yang secara manual (oleh manusia) tidak dapat dikenali tetapi bila menggunakan salah satu metode pengenalan yang

diaplikasikan pada komputer masih dapat dikenali (I Gede Pasek Suta Wijaya & Bulkis Kanata, 2004).

### 2.11 *Support Vector Machine (SVM)*

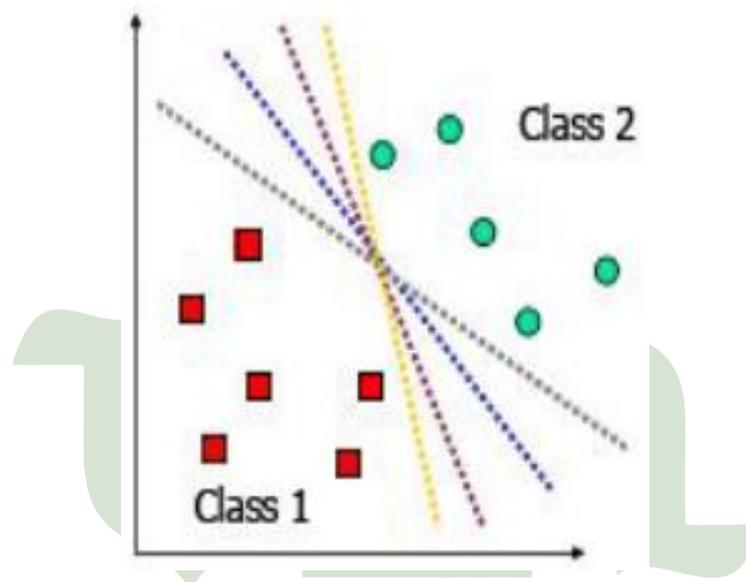
*Support Vector Machine (SVM)* dikembangkan oleh Boser, Guyon, dan Vapnik, pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992 di *Annual Workshop on Computational Learning Theory*. Konsep dasar SVM sebenarnya merupakan kombinasi harmonis dari teori- teori komputasi yang telah ada puluhan tahun sebelumnya, seperti margin *hyperplane*, *kernel* diperkenalkan oleh Aronszajn tahun 1950, demikian juga dengan konsep-konsep pendukung yang lain. Akan tetapi hingga tahun 1992, belum pernah ada upaya merangkaikan komponen- komponen tersebut (Permata et al., 2014).

*Support Vector Machine (SVM)* merupakan salah satu metode dalam *pattern recognition* yang bekerja atas prinsip menemukan *hyperplane* terbaik yang memisahkan dua buah *class* pada *input space* dan mencari titik maksimalnya. SVM memiliki akurasi yang baik dalam pengenalan pola. Kelebihan lain dari metode SVM adalah pada proses learning yang cepat. Sedangkan kekurangan SVM sulit dipakai dalam problem jumlah sample besar (Kansha Isfaraini Huurun'ien, Agus Efendi, 2017).

Berbeda dengan strategi *neural network* yang berusaha mencari *hyperplane* pemisah antar kelas, SVM berusaha menemukan *hyperplane* yang terbaik pada *input space*. Prinsip dasar SVM adalah *linear classifier*, dan selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada problem *non-linear* dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi. Perkembangan ini memberikan rangsangan minat penelitian di bidang *pattern recognition* untuk investigasi potensi kemampuan SVM secara teoritis maupun dari segi aplikasi. Saat ini SVM telah berhasil diaplikasikan dalam masalah dunia nyata (*real-world problems*), dan secara umum memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan metode konvensional seperti misalnya *artificial neural network* (Permata et al., 2014).

SVM memiliki keuntungan menentukan jarak antara dua set data dari dua kelas yang berbeda. SVM dapat menentukan *hyperplane* yang memisahkan secara optimal dan maksimum sebagai solusi dalam permasalahan dari pembelajaran mesin. Formulasi dari SVM yang termudah yaitu linier, dimana *hyperplane* terletak di tengah ruang data input (Furqan, Kurniawan, et al., 2020).

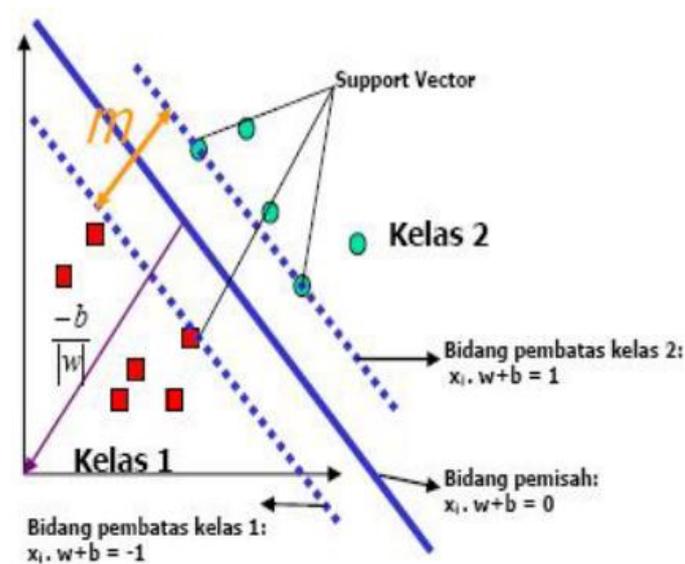
Data pada ruang input dinotasikan sebagai  $\vec{x}_i \in R^d$ , sedangkan label yang menunjukkan kelas dari masing-masing data tersebut dinotasikan  $y_i = \{+1, -1\}$  untuk  $i = 1, 2, 3 \dots l$ . Dimana  $l$  adalah banyaknya jumlah data.



(2.4)

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI  
SUMATERA UTARA MEDAN

Gambar 2.4 SVM menemukan beberapa hyperplane untuk memisahkan kelas 1 dan kelas 2



(2.5)

Gambar 2.5 SVM menemukan hyperplane terbaik yang memisahkan kelas 1 dan kelas 2

Pada gambar 1 diperlihatkan beberapa *pattern* yang merupakan anggota dari dua buah kelas yaitu kelas 1 dan kelas 2. Dimana *pattern* yang tergabung pada kelas 1 disimbolkan dengan bentuk kotak berwarna merah, sedangkan *pattern* pada kelas 2 disimbolkan dengan bentuk lingkaran berwarna hijau. Pada gambar 1 menunjukkan adanya beberapa alternatif garis pemisah (*discrimination boundaries*) yang memisahkan *pattern* yang menjadi anggota dari dua kelas yang berbeda. Adapun *pattern* yang berada pada bidang pembatas ini disebut *support vector*. Pada gambar 2 diperlihatkan dua kelas dapat dipisahkan oleh sepasang bidang pembatas yang sejajar. Bidang pembatas pertama membatasi kelas pertama sehingga dihasilkan persamaan berikut:

$$\vec{w} \cdot \vec{x}_i + b \leq -1 \text{ untuk } y_i = -1 \quad (2.11.1)$$

Sedangkan bidang pembatas kedua membatasi kelas kedua sehingga dihasilkan persamaan berikut:

$$\vec{w} \cdot \vec{x}_i + b \geq +1 \text{ untuk } y_i = +1 \quad (2.11.2)$$

Dimana  $w$  adalah koefisien vektor *weight* dan  $b$  adalah bias. Jarak antara vektor *training*  $x_i$  dan *hyperplane* disebut margin. Dengan mengalikan  $b$  dan  $w$  dengan sebuah konstanta, akan dihasilkan nilai margin yang dikalikan dengan konstanta yang sama. Pada persamaan (2.11.2) merupakan *scaling constraint* yang dapat dipenuhi dengan *rescaling*  $b$  dan  $w$ . Selain itu, karena memaksimalkan  $\frac{1}{\|\vec{w}\|}$  sama dengan meminimumkan  $\|\vec{w}\|^2$  dan jika kedua bidang pembatas pada persamaan (2.11.2) direpresentasikan dalam pertidaksamaan (2.11.3).

$$y_i (\vec{x}_i \cdot \vec{w} + b) - 1 \geq 0, \forall i \quad (2.11.3)$$

Maka pencarian bidang pemisah terbaik dengan nilai margin terbesar dapat dirumuskan menjadi masalah optimasi konstrain, yaitu

$$\min_w \tau(w) = \frac{1}{2} \|\vec{w}\|^2 \quad (2.11.4)$$

Dengan

$$y_i (\vec{x}_i \cdot \vec{w} + b) - 1 \geq 0 \quad (2.11.5)$$

Masalah *Quadratic Programming* (QP) ini dapat dipecahkan dengan berbagai macam teknik komputasi dan salah satu di antaranya adalah menggunakan *Lagrange Multiplier* dengan persamaan:

$$\min_{w,b} L(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|\vec{w}\|^2 - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i (x_i \cdot w + b) + \sum_{i=1}^n \alpha_i \quad (2.11.6)$$

Dengan tambahan konstrain,  $\alpha_i \geq 0$  (nilai dari koefisien *lagrange*).

Dengan meminimumkan  $L_p$  terhadap  $w$  dan  $b$ , maka dari  $\frac{\partial}{\partial b} L_p(\vec{x}_i \cdot \vec{w} + b) \geq 0$  diperoleh persamaan (2.11.7) dan persamaan (2.11.8)

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i \geq 0 \quad (2.11.7)$$

$$w = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i x_i \quad (2.11.8)$$

Dimana  $\alpha_i$  adalah *Lagrange Multipliers*, yang bernilai nol atau positif ( $\alpha_i \geq 0$ ). Nilai optimal dari persamaan (2.11.6) dapat dihitung dengan meminimalkan  $L$  terhadap  $\vec{w} + b$  dan memaksimalkan  $L$  terhadap  $\alpha_i$ . Dengan memperhatikan sifat bahwa pada titik optimal gradien  $L = 0$ , persamaan (2.11.9) dapat dimodifikasi sebagai maksimalisasi problem yang hanya mengandung  $\alpha_i$  saja, sebagaimana persamaan (2.11.10)

$$\sum_{i=1}^l \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^l \alpha_i \alpha_j y_i y_j \vec{x}_i \vec{x}_j \quad (2.11.9)$$

Dengan

$$\alpha_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, l) \\ \sum_{i=1}^l \alpha_i y_i \quad (2.11.10)$$

Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh  $\alpha_i$  dan data yang berkorelasi dengan  $\alpha_i$  yang bernilai positif ditentukan sebagai *support vector*.

## 2.12 SVM *One Against All* untuk *Multiclass*

Metode ini akan membangun sejumlah  $k$  SVM biner, dimana  $k$  adalah banyaknya kelas. SVM ke- $i$  dilatih dengan seluruh sample pada kelas ke- $i$  dengan label kelas positif dan seluruh sample lainnya dengan label kelas negative (Permata et al., 2014). Jika diberikan  $l$  data pelatihan  $(x_1, y_1), \dots, (x_l, y_l)$  dengan  $x_i \in R^n, i = 1, \dots, l$  adalah kelas dari  $x_i$ , maka SVM ke- $i$  akan menyelesaikan permasalahan berikut:

$$\min_{w^i, b^i, \xi^i} \frac{1}{2} (w^i)^T w^i + C \sum_{j=1}^l \xi_j^i (w^i)^T \\ (w^i)^T \phi(x_j) + b^i \geq 1 - \xi_j^i, \text{ if } y_j = i \\ (w^i)^T \phi(x_j) + b^i \leq -1 + \xi_j^i, \text{ if } y_j \neq i \\ \xi_j^i \geq 0, j = 1, \dots, l$$

dengan data pelatihan  $x_i$  dipetakan ke ruang dimensi yang lebih tinggi menggunakan fungsi  $\Phi$  dan  $C$  sebagai parameter pinalti.

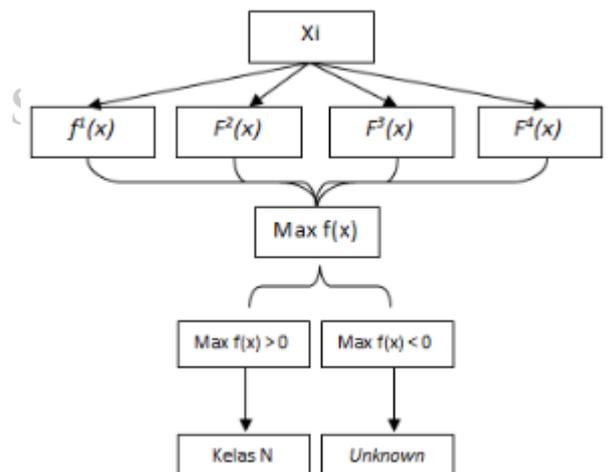
Meminimisasi  $\frac{1}{2}(w^i)^T w^i$  berarti memaksimalkan  $\frac{2}{|w|^2}$  atau margin antara dua kelompok data. Ketika data tidak terpisah secara linier, maka terdapat pinalti sebesar  $C \sum_j^l \xi_j^i$  yang dapat mengurangi jumlah *error* pelatihan. Setelah menyelesaikan permasalahan pada minimisasi, maka terdapat sejumlah  $k$  fungsi keputusan.

$$f^1(x) = (w^1)x + b^1, \dots, f^k(x) = (w^k)x + b^k \quad (2.12.1)$$

Kelas data  $x$  akan ditentukan berdasarkan nilai fungsi keputusan yang tertinggi. Untuk pencarian solusi minimisasi pada persamaan (2.12.1) menggunakan *quadratic programming*.

Tabel 2.1 Contoh metode *one against all*

$y_i = 1$	$y_i = -1$	Hipotesis
Kelas 1	Bukan Kelas 1	$f_1(x) = (w_1)x + b_1$
Kelas 2	Bukan Kelas 2	$f_2(x) = (w_2)x + b_2$
Kelas 3	Bukan Kelas 3	$f_3(x) = (w_3)x + b_3$
Kelas 4	Bukan Kelas 4	$f_4(x) = (w_4)x + b_4$



Gambar 2.6 Metode klasifikasi SVM *one against all*

Pada gambar 2.6 terlihat terdapat empat fungsi keputusan, dari keempat fungsi keputusan diambil fungsi keputusan yang maksimal.

### 2.13 Flowchart

Flowchart adalah penyajian yang sistematis tentang proses dan logika dari kegiatan penanganan informasi atau penggambaran secara grafik dari langkah-langkah dan urutan prosedur dari suatu program. Flowchart menolong analis dan programmer untuk memecahkan masalah kedalam segmen-segmen yang lebih kecil dan menolong dalam menganalisis alternatif-alternatif lain dalam pengoperasian (Murdock & Murdock, 2018).

Table 2.2 Simbol-simbol flowchart (Murdock & Murdock, 2018)

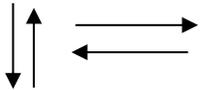
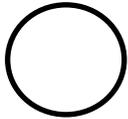
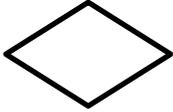
Simbol	Arti	Keterangan
	<i>Input/Output</i>	Simbol <i>input/output</i> digunakan untuk mewakili data <i>input/output</i> .
	Proses	Simbol proses digunakan untuk mewakili suatu proses.
	Garis Alir	Simbol garis alir ( <i>flow lines</i> ) digunakan untuk menunjukkan arus dari proses.
	Penghubung	Simbol penghubung ( <i>connector symbol</i> ) digunakan untuk menunjukkan sambungan dari bagan alir yang terputus dihalaman yang masih sama.
	Penghubung	Simbol penghubung ( <i>connector symbol</i> ) digunakan untuk menunjukkan sambungan dari bagan alir yang terputus dihalaman lainnya.

Table 2.3 Lanjutan

	Keputusan	Simbol keputusan ( <i>decision symbol</i> ) digunakan untuk suatu penyeleksian kondisi di dalam program.
	Proses Terdefinisi	Simbol proses terdefinisi ( <i>predefined process symbol</i> ) digunakan untuk menunjukkan suatu operasi yang rinciannya ditunjukkan di tempat lain.

## 2.14 Matlab

Matlab merupakan singkatan dari matrix laboratory. Matlab pada awalnya ditulis untuk memudahkan akses perangkat lunak matrik yang telah dibentuk oleh linpack dan eispack. Saat ini perangkat matlab telah menggabung dengan lapack dan blas library, yang merupakan satu kesatuan dari sebuah seni tersendiri dalam perangkat lunak untuk komputasi matrix. Dalam lingkungan perguruan tinggi teknik, Matlab merupakan perangkat standar untuk memperkenalkan dan mengembangkan penyajian materi matematika, rekayasa dan kelimuan. Di industri, matlab merupakan perangkat pilihan untuk penelitian dengan produktifitas yang tinggi, pengembangan dan analisisnya (Ilmiah & Exacta, 2011)

## 2.15 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian mengenai pengenalan pola telah banyak dilakukan oleh para peneliti, berbagai metode baik ekstraksi fitur maupun metode klasifikasi telah diujicobakan. Antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian tentang “Pengenalan Pola Huruf Hijaiyah Khat Kufi dengan Metode Deteksi Tepi Sobel Berbasis Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation”. Dilakukan oleh Irvan Faturrahman (Faturrahman, 2018).
4. Penelitian tentang “Penggunaan Fitur Momen Zernike Untuk Pengenalan Karakter Jawi Cetak”. Dilakukan oleh Hardian Saputra (Saputra & Arnia, 2016).
5. Penelitian tentang “Perbandingan K-Nearest Neighbor (KNN) Dan *Support Vector Machine* (SVM) Dalam Pengenalan Karakter Plat Kendaraan Bermotor”. Dilakukan oleh Aris Budianto (Kansha Isfaraini Huurun’ien, Agus Efendi, 2017).