

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dipaparkan mengenai garis besar tugas akhir yang meliputi latar belakang, tujuan, rumusan dan batasan permasalahan, metodologi pembuatan tugas akhir, dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

Glaukoma adalah penyebab kebutaan kedua terbanyak setelah katarak di seluruh dunia. Berbeda dengan katarak, kebutaan yang disebabkan oleh glaukoma bersifat permanen. Berdasarkan data WHO 2010, diperkirakan sebanyak 3.2 juta orang mengalami kebutaan akibat glaukoma [1]. Disamping itu, perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang pesat harusnya bisa dimanfaatkan untuk mempermudah tenaga kesehatan untuk melaksanakan tugasnya. Manfaat itulah yang diharapkan dari tugas akhir ini, yaitu mempermudah tenaga kesehatan untuk mendeteksi penyakit glaukoma dari citra retina mata pasien.

Dalam tugas akhir ini, fitur yang akan digunakan untuk deteksi glaukoma adalah CDR (Cup to Disc Ratio), luas NRR (Neuro Retinal Rim), dan luas pembuluh darah di daerah optic disc dalam ISNT [2]. Metode yang akan digunakan untuk segmentasi optic disc dan optic cup adalah adaptive thresholding, sedangkan untuk klasifikasi digunakan metode support vector machine.

Hasil yang diharapkan dari tugas akhir ini adalah sebuah aplikasi yang mampu mengklasifikasi apakah masukan yang berupa citra retina mata menderita glaukoma atau tidak. Aplikasi ini juga diharapkan dapat mempermudah tenaga medis dalam mendiagnosis penyakit glaukoma pada pasien.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut beberapa hal yang menjadi rumusan masalah dalam tugas akhir ini :

1. Bagaimana melakukan segmentasi optic cup, optic disc, dan pembuluh darah dari citra retina mata?
2. Bagaimana sistem dapat mendeteksi penderita glaukoma dari citra retina mata?

1.3 Batasan Masalah

Berikut beberapa hal yang menjadi batasan masalah dalam penggerjaan tugas akhir ini:

1. Kelas retina mata yang dapat diklasifikasi adalah kelas mata normal dan kelas mata glaukoma.
2. Implementasi program dilakukan pada lingkungan komputer desktop dengan menggunakan matlab.

1.4 Tujuan

Tujuan dari pembuatan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Merancang dan membuat aplikasi yang bisa melakukan segmentasi optic cup, optic disc, dan pembuluh darah dari citra retina mata.
2. Merancang dan membuat aplikasi yang bisa mendeteksi penderita glaukoma dari citra retina mata.

1.5 Metodologi

Tahap yang dilakukan untuk menyelesaikan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penyusunan Proposal Tugas Akhir

Penulisan proposal ini merupakan tahap awal dalam penggerjaan tugas akhir. Pada proposal ini, penulis mengajukan gagasan pendekstian penyakit glaukoma pada citra fundus retina mata menggunakan metode *adaptive thresholding* dan *support vector machine*.

2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pencarian informasi dan studi literatur sejumlah referensi tentang deteksi penderita glaukoma dengan masukan citra retina mata. Informasi dan studi literatur tersebut didapat dari buku, internet, dan materi-materi kuliah yang berhubungan dengan metode yang digunakan.

3. Implementasi

Pada tahap ini dibangun perangkat lunak sesuai dengan rancangan yang diajukan pada proposal. Pembangunan perangkat lunak diimplementasikan sesuai dengan konsep yang telah didapatkan saat studi literatur.

4. Pengujian dan Evaluasi

Pada tahapan ini dilakukan uji coba terhadap perangkat lunak yang telah dibuat. Pengujian dan evaluasi akan dilakukan dengan melihat kesesuaian dengan perencanaan. Tahap ini dimaksudkan juga untuk mengevaluasi jalannya sistem, mencari masalah yang mungkin timbul dan mengadakan perbaikan jika terdapat kesalahan.

5. Penyusunan Buku Tugas Akhir

Tahap ini merupakan tahap dokumentasi dari tugas akhir. Buku tugas akhir berisi dasar teori, perancangan, implementasi, serta hasil uji coba dan evaluasi dari aplikasi yang dibangun.

1.6 Sistematika Penulisan

Buku tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

1. Bab I. Pendahuluan

Bab pendahuluan berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan tugas akhir.

2. Bab II. Tinjauan Pustaka

Bab tinjauan pustaka berisi penjelasan mengenai dasar teori yang mendukung pengerjaan tugas akhir.

3. Bab III. Analisis dan Perancangan

Bab analisis dan perancangan berisi penjelasan mengenai analisis kebutuhan, perancangan sistem dan perangkat yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir serta urutan pelaksanaan proses.

4. Bab IV. Implementasi

Bab implementasi berisi pembangunan aplikasi pendekripsi penyakit glaukoma dari citra retina mata menggunakan matlab.

5. Bab V. Uji Coba dan Evaluasi

Bab ini berisi hasil evaluasi aplikasi dengan menggunakan aplikasi yang dibangun. Juga disertakan analisis dari hasil evaluasi perangkat lunak.

6. Bab VI. Kesimpulan dan Saran

Bab kesimpulan dan saran berisi kesimpulan hasil penelitian. Selain itu, bagian ini berisi saran untuk pengerjaan lebih lanjut atau permasalahan yang dialami dalam proses pengerjaan tugas akhir.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka berisi penjelasan teori yang berkaitan dengan implementasi perangkat lunak. Penjelasan tersebut bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai sistem yang akan dibangun dan berguna sebagai penunjang dalam pengembangan perangkat lunak.

2.1 Glaukoma

Glaukoma merupakan penyebab kebutaan kedua terbanyak setelah katarak di seluruh dunia. Berbeda dengan katarak, kebutaan yang diakibatkan glaukoma bersifat permanen, atau tidak dapat disembuhkan. Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam upaya pencegahan dan penanganan kasus glaukoma. Berdasarkan data WHO 2010, diperkirakan sebanyak 3.2 juta orang mengalami kebutaan akibat glaukoma [1].

Glaukoma adalah penyakit mata dimana terjadi kerusakan saraf optik yang diikuti gangguan pada lapang pandangan yang khas. Kondisi ini utamanya diakibatkan oleh tekanan bola mata yang meninggi yang biasanya disebabkan oleh hambatan pengeluaran cairan bola mata (humour aquous). Penyebab lain kerusakan saraf optic, antara lain gangguan suplai darah ke saraf optic dan kelemahan /masalah saraf optiknya sendiri [1].

Glaukoma dapat diklasifikasikan menjadi glaukoma primer, glaukoma sekunder, dan glaukoma kengenital. Glaukoma primer adalah glaukoma yang tidak diketahui penyebabnya. Glaukoma primer sudut terbuka biasanya merupakan glaukoma kronis, sedangkan glaukoma primer sudut tertutup bisa berupa glaukoma sudut tertutup akut atau kronis. Glaukoma sekunder adalah glaukoma yang timbul sebagai akibat dari penyakit mata lain, trauma, pembedahan, penggunaan kortikosteroid yang berlebihan atau penyakit sistemik lainnya. Glaukoma kongenital adalah

glaukoma yang ditemukan sejak dilahirkan dan biasanya disebabkan oleh sistem saluran pembuangan di dalam mata tidak berfungsi dengan baik sehingga menyebabkan pembesaran mata bayi. Di samping itu glaukoma dengan kebutaan total disebut juga sebagai glaukoma absolut. [1]

2.2 Optic Disc dan Optic Cup

Optic disc didefinisikan sebagai bagian dari saraf optik yang membentang dari bagian mielin saraf tepat dibelakang sklera sampai permukaan retina. Umumnya berbentuk sedikit oval dengan diameter vertikal sekitar 9% lebih besar dari diameter horizontal. Rata – rata pada orang normal, diameter vertikalnya mendekati 1500 mikrometer [2].

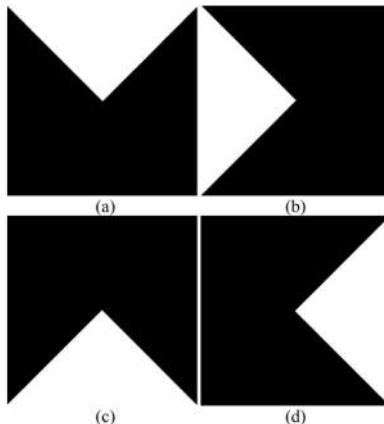
Sedangkan *optic cup* adalah sebuah lekukan berbentuk mangkok yang dibentuk oleh invaginasi dari gelembung optik yang berkembang menjadi lapisan sensorik dan berpigmen dari retina [3].

Pada umumnya *optic disc* merupakan daerah yang paling terang dalam citra retina, sedangkan *optic cup* merupakan daerah paling terang di daerah *optic disc* [4].

2.3 Aturan ISNT

ISNT (Inferior, Superior, Nasal, dan Temporal) adalah sebuah aturan yang menitikberatkan pada 4 daerah pada optic disc, yaitu Inferior, Superior, Nasal, dan Temporal. Keempat daerah inilah yang memiliki peran dalam membedakan mata yang normal dan yang tidak [2], baik itu jika dinilai dari keberadaan pembuluh darah maupun optic cup di masing-masing daerah [5]. Berikut adalah persamaan untuk menghitung nilai ISNT. [6]

$$ISNT = \frac{Luas\ pada\ quadran\ inferior + Luas\ pada\ quadran\ superior}{Luas\ pada\ quadran\ nassal + Luas\ pada\ quadran\ temporal} \quad (2.1)$$



Gambar 2.1 Masks yang digunakan untuk mendapatkan luasan di daerah a Superior; b Temporal; c Inferior; dan d Nasal dari optic disc

2.4 Cup to Disc Ratio

Cup to Disc Ratio (CDR) adalah perbandingan dari *optic cup* dan *optic disc* baik dari segi diameter vertikal, diameter horizontal, ataupun luas. CDR adalah salah satu fitur yang populer digunakan dalam pengevaluasian glaukoma [5]. Dalam tugas akhir ini, CDR yang digunakan adalah rasio jejari dari optic cup dan optic disk yang didapatkan dengan rumus sebagai berikut.

$$CDR = \sqrt{\text{Area of optic cup}/\text{Area of optic disk}} \quad (2.2)$$

2.5 Neuro Retinal Rim

Neuro Retinal Rim (NRR) adalah daerah yang tersisa jika daerah optic cup dihapus dari optic disc. Bentuk dari NRR dapat digunakan untuk mengukur kerusakan pada optic disc [5].

2.6 Histogram Smoothing

Histogram smoothing adalah sebuah metode untuk memperhalus histogram dari sebuah image dengan filter tertentu.

Dalam tugas akhir ini filter yang digunakan adalah filter gaussian dengan rerata 50, standar deviasi 6, dan ukuran window 1x100.

2.7 Bottom Hat Transformation

Bottom hat transformation adalah sebuah operasi morfologi yang dapat digunakan untuk mendapatkan objek yang gelap pada background yang terang. Berikut persamaan dari *bottom hat transformation*.

$$B_{hat}(I) = ((I \oplus b) \ominus b) - I \quad (2.3)$$

dimana \oplus adalah operasi dilasi dan \ominus adalah operasi erosi. [7]

2.8 Otsu Thresholding

Dalam *image processing*, metode otsu digunakan untuk melakukan *thresholding* berbasis *clustering* sehingga didapatkan batas yang dapat dijadikan acuan untuk melakukan segmentasi pada suatu citra. Dalam metode ini jumlah kelas yang dapat ditangani hanya ada 2, yaitu objek dan latar belakang. Konsep utama dari metode ini adalah dengan memilih nilai batas yang menghasilkan kelas dengan varian intra kelasnya terkecil dan varian antar kelasnya terbesar. Rumus untuk menghitung varian antar kelas adalah sebagai berikut. [8]

$$\sigma_b^2(t) = \omega_0(t)\omega_1(t)[\mu_0(t) - \mu_1(t)]^2 \quad (2.4)$$

dimana

$$\omega_0(t) = \sum_0^{t-1} p(i) \quad (2.5)$$

dan

$$\omega_1(t) = \sum_t^{255} p(i) \quad (2.6)$$

serta

$$\mu_0(t) = \frac{\sum_0^{t-1} ip(i)}{\omega_0} \quad (2.7)$$

dan

$$\mu_1(t) = \frac{\sum_t^{255} ip(i)}{\omega_1} \quad (2.8)$$

dengan

$$p(i) = \frac{histogram(i)}{jumlah pixel} \quad (2.9)$$

Berikut ini algoritma dari metode otsu.

- Hitung histogram dan peluang dari setiap level intensitas
- Inisialisasi nilai awal $\omega_i(0)$ dan $\mu_i(0)$
- For threshold = 1 to 256
 - Update ω_i dan μ_i
 - Hitung σ_b^2 (threshold)
- Pilih threshold dengan nilai $\sigma_b^2(t)$ maksimum

2.9 Median Filtering

Median filtering adalah sebuah metode *filtering* yang pada umumnya digunakan untuk menghilangkan *noise*. Berikut pseudocode dari median filtering dua dimensi.

1	MedianFiltering(I,size)
2	foreach p = pixels in I
3	p = median(part(I(position(p).x - size, position(p).y + size))
4	end foreach
5	return I

2.10 Morfologi Erosi dan Dilasi

Operasi morfologi erosi dan dilasi adalah metode yang biasa dipakai dalam image processing dengan tujuan – tujuan

tertentu. Dalam tugas akhir ini, operasi morfologi erosi dan dilasi digunakan untuk menutup gap yang dihasilkan oleh pembuluh darah pada saat melakukan segmentasi optic disc dan optic cup.

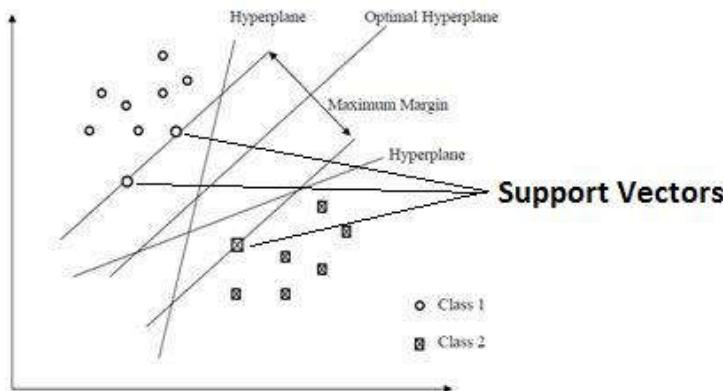
Operasi morfologi erosi dan dilasi membutuhkan elemen struktur yang berbeda-beda sesuai kebutuhan. Elemen struktur yang digunakan pada tugas akhir ini adalah elemen struktur berbentuk disk dengan ukuran 50.

2.11 *Support Vector Machine*

Support Vector Machine (SVM) dikembangkan oleh oser, Guyon, Vapnik dan pertama kali dipresentasikan pada tahun 1992. 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.

Konsep dasar SVM dapat dijelaskan secara sederhana sebagai usaha mencari *hyperplane* terbaik yang berfungsi sebagai pemisah dua kelas pada *input space*. Gambar 2.2 merupakan beberapa contoh dari kemungkinan *hyperplane* yang digunakan untuk memisahkan kelas satu dengan lainnya [9].

Hyperplane pemisah terbaik antara kedua kelas dapat ditemukan dengan mengukur *margin hyperplane* dan mencari titik maksimalnya. *Margin* adalah jarak antara *hyperplane* dengan data terdekat dari masing-masing kelas. Data yang paling dekat dengan *hyperplane* disebut sebagai *support vectors*.



Sumber gambar : www.sine.ni.com

Gambar 2.2 Contoh alternatif hyperplane

Diberikan data masukan $x_i \in \mathbb{R}^d$ dan masing-masing kelas dinotasikan $y_i \in \{-1, +1\}$ untuk $i = 1, 2, 3, \dots, n$ dimana n adalah banyaknya data. Fungsi *hyperplane* dibuat dengan persamaan

$$w \cdot x + b = 0 \quad (2.10)$$

Data x_i yang termasuk kelas -1 dapat dirumuskan sebagai data yang memenuhi pertidaksamaan

$$w \cdot x_i + b \leq -1 \quad (2.11)$$

sedangkan data x_i yang termasuk kelas +1 dirumuskan sebagai data yang memenuhi pertidaksamaan

$$w \cdot x_i + b \geq +1 \quad (2.12)$$

Margin terbesar dapat ditemukan dengan memaksimalkan nilai jarak antara *hyperplane* dan titik terdekatnya dengan rumus

$$\frac{1}{\|w\|^2} \quad (2.13)$$

Hal tersebut dapat diselesaikan dengan mencari titik minimal persamaan 2.14 dengan memperhatikan *constraint* 2.15.

$$\min \tau(w) = \frac{1}{2} \|w\|^2 \quad (2.14)$$

$$y_i(x_i \cdot w + b) - 1 \geq 0, \forall i \quad (2.15)$$

Masalah ini dapat dipecahkan dengan berbagai teknik komputasi di antaranya *Lagrange Multiplier*.

$$L(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} \|w\|^2 - \sum_{i=1}^n \alpha_i (y_i((x_i \cdot w + b) - 1)) \quad (2.16)$$

dimana α adalah *Lagrange multipliers*, yang bernilai nol atau positif ($\alpha_i \geq 0$). Nilai optimal dari persamaan (2.16) dapat dihitung dengan meminimalkan L terhadap w dan b , dan memaksimalkan L terhadap α_i . Dengan memperhatikan bahwa pada titik optimal $L=0$, persamaan (2.16) dapat dimodifikasi sebagai maksimalisasi *problem* yang hanya mengandung α_i saja, sebagaimana persamaan (2.17) dan (2.18)

maximize:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i x_j \quad (2.17)$$

Subject to:

$$\alpha_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i = 0 \quad (2.18)$$

Hasil dari perhitungan ini diperoleh α_i yang kebanyakan bernilai positif. Data yang berkorelasi dengan α_i yang positif inilah yang disebut sebagai *support vector*.

2.11.1 Sequential Minimum Optimization

Sequential Minimum Optimization adalah sebuah metode dalam komputasi *Quadratic Programming* pada SVM dengan memecah komputasi *Quadratic Programming* menjadi beberapa sub kecil. Sehingga kompleksitas komputasi *Quadratic Programming* pada SVM dapat direduksi. [10]

2.11.2 Least Squares

Salah satu variasi metode untuk menyelesaikai komputasi *Quadratic Programming* pada SVM adalah dengan menggunakan metode *least squares*. Dimana persamaan 2.16 diubah menjadi persamaan berikut.

$$L(w, b, e, \alpha) = \frac{1}{2} ||w||^2 - \sum_{i=1}^n \alpha_i (y_i((x_i \cdot w + b) - 1 + e_i)) \quad (2.19)$$

dimana e_i adalah nilai *least squares* dari y_i, x_i . [11]

2.11.3 Soft Margin

Pada umumnya, dua buah kelas pada *input space* tidak dapat dipisahkan secara sempurna. Hal ini menyebabkan *constraint* pada persamaan (2.15) tidak dapat terpenuhi, sehingga optimasi tidak dapat dilakukan. Untuk mengatasi masalah ini, SVM dirumuskan ulang dengan memperkenalkan teknik *soft margin*. Dalam *soft margin*, persamaan (2.15) dimodifikasi dengan memasukkan variabel *slack* ξ_i ($\xi_i > 0$) sehingga menjadi persamaan berikut.

$$y_i(x_i \cdot w + b) \geq 1 - \xi_i, \quad \forall i \quad (2.20)$$

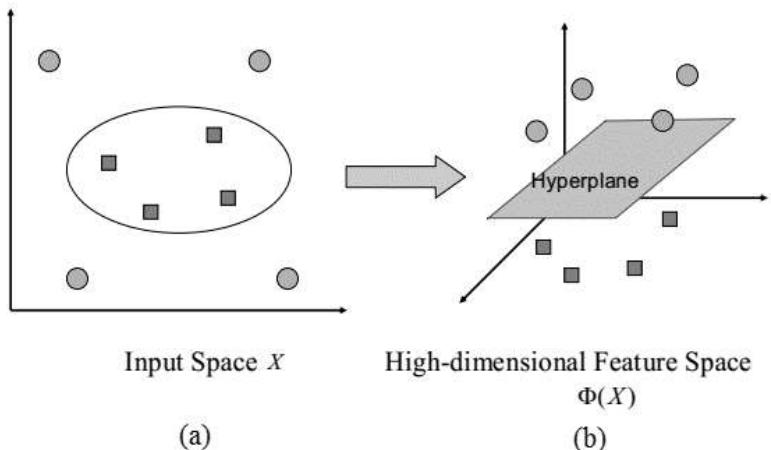
Dengan demikian persamaan (2.14) diubah menjadi persamaan berikut.

$$\min \tau(w, \xi) = \frac{1}{2} \|w\|^2 + C \sum_{i=1}^n \xi_i \quad (2.21)$$

Parameter C dipilih untuk mengontrol *tradeoff* antara *margin* dan *error* klasifikasi ξ . Nilai C yang besar akan memberikan penalty yang lebih besar terhadap *error* klasifikasi [9].

2.11.4 Kernel Trick

Pada umumnya masalah dalam dunia nyata jarang yang bersifat *linear separable*, kebanyakan bersifat *non-linear*. Untuk menyelesaikan masalah *non-linear*, SVM dimodifikasi dengan memasukkan fungsi *kernel* [9].



Gambar 2.3 Fungsi Φ Memetakan Data ke Ruang Vektor Lebih Tinggi sehingga Kedua Kelas Dapat Dipisahkan Secara Linier oleh Sebuah *Hyperplane* [9].

Dalam *non-linear* SVM, pertama-tama data x dipetakan oleh fungsi $\Phi(x)$ ke ruang vektor yang berdimensi lebih tinggi. Pada ruang vektor yang baru ini, *hyperplane* yang memisahkan kedua kelas tersebut dapat dikonstruksikan. Pada Gambar 2.3 (a) diperlihatkan data pada kelas +1 yang direpresentasikan dalam bentuk lingkaran dan kelas -1 yang direpresentasikan dalam bentuk persegi berada pada *input space* berdimensi dua tidak dapat dipisahkan secara linier. Selanjutnya Gambar 2.3 (b) menunjukkan bahwa fungsi Φ memetakan tiap data pada *input space* tersebut ke ruang vektor baru yang berdimensi lebih tinggi (dimensi 3), dimana kedua kelas dapat dipisahkan secara linier oleh sebuah *hyperplane*. Notasi matematika dari pemetaan ini adalah sebagai berikut.

$$\Phi : \mathbb{R}^d \rightarrow \mathbb{R}^q \text{ dengan } d < q \quad (2.22)$$

Pemetaan ini dilakukan dengan menjaga topologi data, dalam artian dua data yang berjarak dekat pada *input space* akan berjarak dekat juga pada *feature space* begitupun data yang berjarak jauh pada *input space* akan berjarak jauh pada *feature space*.

Selanjutnya proses pembelajaran pada SVM dalam menemukan titik-titik *support vector*, hanya bergantung pada *dot product* dari data yang sudah ditransformasikan pada ruang baru yang berdimensi lebih tinggi yaitu $\Phi(x_i) \cdot \Phi(x_j)$.

Karena umumnya transformasi Φ ini tidak diketahui, dan sangat sulit untuk dipahami, maka perhitungan *dot product* tersebut dapat digantikan dengan fungsi *kernel* $K(x_i, x_j)$ yang mendefinisikan secara implisit transformasi Φ . Hal ini disebut sebagai *kernel trick* yang dirumuskan berdasarkan persamaan berikut.

$$K(x_i, x_j) = \Phi(x_i) \cdot \Phi(x_j) \quad (2.23)$$

Kernel trick memberikan berbagai kemudahan, karena dalam proses pembelajaran SVM, untuk menentukan *support vector*, kita hanya cukup mengetahui fungsi *kernel* yang dipakai, dan tidak perlu mengetahui wujud dari fungsi *non-linear* Φ . Jenis-jenis *kernel* yang umum digunakan dalam SVM dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Jenis Kernel yang Umum Digunakan dalam SVM

Jenis kernel	Definisi
Polynomial	$K(x_i, x_j) = (x_i \cdot x_j + 1)^p$
Quadratic	$K(x_i, x_j) = (x_i \cdot x_j + 1)^2$
Linear	$K(x_i, x_j) = (x_i \cdot x_j + 1)$
Gaussian RBF	$K(x_i, x_j) = \exp\left(\frac{\ x_i - x_j\ ^2}{2\gamma^2}\right)$

Selanjutnya hasil klasifikasi dari data x diperoleh dari persamaan berikut.

$$f(\Phi(x)) = w \cdot \Phi(x) + b \quad (2.24)$$

$$f(\Phi(x)) = \sum_{i=1, x_i \in SV}^n \alpha_i y_i \Phi(x) \cdot \Phi(x_i) + b \quad (2.25)$$

$$f(\Phi(x)) = \sum_{i=1, x_i \in SV}^n \alpha_i y_i K(x, x_i) + b \quad (2.26)$$

SV pada persamaan (2.25) dan (2.26) dimaksudkan dengan subset dari data *training* yang terpilih sebagai *support vectors*, dengan kata lain data x_i yang berkorespondensi pada $\alpha_i \geq 0$.

2.12 Confusion Matrix

Confusion matrix adalah suatu metode yang biasa digunakan untuk melakukan penghitungan performa suatu algoritma pada konsep data *mining*. *Confusion matrix* memiliki informasi hasil prediksi dan aktual pada data yang telah diklasifikasi. Tabel 2.2 menunjukkan *confusion matrix* untuk dataset yang memiliki dua kelas.

Tabel 2.2 Confusion Matrix Dua Kelas

Aktual \ Prediksi	1	0
1	TP (True Positive)	FN (False Negative)
0	FP (False Positive)	TN (True Negative)

Nilai performa yang bisa dihitung menggunakan *confusion matrix* antara lain: akurasi, sensitivitas, dan presisi. Akurasi adalah hasil bagi dari jumlah prediksi yang terkласifikasi secara benar dibagi total data yang diklasifikasi seperti pada persamaan berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (2.27)$$

Presisi adalah perbandingan dari jumlah data TP dengan total data TP dan FP seperti pada persamaan berikut.

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2.28)$$

Sensitivitas atau *recall* adalah perbandingan dari jumlah data TP dengan total data TP dan FN seperti pada persamaan berikut.

$$\text{Sensitivitas atau Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (2.29)$$

2.13 *k-Fold Cross Validation*

Cross Validation adalah sebuah metode evaluasi dimana data yang digunakan untuk *testing* berbeda dengan data yang digunakan untuk *training*. *k-Fold Cross Validation* adalah variasi dari metode *cross validation* dimana keseluruhan data yang ada dipisah menjadi k *subset*. Masing-masing *subset* kemudian secara bergantian digunakan sebagai data *testing* dengan $k-1$ *subset* yang lain digunakan sebagai data *training*. Performa akhir didapat dari rata-rata performa dari semua k percobaan. [12]