

# Aplikasi Rekursifitas pada Algoritma Viola Jones

Maulana Akmal - 13516084  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
13516084@std.stei.itb.ac.id

**Abstrak**—Pada kehidupan sehari-hari kita sering menemukan hal-hal yang dilakukan berulang-ulang atau rekursif. Sering kali hal tersebut menyebabkan kurangnya efisiensi waktu dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Kenyataan ini menyebabkan para ilmuwan untuk melakukan studi lebih lanjut dalam hal ini. Studi tersebut membuahkan hasil yang sangat berguna untuk memecahkan permasalahan saat ini. Salah satu penerapan rekursifitas yang sangat menarik adalah pada algoritma Viola Jones untuk mendeteksi suatu objek tertentu pada gambar.

**Kata Kunci**—Viola Jones, Rekursif.

## I. PENDAHULUAN

Pada zaman ini teknologi informasi telah berkembang sehingga berada pada puncaknya. Salah satu buah dari perkembangan teknologi ini adalah internet. Internet memungkinkan pertukaran informasi antara dua tempat yang jauh. Hal ini tentu mempermudah umat manusia untuk saling bertukar informasi lewat internet. Internet dahulunya hanya tersedia pada beberapa lembaga pemerintahan di Amerika, tapi sekarang teknologi ini sudah menjangkau hampir seluruh pelosok dunia. Internet menjadi suatu media utama untuk bertukar informasi pada zaman ini. Oleh karena itu, sangat banyak informasi yang tersimpan di internet.

Perkembangan teknologi informasi yang sangat pesat ini ternyata juga memiliki dampak yang negatif. Banyaknya informasi yang tersimpan di internet tentunya akan menjadi suatu hal yang buruk jika informasi tersebut jatuh kepada tangan yang salah. Oleh karena itu, hal ini mengakibatkan para ilmuwan berlomba-lomba untuk menciptakan suatu sistem keamanan yang dapat mencegah hal tersebut terjadi. salah satu kasus nyata dari dampak negatif perkembangan ini adalah kasus Badan Keamanan Amerika Serikat melakukan program mata-mata terhadap seluruh penduduknya.

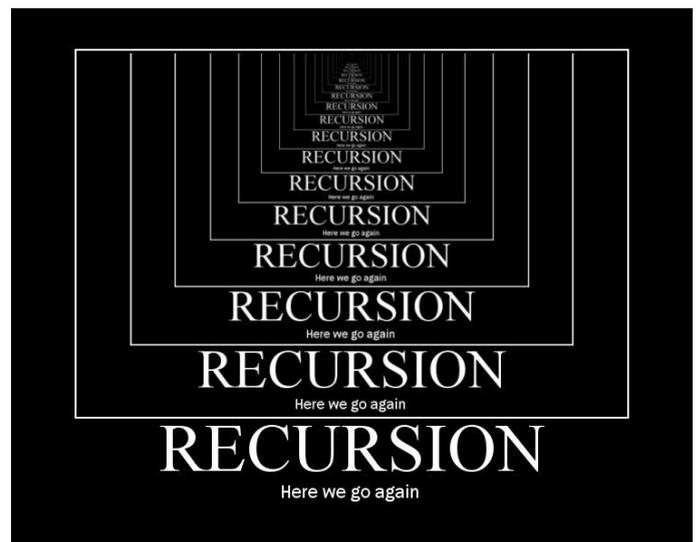
Sampai sekarang sudah terdapat berbagai teknologi untuk mengamankan suatu informasi. Salah satu teknologi keamanan yang terkenal sekarang adalah teknologi pengaman biometrik. suatu sistem biometrik adalah suatu sistem pengenalan yang menggunakan suatu karakteristik dari fisiologi manusia untuk mengidentifikasi atau mengotentikasi suatu pengenalan. Karakteristik fisiologi manusia yang di maksud disini adalah seperti mata, wajah, suara dan sidik jari.

Pada makalah ini penulis akan berfokus kepada sebuah metode pendeteksi wajah atau face detection, karena hal ini adalah suatu karakteristik yang sering di gunakan dalam suatu sistem pengenalan biometrik. Pendeteksi wajah yang akan dibahas disini menggunakan suatu metode yang ditemukan oleh Paul Viola dan Michael Jones. Metode Viola Jones ini membutuh sangat banyak perhitungan pada gambar, oleh karena itu digunakanlah suatu konsep yang disebut Integral Image yang memanfaatkan rekursifitas untuk mempercepat proses perhitungan. Hal ini tentunya sangat meningkatkan efisiensi waktu untuk mendeteksi suatu wajah.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Rekursif

Salah satu konsep paling dasar dalam ilmu komputer dan pemrograman adalah penggunaan fungsi sebagai abstraksi untuk kode-kode yang digunakan berulang kali. Kode yang digunakan berulang kali tentunya akan memperlambat dan efisiensi ketika menulis suatu program. kenyataan ini mengarahkan kepada fungsi rekursif, yaitu fungsi yang memanggil dirinya sendiri.



Gambar 2.1 Ilustrasi rekursif  
(Sumber: <https://codehs.gitbooks.io/apjava/content/Algorithms-and-Recursion/advanced-recursion.html>)

Salah satu contoh rekursifitas adalah ketika anda menghadapkan dua cermin. Ketika anda menghadapkan dua cermin maka anda akan melihat bayangan cermin pertama yang dibentuk oleh cermin kedua kemudian bayangan cermin itu dibentuk lagi oleh cermin pertama. Hal ini yang kemudian menyebabkan pada cermin terbentuk bayangan berulang yang tak terhingga.



Gambar 2.2 Rekursifitas pada cermin  
(Sumber: <https://hiveminer.com/Tags/mirror%2Crecursion>)

Selain contoh cermin di atas, dalam dunia matematika terdapat banyak fungsi rekursif, beberapa contohnya adalah fungsi Fibonacci :

$$\begin{aligned} F_0 &= 1, \\ F_1 &= 1, \\ F_N &= F_{N-1} + F_{N-2} \end{aligned}$$

dan fungsi Faktorial :

$$\begin{aligned} F_0 &= 1 \\ F_N &= N * F_{N-1} \end{aligned}$$

Dari kedua fungsi tersebut jika di analisa lebih lanjut, fungsi rekursif memiliki dua bagian penting yaitu:

#### a. Basis

Basis merupakan bagian yang mendefinisikan suatu nilai fungsi secara eksplisit. Basis juga berguna untuk menghentikan pemanggilan ulang fungsi rekursif. jika tidak ada suatu basis dalam suatu fungsi rekursi, maka fungsi akan dipanggil secara terus menerus tanpa henti sehingga tidak dihasilkan suatu nilai fungsi rekursif. pada fungsi fibonacci diatas yang merupakan basis adalah  $F_0 = 1$  dan  $F_1 = 1$ .

#### b. Rekurens

Rekurens adalah bagian yang mendefinisikan bagaimana pemanggilan berulang fungsi rekursif dilakukan. Bagian ini memiliki peranan besar bagi suatu fungsi rekursif karena mengontrol bagaiman jalannya fungsi. pada fungsi faktorial yang merupakan rekurens adalah  $F_N = N * F_{N-1}$ .

Dalam dunia pemograman fungsi rekursif juga menjadi bagian yang vital dalam menyelesaikan masalah, salah satu contohnya adalah permasalahan dynamic programming knapsack yang menggunakan implementasi rekursif :

```
int Knapsack(int i, int W){
    if(i==N && W<0)
        return -INF;
    if(i==N)
        return 0;
    return max(
        Knapsack(i+1, W),
        Val[i]+Knapsack(i+1, W+Wi[i])
    )
}
```

pada fungsi knapsack diatas bisa dilihat basis dari fungsi diatas adalah ketika  $i==N$  dan  $W<0$ , fungsi akan langsung mengembalikan nilai -INF dan ketika  $i==N$  dan  $W>=0$  akan mengembalikan nilai 0. sedangkan rekurensnya ketika  $i!=N$  dan  $W>=0$ .

## 2.2 Algoritma Viola Jones

Algoritma viola jones adalah suatu algoritma yang digunakan untuk mendeteksi suatu objek pada gambar. walaupun bisa digunakan untuk mendeteksi berbagai objek, pada awalnya algoritma ini hanya ditujukan untuk menyelesaikan masalah pendeteksian muka. Algoritma ini ditemukan pertama kali oleh Paul Viola dan Michael Jones pada tahun 2001.

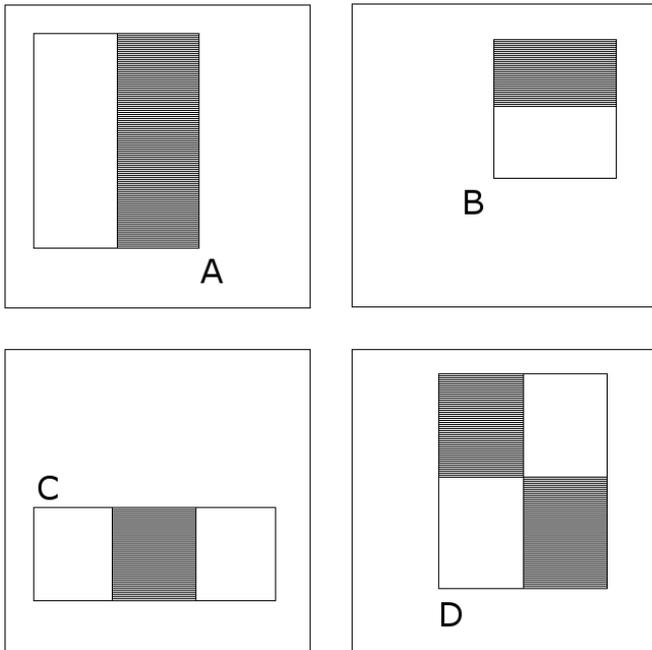
Manusia dapat dengan mudah untuk mendeteksi suatu objek muka pada sebuah gambar, namun komputer dengan segala keterbatasan logika yang dimilikinya membutuhkan banyak referensi data instruksi yang sangat kompleks. untuk memudahkan pendeteksian, algoritma ini membutuhkan gambar muka yang menghadap kamera dengan sempurna.

Algoritma ini memiliki 4 komponen utama yaitu Haar-like Features, Integral Image, Adaboost Learning dan Cascade Classifier.

### a. Haar-like Features

Fitur haar-like adalah suatu fitur yang digunakan dalam image processing untuk pengenalan objek. Pada fitur ini terdapat dua bagian, yaitu bagian hitam dan putih. fitur ini digunakan sebagai suatu properti untuk mengecek suatu objek. fitur ini digunakan untuk mengkategorikan suatu area pada pada gambar. kemudian akan terdapat 2 area pada gambar yaitu area hitam dan putih, untuk menghitung nilai fitur haar-like nya, jumlahkan nilai piksel gambar yang berada di bawah wilayah hitam dan wilayah putih kemudia hitunglah selisihnya dan kemudian didapatkan suatu nilai haar. Dalam persamaan dapat ditulis:

$$F = \sum(\text{Piksel di Area Hitam}) - \sum(\text{Piksel di Area Putih})$$



Gambar 2.3 Fitur Haar-like

(Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Viola%E2%80%93Jones\\_object\\_detection\\_framework#/media/File:Prm\\_VJ\\_fig1\\_featureTypesWithAlpha.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Viola%E2%80%93Jones_object_detection_framework#/media/File:Prm_VJ_fig1_featureTypesWithAlpha.png))

Semua wajah manusia memiliki properti yang sama, properti inilah yang bisa di cocokkan dengan fitur haar tersebut untuk mengidentifikasi itu adalah wajah atau bukan.



Gambar 2.4 Fitur Haar pada Hidung manusia

(Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Viola%E2%80%93Jones\\_object\\_detection\\_framework#/media/File:Haar\\_Feature\\_that\\_looks\\_similar\\_to\\_the\\_bridge\\_of\\_the\\_nose\\_is\\_applied\\_onto\\_the\\_face.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Viola%E2%80%93Jones_object_detection_framework#/media/File:Haar_Feature_that_looks_similar_to_the_bridge_of_the_nose_is_applied_onto_the_face.jpg))

Pada gambar di atas dapat dilihat salah satu fitur haar di cocokkan dengan hidung manusia. ketika penghitungan dilakukan, jumlah piksel yang berada di bawah area putih lebih rendah dibandingkan dengan jumlah piksel dibawah area hitam. Hal ini dikarenakan adanya properti wajah manusia yang lebih gelap dibandingkan dengan yang lain. perbedaan antara wilayah gelap dan wilayah terang inilah yang dimanfaatkan oleh algoritma Viola-Jones untuk mengidentifikasi muka manusia.

Pada gambar di bawah ini juga menunjukkan fitur haar pada bagian mata. fitur haar pada bagian mata tentunya berbeda dengan bagian hidung. Pada area mata manusia, bagian mata memiliki properti yang lebih gelap dibandingkan dengan bagian pipi manusia.



Gambar 2.5 Fitur Haar pada Mata manusia

(Sumber: [https://en.wikipedia.org/wiki/Viola%E2%80%93Jones\\_object\\_detection\\_framework#/media/File:Haar\\_Feature\\_that\\_looks\\_similar\\_to\\_the\\_eye\\_region\\_which\\_is\\_darker\\_than\\_the\\_upper\\_cheeks\\_is\\_applied\\_onto\\_a\\_face.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Viola%E2%80%93Jones_object_detection_framework#/media/File:Haar_Feature_that_looks_similar_to_the_eye_region_which_is_darker_than_the_upper_cheeks_is_applied_onto_a_face.jpg))

#### b. Integral Image

Pada algoritma Viola-Jones, gambar wajah yang telah dibaca akan disimpan dalam suatu representasi yang disebut integral image. Integral image akan di bahas pada bagian Pembahasan karena hal ini adalah fokus utama penulis pada makalah ini.

#### c. Adaboost Learning

Algoritma Viola-Jones melakukan penghitungan sangat banyak perhitungan untuk setiap fitur haar. Untuk setiap fitur haar dilakukan perhitungan untuk setiap piksel pada gambar. Setelah itu fitur haar tersebut dikalikan dengan suatu skala dan dilakukan perhitungan lagi terhadap seluruh piksel pada gambar. Bayangkan saja, untuk ukuran gambar 24x24 terdapat sekitar 162,336 fitur yang harus dihitung. Tentu saja hal ini akan memperlambat proses perhitungan. oleh karena itu algoritma ini menggunakan suatu variasi dari algoritma learning, Adaboost.

Adaboost menghasilkan suatu yang disebut klasifier kuat yang dibentuk dari beberapa klasifier lemah.

$$h(\mathbf{x}) = \text{sgn} \left( \sum_{j=1}^M \alpha_j h_j(\mathbf{x}) \right)$$

Setiap klasifier lemah adalah suatu fuatu fungsi treshold yang bergantung pada fungsi f dengan  $\Theta_j$  sebuah nilai threshold yang ditetapkan.

$$h_j(\mathbf{x}) = \begin{cases} -s_j & \text{if } f_j < \theta_j \\ s_j & \text{otherwise} \end{cases}$$

#### d. Cascading clasifier

Pada tahap ini dilakukan beberapa penghitung nilai klasifier yang kuat untuk menentukan apakah suatu gambar merupakan gambar atau tidak. Biasanya dilakukan dalam beberapa tahap, jika pada suatu tahap dihasilkan bahwa gambar tersebut bukanlah gambar maka perhitungan hanya di lakukan sampai pada tahap itu saja dan tidak dilanjutkan. Jika semua tahap menghasilkan nilai yang mengatakan itu adalah sebuah wajah, maka algoritma ini akan menghasilkan hasil yang mengatakan bahwa gambar yang di uji adalah sebuah wajah.

### III. PEMBAHASAN

Salah satu bagian terpenting dari algoritma Viola-Jones ini adalah pada saat melakukan perhitungan terhadap nilai Haar dari suatu area gambar. Hal ini tentu saja akan membuang sangat banyak waktu jika dilakukan dengan cara yang naif yaitu dengan menjumlahkan setiap piksel satu persatu dalam suatu area tertentu. Oleh karena itu maka digunakanlah suatu representasi yang disebut integral image untuk mempercepat proses perhitungan.

Pada bagian pembahasan ini penulis akan berfokus pada bagaimana representasi data gambar dalam integral image. Pada saat pertama gambar suatu wajah akan di proses, gambar wajah akan diubah terlebih dahulu kedalam bentuk grayscale dari bentuk awalnya yaitu RGB.



Gambar 3.1 Wajah dalam bentuk RGB.  
(Sumber: <http://weknowyourdreams.com/face.html>)

Perubahan bentuk gambar dari bentuk RGB ke dalam bentuk Grayscale berguna pada saat pemrosesan karena pada saat pemrosesan input dari gambar yang diperlukan adalah seberapa gelap suatu piksel tertentu dari gambar tersebut untuk diuji dengan menggunakan fitur Haar.



Gambar 3.2 Setelah di ubah ke grayscale

Setelah di ubah ke dalam bentuk grayscale nilai setiap piksel hanya akan memiliki seberapa gelap (dalam bentuk RGB setiap piksel memiliki 3 warna yaitu Red, Green dan Blue). Selanjutnya nilai grayscale untuk setiap pikselnya disimpan kedalam suatu tabel dengan persamaan rekursif

$$F(1,1) = \text{Nilai grayscale piksel (1,1)}$$

$$F(X,1) = \text{Nilai grayscale piksel (X,1)} + F(X-1,1)$$

$$F(1,Y) = \text{Nilai grayscale piksel (1,Y)} + F(1,Y-1)$$

$$F(X,Y) = \text{Nilai grayscale piksel (X,Y)} + F(X-1,Y) + F(X,Y-1) - F(X-1,Y-1)$$

Pada persamaan diatas terlihat bahwa terdapat basis yaitu ketika kita menghitung  $F(1,1)$  dan terdapat rekurens ketika kita menghitung nilai  $F(X,Y)$ ,  $F(1,Y)$  dan  $F(X,1)$ . Setelah kita menghitung seluruh nilai fungsi tersebut maka kita akan membentuk suatu tabel yang disebut summed area tabel yang akan digunakan dalam perhitungan lebih lanjut.

Untuk memperjelas konsep dari integral image ini maka penulis akan mendemonstrasikan bagaimana caranya membentuk integral image. Tabel di bawah ini menunjukkan suatu nilai piksel dari gambar yang memiliki resolusi 8x8. Resolusi 8x8 ini adalah resolusi yang sangat kecil sehingga tidak mungkin terdapat wajah di dalamnya maka resolusi 8x8 disini hanya digunakan sebagai contoh untuk mempermudah pemahaman kita terhadap integral image.

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

Table 3.1 Representasi table nilai piksel gambar

Setelah kita mendapatkan tabel piksel diatas kita bisa menggunakan persamaan rekursif kita untuk menghasilkan Summed area table.

1	2	3	4	5	6	7	8
2	4	6	8	10	12	14	16
3	6	9	12	15	18	21	24
4	8	12	16	20	24	28	32
5	10	15	20	25	30	35	40
6	12	17	24	30	36	42	48
7	14	21	28	35	42	49	56
8	16	24	32	40	48	56	64

Tabel 3.2 Summed area tabel

Summed area tabel ini yang akan digunakan untuk menghitung nilai dari suatu area dengan sangat cepat dibandingkan dengan cara mengiterasi seluruh piksel satu persatu. Jika kita ingin menghitung area yang dimulai dari titik  $x_1, y_1$  ke titik  $x_2, y_2$  maka dapat digunakan rumus

$$\text{Area} = F(x_2, y_2) - F(x_1 - 1, y_1) - F(x_1, y_1 - 1) + F(x_1 - 1, y_1 - 1)$$

Jika menggunakan notasi big-O, misalkan resolusi suatu gambar  $N \times N$ , maka dengan menggunakan cara naif, kompleksitasnya adalah  $O(N^2)$  dan dengan menggunakan summed area tabel hanya  $O(1)$ .

Sampai pada tahap ini kita baru sampai pada tahap membentuk summed area tabel. selanjutnya kita akan mendemonstrasi penghitungan nilai haar dengan menggunakan summed area table yang telah kita bentuk tadi. Pada awalnya kita tentukan dulu fitur apa yang akan di hitung nilai haarnya, sebagai contoh kita akan menghitung nilai haar untuk fitur :



3.3 Salah satu fitur haar

Misalkan kita akan menghitung fitur haar diatas dengan ukuran  $4 \times 6$  pada gambar yang telah kita bentuk summed area tabelnya tadi maka pertama kita tentukan dimana posisi awal dari fitur haar tersebut misalnya pada titik 2,2.

1	2	3	4	5	6	7	8
2	4	6	8	10	12	14	16
3	6	9	12	15	18	21	24
4	8	12	16	20	24	28	32
5	10	15	20	25	30	35	40
6	12	17	24	30	36	42	48
7	14	21	28	35	42	49	56
8	16	24	32	40	48	56	64

Tabel 3.3 Mencari nilai haar

Maka diperoleh

$$\text{Nilai Area Hitam} = F(3,8) - F(1,2) - (2,1) + F(1,1) = 14$$

$$\text{Nilai Area Putih} = F(5,8) - F(1,4) - F(2,3) + F(1,3) = 33$$

$$\text{Nilai haar} = 33 - 14 = 19.$$

#### IV. SIMPULAN

Banyak penggunaan konsep rekursifitas dalam kehidupan sehari-hari. Konsep rekursifitas sangat berguna dalam bidang keamanan. Salah satu penerapan konsep rekursifitas dalam bidang keamanan adalah pada algoritma Viola Jones yang digunakan untuk mendeteksi wajah manusia. Konsep rekursifitas yang diterapkan dalam algoritma Viola Jones sangat mempercepat proses penghitungan nilai haar pada gambar.

#### VI. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah S.W.T., karena atas rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan makalah ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Judhi Santoso selaku dosen pengampu kuliah IF 2120 Matematika Diskrit K03 yang telah memberikan ilmu yang

bermanfaat kepada penulis dan penulis memohon maaf sebesar-besarnya kepada beliau terhadap kesalahan yang penulis lakukan selama berada di kelas beliau.

#### REFERENSI

- [1] <http://www.sainsphd.com/2016/03/teknologi-biometrik.html>
- [2] <http://www.klikteknologi.id/perkembangan-teknologi-informasi.html>
- [3] Diki Ardian Wirasadi, Penerapan Konsep Rekursifitas pada Karya Seni Nesting Dolls.
- [4] <http://www.metode-algoritma.com/2016/01/deteksi-wajah-viola-jones-java.html>
- [5] <https://computersciencesource.wordpress.com/2010/09/03/computer-vision-on-the-integral-image/>

#### PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 4 Desember 2017



Maulana Akmal - 13516084