

# Penggunaan Pencocokan String Metode Booyer-Moore dalam Digital Image Matching untuk Foto Udara Ideal

Kanya Paramita - 13512072  
Program Studi Teknik Informatika  
Sekolah Teknik Elektro dan Informatika  
Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia  
kanyaparamita@students.itb.ac.id

**Abstract** — Seiring dengan berkembangnya zaman, pemetaan tidak terbatas hanya menggunakan alat-alat yang diam di darat. Saat ini pemetaan pun sudah merambah dunia udara. Salah satunya adalah dengan menggunakan foto udara. Dengan adanya perkembangan ini memang pemetaan dapat dilakukan dengan waktu yang relatif singkat. Pada pelaksanaannya, dibutuhkan teknologi canggih dan software yang bisa mengakomodir kebutuhan alat dan pengguna, sehingga proses pemetaan dapat berjalan dengan optimal

**Index Terms** — *Digital Image Matching, Foto Udara, Digital numbers, Booyer-Moore*

## I. PENDAHULUAN

Foto udara merupakan salah satu produk dari ilmu geografi. Foto udara saat ini memiliki banyak peran dalam berbagai kegiatan. Salah satunya adalah dalam pembuatan peta foto. Peta foto merupakan peta kenampakan suatu area di permukaan bumi yang dibuat dari satu atau lebih foto udara. Foto udara yang digunakan kemudian akan mengalami proses penghilangan kesalahan agar didapat skala yang seragam. Apabila peta yang diinginkan membutuhkan lebih dari satu foto udara, maka diperlukan proses penggabungan foto-foto udara tersebut. Dalam proses penggabungan foto inilah ada suatu tahapan yang bernama *digital image matching*.

Pada dasarnya, *digital image matching* merupakan proses pencocokan citra secara dijital. Pencocokan ini dimaksudkan untuk menggabungkan dua atau lebih foto agar wilayah yang diinginkan ada pada peta dapat tercakup. Pencocokan didasari pada digital numbers yang terkandung pada setiap piksel yang ada pada foto. Diambil satu buah subarrays yang menjadi penanda atau titik kontrol penghubung antar foto. Kemudian subarrays kontrol tersebut dicocokkan konfigurasi digital numbersnya dengan subarrays lain pada foto yang akan digabungkan. Subarrays yang cocok dengan subarrays kontrol merupakan tempat pertampalan foto yang akan digabungkan.

Pencocokan digital numbers tersebut pada metode dasar yaitu normalized cross correlation mengandalkan pencarian dengan algoritma brute force. Namun pada tulisan ini akan dibahas analisis penggunaan pencocokan

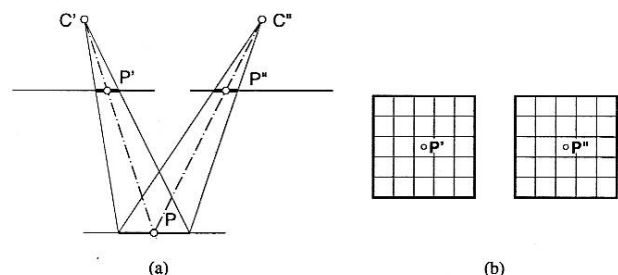
string metode booyer-moore dalam pencocokan digital numbers untuk *digital image matching* foto udara ideal.

## II. DASAR TEORI

### A. Foto Udara Ideal

Foto / citra digital merupakan suatu gambar atau tangkapan objek yang diterjemahkan kedalam susunan persegi kecil yang sangat banyak, yang memiliki kode unik, yang membentuk hasil tangkapan objek tersebut. Persegi kecil ini dinamakan dengan piksel. Setiap piksel memiliki kode unik. Kode unik ini merupakan nilai dari warna yang dikandung oleh persegi tersebut atau biasa disebut dengan *digital numbers*. Setiap satu digital numbers biasanya terdiri dari 24 bit yang mewakili 3 elemen yaitu red, green dan blue (RGB). Setiap elemennya diwakilkan oleh 8 bit. 8 bit ini menentukan intensitas warna dari masing elemen tersebut, dengan intensitas minimum (00000000=0) menunjukkan warna hitam dan intensitas maksimum (11111111=255) menunjukkan warna putih.

Foto udara sendiri merupakan foto permukaan bumi yang diambil dari udara. Foto udara ideal merupakan foto udara yang terbebas dari kesalahan dan aspek alam pun mendukung untuk menciptakan suatu kondisi yang seragam dalam suatu proses pemotretan.

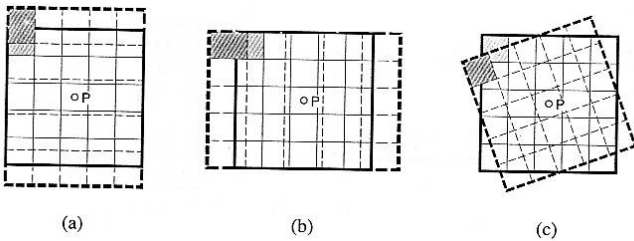


Gambar 1. Kondisi ideal pemotretan dan hasil foto udara

Kesalahan kesalahan yang mungkin ditimbulkan saat melakukan foto udara antara lain :

- Kesalahan posisi kamera

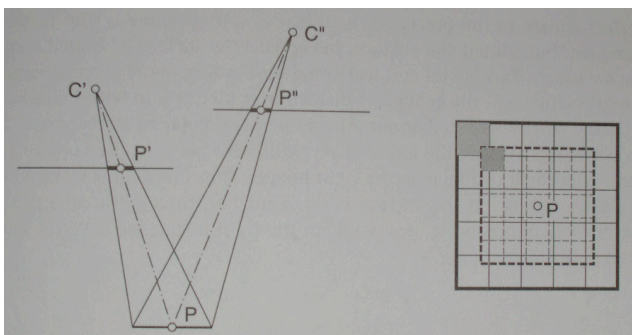
Untuk mendapatkan data foto udara yang ideal, seharusnya kamera berada pada satu orientasi yang tetap terhadap muka bumi. Namun karena pergerakan pesawat belum bisa mengakomodir kebutuhan tersebut maka posisi kamera pun belum bisa memiliki orientasi yang tetap. Sehingga antar foto udara seringkali mempunyai perbedaan orientasi meskipun tidak terlalu besar (pitch, roll, yaw)



Gambar 2. Efek rotasi pada foto udara

- Perbedaan tinggi pesawat

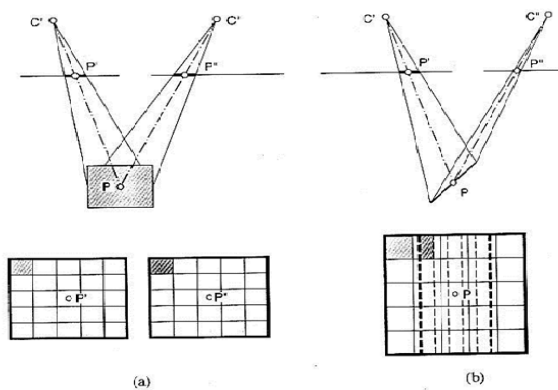
Perbedaan tinggi pesawat memberikan pengaruh yang cukup besar dalam foto udara. Pengaruh yang diberikan langsung kepada foto adalah skala foto. Semakin tinggi pesawat, maka skala foto semakin kecil (nilai skala membesar)



Gambar 3. Efek perbedaan tinggi pesawat pada foto udara

- Efek kemiringan

Kemiringan permukaan terhadap basis udara menjadikan pengukuran kesamaan menjadi sulit.



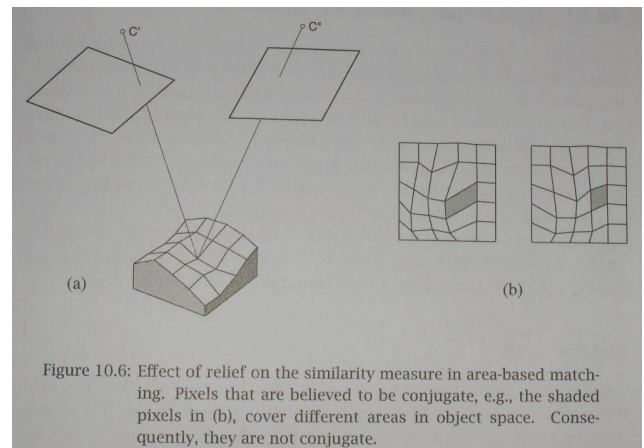
Gambar 4. Pengaruh kemiringan pada konfigurasi piksel

- Pencahayaan

Suatu objek dapat terlihat oleh mata manusia ketika objek tersebut dapat memantulkan cahaya. Cahaya sangat berpengaruh kepada warna dari objek. Semakin terang cahayanya semakin terang pula warna objeknya. Terhalangnya cahaya oleh gedung bertingkat maupun kemiringan permukaan bumi juga mempengaruhi hasil dari foto udara tersebut.

- Efek Relief permukaan tanah

Perbedaan sudut pengambilan foto dari udara terhadap suatu titik yang memiliki kemiringan tertentu akan menimbulkan luasan yang berbeda dari suatu piksel yang bertepatan dengan wilayah tersebut. Perbedaan luas inilah yang menyebabkan perbedaan nilai dari *digital numbers* piksel tersebut.



Gambar 5. Efek relief permukaan tanah pada piksel

## B. Digital Image Matching

*Digital Image Matching* atau pencocokan citra secara digital merupakan pencarian suatu obyek yang sama dari suatu foto di foto lainnya dengan menggunakan perangkat lunak komputer. Ada banyak metode dalam melakukan *digital image matching*. Yang akan dibahas pada tulisan ini adalah metode *area-based*. Metode *area-based* merupakan suatu metode pencarian yang berbasiskan perbandingan suatu *sample area* dari suatu foto di foto lain. Metode *area-based* melakukan perbandingan secara numeris dari *digital numbers* yang ada pada suatu *sub-arrays* yang telah ditentukan sebagai sampel dengan *subarrays* pada foto lainnya.

Dalam melakukan perbandingan nilai *digital numbers*, terdapat banyak cara yang bisa digunakan. Salah satunya dengan cara *normalized cross-correlation*. Perbandingan statistik dilakukan pada *digital numbers* yang diambil dari subarrays yang memiliki ukuran yang sama dari dua buah foto. Perbandingan ini nantinya menghasilkan suatu nilai yang merupakan koefisien korelasi (*c*). Berikut ini persamaan yang digunakan untuk mencari nilai *c*.

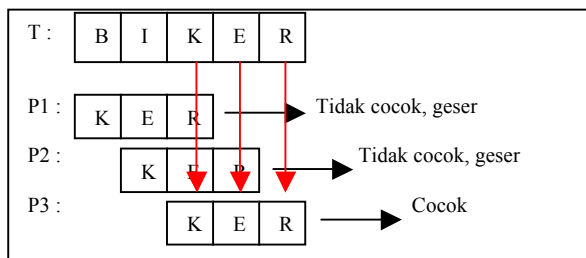
$$c = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (A_{ij} - \bar{A})(B_{ij} - \bar{B})}{\sqrt{\left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (A_{ij} - \bar{A})^2 \right] \left[ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (B_{ij} - \bar{B})^2 \right]}} = \frac{\sigma_{AB}}{\sigma_A \sigma_B}$$

- $c$  : koefisien korelasi
- $m$  dan  $n$  : nomor baris dan kolom dari *subarrays*
- $A_{ij}$  : *digital number* dari subarray  $A$  pada baris  $i$ , kolom  $j$
- $B_{ij}$  : *digital number* dari subarray  $B$  pada baris  $i$ , kolom  $j$
- $\bar{A}$  : rerata seluruh nilai *digital numbers* pada *subarrays*  $A$
- $\bar{B}$  : rerata seluruh nilai *digital numbers* pada *subarrays*  $B$

Intinya, *digital image matching* mencari nilai korelasi antara *subarrays* yang menjadi *candidate image* dengan *subarrays* dengan ukuran yang sama pada foto lainnya.

### C. Algoritma Brute Force

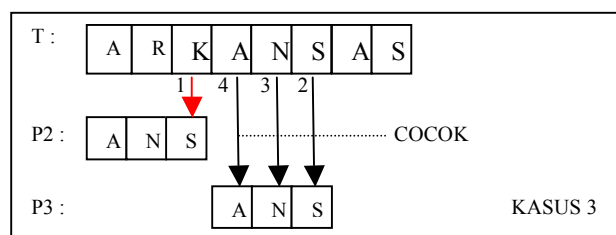
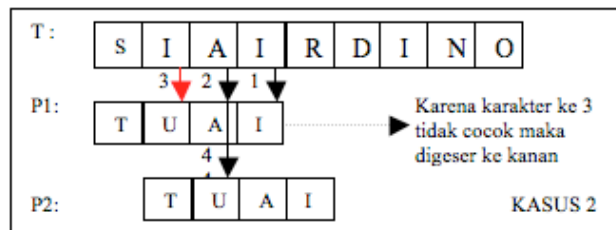
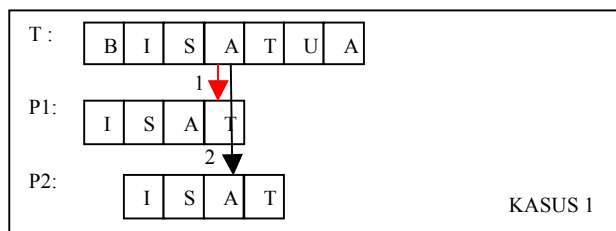
Algoritma Brute Force merupakan algoritma yang mencocokkan komponen pada pattern dengan semua komponen pada text. Pattern akan mulai mencocokkan dari komponen paling kiri pada pattern dengan komponen paling kiri pada teks. Bila menemukan ketidakcocokan, pattern akan terus bergeser kearah kanan hingga menemukan kecocokan dengan komponen pattern paling kiri. Ketika komponen pattern paling kiri cocok dengan komponen teks, pencocokan dilanjutkan dengan komponen sebelah kanan pattern yang telah cocok.



Dalam kasus ini, yaitu *digital image matching*, algoritma brute force digunakan mencocokkan *subarrays* pada foto acuan (pattern) dengan *subarrays* pada foto lainnya dengan ukuran yang sama dengan *subarrays* acuan.

### D. Algoritma Booyer-Moore

Algoritma Booyer Moore merupakan algoritma yang melakukan pencocokan mulai dari karakter terakhir dari pattern dengan text, lalu berlanjut kepada karakter sebelah kirinya hingga kesemua text yang dicocokkan sesuai dengan pattern. Namun apabila terjadi ketidakcocokan untuk metodenya, aturan perubahan pergerakan pattern sedikit berbeda aturannya. Ada 3 kasus pencocokan yang memiliki aturan tertentu dalam perpindahan patter. Ketiga aturan ini merupakan kasus yang pasti ditemui dan wajib dipenuhi oleh algoritma booyer-moore. Berikut ini ketiga kasus pergerakan pattern :



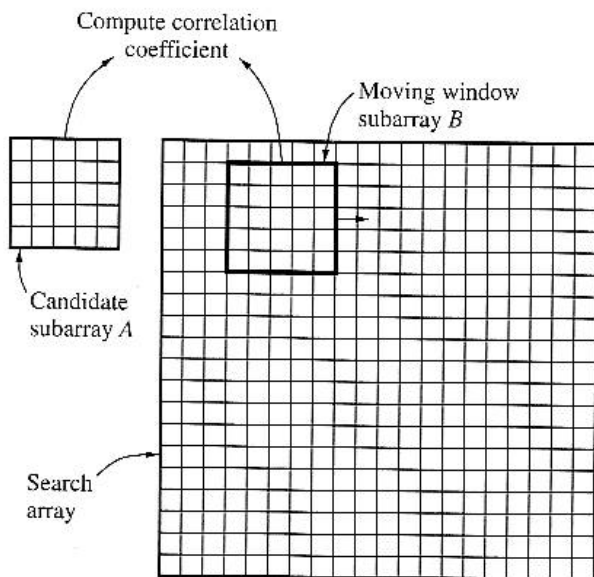
## III. ANALISIS DAN IMPLEMENTASI

### A. Penggunaan Algoritma Brute Force dalam metode normalized cross-corelation

Seperti yang sudah dijelaskan diatas, pada umumnya *digital image matching* dilakukan dengan metode area based. Metode area-based memiliki banyak cara dalam hal pencocokan *digital numbers*. Pada umumnya pencocokan *digital numbers* dari *subarrays* yang dijadikan acuan, menggunakan metode *normalized cross correlation*. *Normalized cross-correlation* membandingkan tingkat kecocokan *subarrays* acuan dengan *subarrays* lain melalui nilai koefisien korelasi. Koefisien korelasi merupakan nilai yang mewakili suatu *subarrays* dari hasil perhitungan matematis dari nilai-nilai yang terkandung pada masing-masing pixel dalam *subarrays* tersebut. Dalam pencarian *subarrays* yang memiliki nilai koefisien korelasi yang paling tinggi, metode *normalized cross-correlation* melakukan perbandingan satu persatu kepada setiap kemungkinan *subarrays* yang ada pada foto yang akan dicocokkan. Hal ini sesuai dengan prinsip pergerakan pattern algoritma brute force. Pattern yang mencocokkan semua isinya kepada text bergerak menyusuri baris dan kolom dari piksel. Dari setiap *subarrays* yang diperiksa, nilai korelasinya disimpan. Karena perbandingan baru akan dilakukan di akhir. Sama halnya dengan algoritma brute force. Oleh karena itu dapat diambil kesimpulan bahwa metode *normalized cross correlation* dalam *digital image matching* menggunakan algoritma brute force dalam hal pencocokan *digital numbers*-nya.



Gambar 6. Contoh Digital Image Matching



Gambar 7. Konsep pergerakan subarrays dalam metode normalized cross-correlation

### B. Analisis Kelayakan Penggunaan Algoritma Booyer-Moore dalam Digital Image Matching

Dalam mengaplikasikan suatu metode pada suatu rangkaian kegiatan, perlu dilakukan terlebih dahulu studi kelayakan penggunaan metode tersebut. Studi kelayakan ditinjau dari berbagai macam aspek sesuai kebutuhan. Kali ini yang akan dilihat kelayakannya adalah penggunaan algoritma booyer-moore dalam *digital image matching*. Algoritma booyer-moore merupakan salah satu

algoritma yang memiliki kelebihan dalam bidang kecepatan dan penggunaan memori yang kecil jika dibandingkan dengan algoritma lain. Hal inilah yang menjadi salah satu faktor utama muncul ide untuk menggunakan algoritma booyer-moore dalam digital image matching.

Jika dibandingkan dengan algoritma brute force, sudah jelas bahwa algoritma booyer-moore memiliki kelebihan dalam kecepatannya untuk pencocokan. Hal ini dapat diketahui karena konsep pencariannya hampir sama dengan pencarian kata pada software-software di komputer. Dengan adanya parameter yang spesifik yaitu berupa digital numbers dari sub-arrays acuan, pencarian dapat dilakukan dengan mudah. Jumlah pixel dalam satu foto yang sangat banyak juga menjadi suatu keadaan yang membutuhkan solusi yang efektif dan efisien.

Dengan algoritma booyer-moore pencarian lebih efisien karena data akan diperiksa sesuai kasus pencocokan. Sehingga akan mereduksi pencocokan data yang sudah dipastikan tidak sesuai. Ditinjau dari kondisi yang dibutuhkan oleh digital image matching, kelebihan booyer-moore ini dapat dijadikan suatu alasan penggunaannya.

Jika dilihat dari jenis data yang dicocokkan, yaitu digital numbers, algoritma booyer-moore dapat mengakomodir jenis data tersebut. Data yang merupakan bilangan biner Namun yang perlu menjadi perhatian adalah kondisi foto udara yang digunakan merupakan foto udara yang ideal.

### C. Implementasi Algoritma Booyer Moore dalam Digital Image Matching

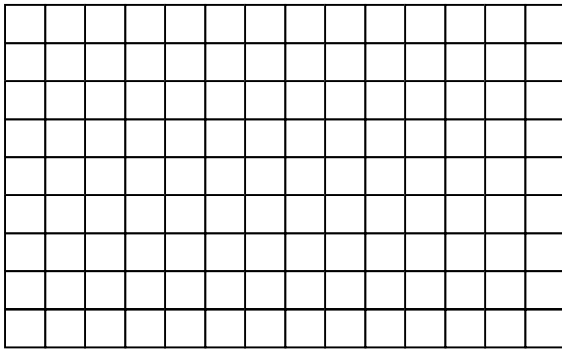
Untuk pengaplikasian algoritma booyer-moore dalam digital image matching, perlu ada beberapa hal yang harus dimodifikasi. Yang pertama adalah data yang akan dicocokkan. Digital numbers yang mewakili setiap piksel harus dikonversi terlebih dahulu ke dalam mode string. Setelah itu barulah dapat dilakukan proses pencocokan.

Yang kedua adalah konsep pencarian data. Apabila pada metode normalized cross correlation pencocokan subarrays didasari atas nilai korelasi yang terkandung pada masing masing subarrays, pada algoritma booyer-moore yang akan diperiksa untuk pencocokan adalah nilai dari digital numbers subarrays itu sendiri. Namun tidak semua bagian dari subarrays yang dicocokkan nilai digital numbersnya.

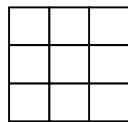
Pada penggunaan algoritma booyer-moore, yang diperiksa hanyalah baris pertama pada subarrays yang akan dicocokkan. Hal ini akan menyederhanakan pencarian seperti halnya pencarian kata. Sistem pencarian yang berlakunya pun sama, mengikuti ketiga kasus algoritma booyer-moore. Apabila pencocokan baris pertama berhasil, barulah berlanjut kepada pencocokan bagian subarrays yang lain. Untuk bagian subarrays dari baris 2 sampai n, tidak dilakukan pencocokan metode booyer-moore, akan tetapi langsung dicocokkan nilainya 1 persatu.

Pada sistem pencocokan yang kedua ini, ketika terjadi ketidakcocokan nilai digital numbers, maka pencocokan dihentikan dan akan dilanjutkan pencarian pada subarrays lain. Mekanisme pencocokannya pun akan diulangi dari awal, yaitu dari pencocokan dengan metode booyer-moore.

Berikut ini ilustrasi penggunaan algoritma booyer-moore dalam *digital image matching* :

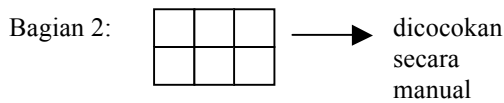
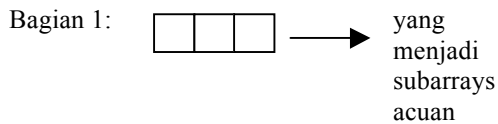


Search arrays

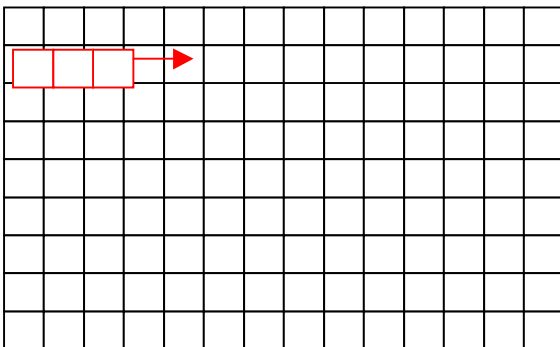


Candidate Image (subarrays acuan)

Langkah 1 : Pemecahan candidate image menjadi 2 bagian



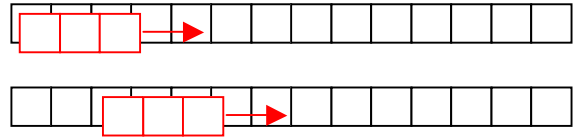
Langkah 2 : Pencocokan bagian 1 kedalam search arrays



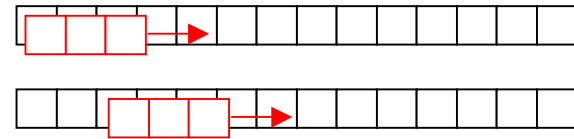
Proses pencocokan dibagi menjadi beberapa bagian. Pada setiap bagiannya, dilakukan pencocokan pada setiap baris

di search arrays. Proses pencocokan dengan subarrays bagian 1 pada suatu baris dilakukan secara terurut dari baris yang paling atas. Proses pencocokan pada tiap baris dilakukan dengan metode pencocokan string menggunakan algoritma Boyer-Moore dengan setiap karakter string merupakan digital numbers yang mewakili pixel yang berlokasi di index tersebut. Berikut adalah ilustrasi pencocokan yang dilakukan per baris search arrays

Baris 1

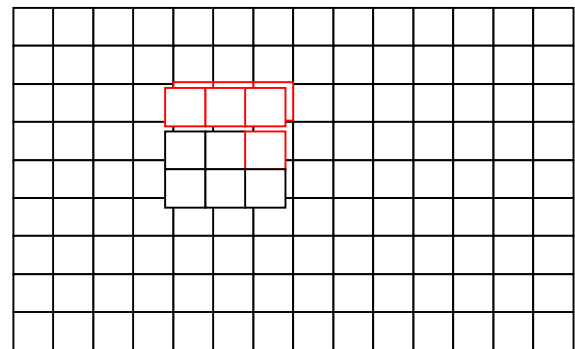


Baris 2



... dan terus sampai semua baris selesai diproses.

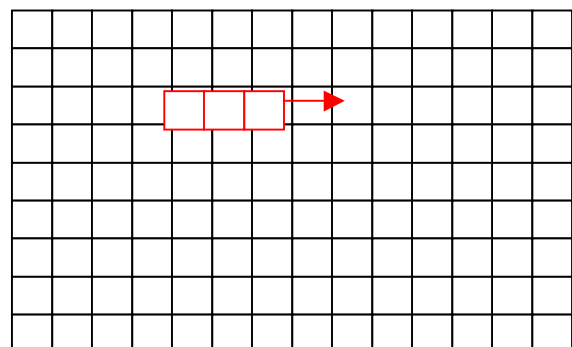
Langkah 3 : Jika sudah bertemu subarrays yang cocok, lakukan pencocokan bagian 2



Keterangan :

- Outline merah pada subarrays acuan (pattern) menandakan sudah cocok dengan text
- Outline hitam pada subarrays acuan (pattern) menandakan belum cocok dengan text

Langkah 4: Jika subarrays bagian 2 belum cocok, lanjutkan pencarian, proses diulang dari langkah 2



## V. KESIMPULAN

Algoritma booyer-moore dapat digunakan dalam kegiatan *digital image matching*. Kelebihan dari penggunaan algoritma ini adalah pencocokan nilai digital numbers dari subarrays yang dijadikan acuan dengan subarrays yang dicari lebih efektif dan efisien. Hal ini disebabkan oleh parameter pencocokan yang jelas dan mudah, serta metode pencarian dari algoritma booyer-moore yang sangat mangkus. Perlu diperhatikan keadaan diatas ini hanya berlaku jika foto udara yang menjadi data awal merupakan foto udara ideal, atau foto udara yang sudah terbebas dari kesalahan. Oleh karena itu, agar proses digital image matching berjalan dengan lebih cepat, input datanya pun sebisa mungkin terus ditingkatkan kualitasnya.

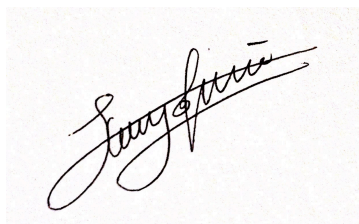
## REFERENCES

- [1] Munir, Rinaldi. 2009. *Diktat Kuliah IF3051 Strategi Algoritma*. Bandung: Program Studi Teknik Informatika.
- [2] I.S.M. International Systemap Corp., 2000. *The Fundamentals of Digital Photogrammetry*, Vancouver, British Columbia, Canada V6E 4A2.
- [3] McGlone, J.C., ed., 2004. *Manual of Photogrammetry, 5<sup>th</sup> ed.*, American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, Maryland 20814, USA, 1151 p.
- [4] Mikhail, E.M., J.S. Bethel, and J.C. McGlone, 2001. *Introduction to Modern Photogrammetry*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 479 p.
- [5] Schenk, T., 1999. *Digital Photogrammetry, vol. I*, TerraScience, OH 43135, USA, 428 p.
- [6] Wolf, P.R., and B.A. Dewitt, 2000. *Elements of Photogrammetry : with Application in GIS, 3<sup>rd</sup> ed.*, McGraw-Hill, New York, 608p.

## 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, 18 Mei 2014



Kanya Paramita - 13512072