

Penerapan Konsep Graf pada Proses Verifikasi Tanda Tangan

Sashi Novitasari/13514027¹

Program Studi Teknik Informatika

Sekolah Teknik Elektro dan Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung 40132, Indonesia

¹13514027@std.stei.itb.ac.id

Abstract—*Graph-matching* atau pencocokan graf merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memeriksa kesamaan dua buah graf berdasarkan pada bobot sisi dan posisi simpul kedua graf. Metode ini dapat digunakan untuk memeriksa keaslian dari sebuah tanda tangan. Pemeriksaan dilakukan dengan cara mengubah tanda tangan menjadi sebuah graf terlebih dahulu berdasarkan titik kritis, kemudian melakukan pencocokan graf antara graf tanda tangan yang diperiksa dan graf tanda tangan yang sudah terdaftar dalam *database*. Pencocokan tersebut dilakukan dengan menggunakan metode Hungaria.

Keywords—pencocokan graf, algoritma Hungaria, tanda tangan, verifikasi.

I. PENDAHULUAN

Tanda tangan merupakan unsur yang sangat penting dalam suatu dokumen yang membutuhkan persetujuan dari pihak-pihak yang terlibat. Tanda tangan merupakan suatu simbol yang ditulis tangan dan dibuat oleh seseorang, serta menandakan identitas dari pembuat tanda tangan tersebut. Tanda tangan setiap individu berbeda dan pembuatannya pun tidak sulit. Oleh karena itu, sejak jaman dahulu, tanda tangan lazim digunakan sebagai tanda persetujuan atau tanda ‘sudah mengetahui’ seseorang terhadap suatu hal yang bersifat mengikat. Contoh penggunaan dari tanda tangan adalah tanda tangan pada cek, surat perjanjian, surat resmi, serta absensi dalam suatu kelas.

Tanda tangan menandakan identitas seseorang. Tanda tangan tidak sepatutnya dipalsukan. Seseorang tidak sepatutnya menuliskan atau memberikan tanda tangan yang bukan milik sendiri. Pemalsuan tanda tangan merupakan permasalahan yang cukup serius karena masalah ini menyangkut pada penyalahgunaan hak, wewenang, dan sebagainya. Pemalsuan tanda tangan tentunya akan merugikan pihak yang tandanya dipalsukan. Contoh dari kasus pemalsuan tanda tangan adalah pemalsuan tanda tangan pada cek bank yang dapat menyebabkan gangguan ekonomi pada orang yang tandanya dipalsukan.

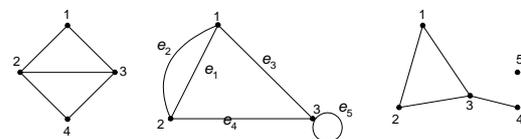
Walau pun sudah terdapat hukum pidana mengenai pemalsuan tanda tangan, aktivitas pemalsuan tersebut

tetap banyak dilakukan. Contoh sederhananya adalah tindakan penitipan absensi kelas kepada teman oleh mahasiswa. Penitipan absen adalah suatu tindakan pemalsuan tanda tangan mahasiswa yang sedang tidak mengikuti kelas, oleh mahasiswa lainnya yang mengikuti kelas.

Keaslian tanda tangan merupakan aspek yang sangat penting dan perlu diperhatikan. Menentukan keaslian dari suatu tanda tangan tidaklah mudah, terutama bagi amatir atau masyarakat umum. Namun, ilmuwan telah mengembangkan berbagai cara untuk menentukan keaslian dari suatu tanda tangan dengan lebih mudah. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode dengan penerapan konsep dari teori graf, yaitu dengan pencocokan graf. Dalam hal ini, tanda tangan akan diubah menjadi graf dan dicocokkan dengan graf tanda tangan yang sudah ada di dalam *database*^[1].

II. LANDASAN TEORI

2.1 Graf



Gambar 1. Graf^[1]

Graf merupakan suatu diagram yang digunakan untuk merepresentasi objek-objek distrit serta hubungan antara objek-objek tersebut^[1]. Graf terdiri atas simpul-simpul yang merepresentasikan objek-objek yang akan dinyakanan relasinya, serta sisi-sisi yang menyatakan relasi antar objek. Pada awal mulanya, konsep graf digunakan seorang matematikawan Swiss, L. Euler, untuk menyelesaikan masalah jembatan Koenigsberg pada tahun 1736.

2.1.1 Definisi Graf

Secara matematis, graf G didefinisikan sebagai

pasangan himpunan dari simpul V dan sisi E , atau dapat ditulis dalam notasi $G = (V, E)$. Himpunan simpul V merupakan himpunan tidak-kosong atau kumpulan dari titik yang membangun sebuah graf. Simpul-simpul tersebut dapat dinyatakan dalam notasi $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_n\}$. Himpunan sisi E merupakan himpunan dari sisi yang menghubungkan sepasang simpul. Sisi-sisi tersebut dapat dinyatakan dalam notasi $E = \{e_1, e_2, e_3, \dots, e_n\}$. Berbeda dengan V yang tidak boleh kosong, E boleh kosong. Graf yang hanya terdiri atas satu buah simpul (tanpa sisi) disebut sebagai graf trivial. Pada umumnya, sisi pada graf hanya menyambungkan sepasang simpul yang berbeda. Namun, terdapat juga jenis sisi yang berawal dan berakhir pada simpul yang sama. Jenis sisi tersebut disebut sebagai sisi gelang atau kalang.

2.1.2 Terminologi Dasar

Dalam teori graf, terdapat beberapa terminologi yang umum digunakan berkaitan dengan graf. Terminologi-terminologi tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Bertetangga (*Adjacent*)
Adjacent sebutan untuk hubungan antara dua buah simpul yang dihubungkan oleh sisi yang sama.
- b. Bersisian (*Incident*)
Incident merupakan sebutan untuk hubungan antara sisi dan simpul yang dihubungkan dengan sisi tersebut.
- c. Simpul Terpencil (*Isolated Vertex*)
Simpul terpencil adalah simpul yang tidak memiliki sisi yang bersisian dengannya.
- d. Graf Kosong (*Null Graph*)
Graf kosong adalah graf yang tidak memiliki sisi atau himpunan sisinya merupakan himpunan kosong.
- e. Derajat (*Degree*)
Pada graf tidak berarah (graf yang sisinya tidak memiliki orientasi arah), derajat dari simpul merupakan jumlah sisi yang bersisian dengan simpul tersebut.
- f. Lintasan (*Path*)
Lintasan merupakan barisan selang-seling antara sisi-sisi dan simpul-simpul yang berbentuk $v_0, e_1, v_1, e_2, \dots, e_n, v_n$, dan menggambarkan lintasan atau jalur simpul-sisi yang harus dilewati dari simpul awal v_0 menuju simpul akhir v_n .
- g. Siklus (*Cycle*) atau Sirkuit (*Circuit*)
Lintasan berawal dan berakhir pada simpul yang sama disebut sebagai siklus atau sirkuit.
- h. Terhubung (*Connected*)
Pada graf, dua buah simpul disebut 'terhubung' bila terdapat lintasan yang menyambungkan atau melewati kedua simpul tersebut.
- i. Upagraf (*Subgraph*) dan Komplemen Upagraf
Dimisalkan terdapat sebuah graf $G = (V, E)$. Graf $G_1 = (V_1, E_1)$ merupakan upagraf dari graf G jika $V_1 \subseteq V$ dan $E_1 \subseteq E$. Komplemen dari upagraf G_1

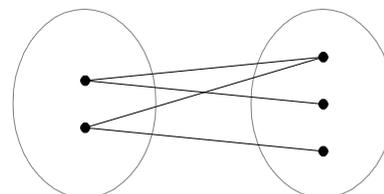
terhadap G adalah graf $G_2 = (V_2, E_2)$ sedemikian sehingga $E_2 = E - E_1$ dan V_2 adalah himpunan dari simpul yang anggota-anggota E_2 bersisian dengannya.

- j. Upagraf Rentan (*Spanning Subgraph*)
Upagraf $G_1 = (V_1, E_1)$ dikatakan upagraf rentan dari $G = (V, E)$ jika $V_1 = V$.
- k. *Cut-Set*
Cut-Set dari graf terhubung G adalah himpunan sisi yang menyebabkan graf G menjadi tidak terhubung bila sisi dibuang.
- l. Graf Berbobot (*Weighted Graph*)
Graf yang setiap sisinya memiliki nilai atau bobot.

2.1.2 Graf Khusus

Terdapat beberapa bentuk atau model graf yang umum digunakan dalam persoalan atau aplikasi graf sederhana. Graf-graf tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Graf Lengkap (*Complete Graph*)
Graf lengkap merupakan graf sederhana yang setiap simpulnya bertetangga dengan semua simpul (kecuali diri sendiri) dalam graf tersebut. Graf lengkap dengan n buah simpul dilambangkan dengan K_n .
- b. Graf Lingkaran
Graf lingkaran merupakan graf sederhana yang setiap simpulnya berderajat dua.
- c. Graf Teratur (*Regular Graph*)
Graf teratur merupakan graf yang setiap simpulnya memiliki derajat yang sama.
- d. Graf Bipartite (*Bipartite Graph*)
Suatu graf G yang himpunan simpulnya dapat dipisah menjadi dua himpunan V_1 dan V_2 sedemikian sehingga setiap sisi pada graf G menghubungkan sebuah simpul di V_1 ke sebuah simpul di V_2 disebut dengan graf bipartite dan dinyatakan dalam notasi $G(V_1, V_2)$.



Gambar 2. Graf bipartit^[1]

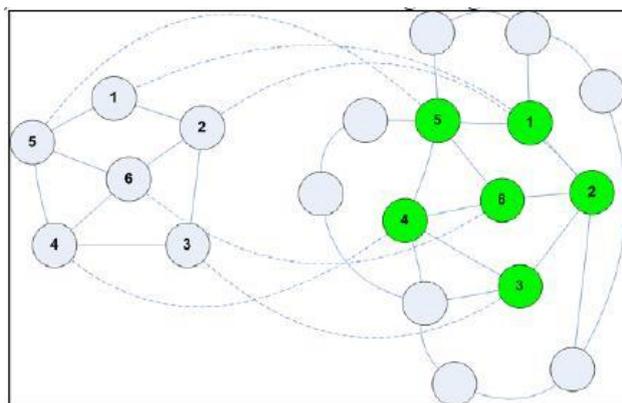
2.2 Pencocokan Graf

Pencocokan graf atau *graph matching* merupakan suatu operasi yang dilakukan untuk memeriksa kecocokkan dua buah graf^[2]. Pencocokan graf umumnya digunakan untuk mengatasi persoalan mengenai pencocokan gambar, *searching*, pengenalan wajah, dan sebagainya.

Misalkan diberikan dua buah graf, yaitu graf $G_1 =$

(V_1, E_1) dan $G_2 = (V_2, E_2)$, yang akan dicocokkan melalui operasi pencocokan graf. Hasil dari pencocokan akan menghasilkan sebuah graf baru, misalkan graf $G = (V, E)$. G adalah graf yang terbentuk atas kecocokan titik-titik V yang dihubungkan oleh garis E .

Pencocokan graf dilakukan dengan cara ‘menimpa’ graf pertama pada graf kedua. Bila seluruh simpul pada graf kedua berhasil ditimpa oleh simpul-simpul yang sesuai dari graf pertama tanpa terjadinya perbedaan letak, maka hal ini disebut sebagai *complete matching*^[2]. Namun, bila terdapat perbedaan letak antara simpul yang bersesuaian pada graf pertama dan kedua, maka akan dicari nilai pergeseran minimumnya. Semakin kecil nilai pergeserannya, maka peluang kecocokannya akan semakin besar. Dalam kasus lainnya, bila seluruh titik pada salah satu graf bercocokkan dengan graf lainnya, namun jumlah simpul pada kedua graf berbeda maka hal ini disebut dengan *matching* sebagian.



Gambar 3. *Matching* sebagian^[2]

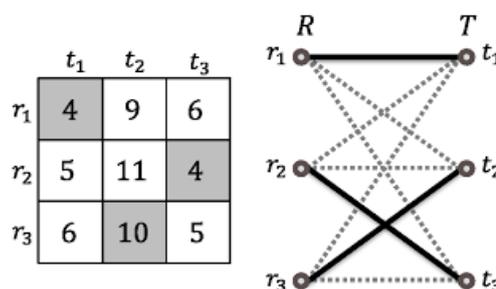
Terdapat beberapa metode untuk melakukan pencocokan graf. Salah satunya adalah pencocokan graf dengan metode Hungaria.

2.2.1 Metode Hungaria

Pencocokan sebuah simpul pada suatu graf dengan sebuah simpul pada graf yang berbeda, atau pencocokan simpul dalam graf bipartit dapat dilakukan dengan menggunakan metode Hungaria. Metode Hungaria atau algoritma Hungaria adalah metode yang ditemukan oleh Harold Kuhn pada tahun 1955, dan dikembangkan oleh James Munkres pada tahun 1957 dengan menggabungkan penemuan matematis dari matematikawan Hungaria, Denes Konig, dan Jenő Egervary^[3]. Pada awal penemuannya, algoritma ini ditujukan untuk menyelesaikan persoalan mengenai penugasan individu terhadap sebuah tugas yang sesuai. Persoalan tersebut dikenal sebagai *assignment problem*. Inti dari metode Hungaria adalah minimisasi. Pada umumnya, metode Hungaria dinyatakan dalam matriks $n \times n$. Dalam hal ini, n adalah jumlah simpul pada graf pertama atau himpunan simpul yang pertama, serta jumlah simpul pada graf kedua himpunan simpul yang pertama.

Berikut adalah langkah-langkah dari operasi dengan metode Hungaria^{[4][5]}:

1. Pengurangan nilai elemen baris dengan nilai terkecil pada baris
Dalam tiap baris, nilai dari setiap elemen kolom dikurangi dengan nilai terkecil pada baris yang sama.
2. Pengurangan nilai elemen kolom dengan nilai terkecil pada kolom
Dalam tiap kolom yang tidak mengandung nilai nol, nilai dari setiap elemen baris dikurangi dengan nilai terkecil pada kolom yang sama.
3. Penutupan seluruh baris atau kolom yang mengandung nilai nol
Jika jumlah baris atau kolom yang ditutup sama dengan total jumlah kolom dan baris, maka pemecahan sudah optimal dan pengerjaan akan dihentikan. Bila tidak, maka algoritma dilanjutkan.
4. Revisi matriks
Sel-sel yang belum ditutup dikurangi dengan nilai terkecil dari sel-sel tersebut, kemudian, menambahkan nilai tersebut pada sel yang ditutup dua kali, yaitu oleh baris dan kolom.
5. Penutupan seluruh baris atau kolom yang mengandung nilai nol dan pencocokan
Setelah seluruh baris dan kolom ditutup, dilakukan kombinasi antara elemen baris-kolom, atau simpul graf pertama dan kedua, yang nilai dari selnya adalah nol. Nilai nol menandakan kedua simpul tersebut saling bertepatan. Pemasangan atau kombinasi yang dilakukan bersifat satu-ke-satu.



Gambar 4. Ilustrasi hasil pencocokan graf dengan menggunakan metode Hungaria^[6]

2.3 Tanda Tangan

Tanda tangan merupakan sebuah tanda atau lambang yang ditulis oleh individu pada dokumen atau pun benda lainnya sebagai penanda pribadi^[7]. Tanda atau lambang tersebut pada umumnya menggambarkan atau menyiratkan nama dari pembuat tanda tangan. Tanda tangan berfungsi untuk mengidentifikasi ciri-ciri penanda tangan yang menjamin kebenaran dari isi dokumen yang

ditanda tanganinya. Pemberian atau keberadaan tanda tangan menjamin bahwa orang yang menandatangani suatu dokumen, telah menyetujui isi dari dokumen tersebut. Dengan ditanda-tanganinya suatu dokumen, maka penanda tangan menerangkan identitas dirinya dan mengakui kebenaran dokumen tersebut.

Dalam dokumen tertentu, seperti dokumen perjanjian, tanpa adanya tanda tangan, suatu perjanjian akan menjadi tidak sah sebagai alat bukti tulisan. Hal tersebut dikarenakan dokumen tidak memenuhi syarat subjektif, yaitu para pihak yang terlibat tidak memberikan persetujuan terhadap isi dari dokumen tersebut [8].



Gambar 5. Tanda tangan Benjamin Franklin^[9]

Tanda tangan pada dasarnya merupakan hasil dari proses menulis. Berbeda dengan tulisan tangan pada umumnya, tanda tangan dihasilkan dari proses menulis cepat yang dapat dimodelkan sebagai gerakan ‘balistik’, yaitu gerakan yang dikontrol tanpa menggunakan umpan-balik dalam sistem saraf motorik dan saraf pusat [10]. Setiap tanda tangan merupakan tulisan tangan, tetapi tulisan tangan belum tentu merupakan tanda tangan. Hal tersebut dikarenakan tanda tangan merupakan bagian dari tulisan tangan yang bersifat khusus sebagai substansi simbolik yang dikandung oleh tulisan tangan.

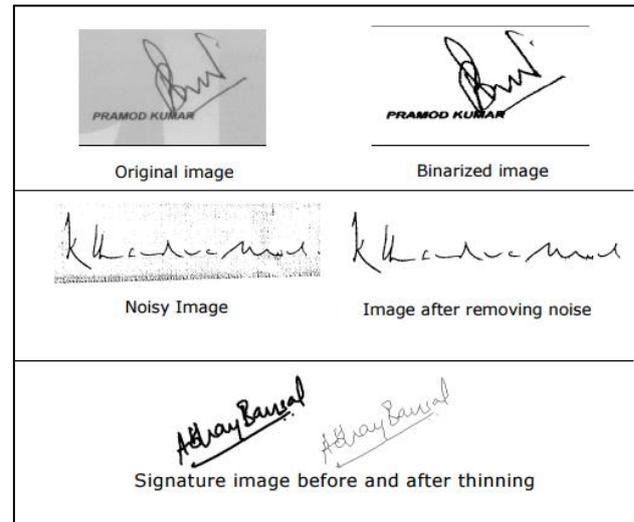
Tanda tangan dari setiap individu memiliki bentuk yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan tanda tangan dipengaruhi oleh berbagai unsur seperti sifat dan lingkungan seseorang. Tanda tangan yang memiliki struktur yang serupa pun pasti memiliki perbedaan seperti intensitas pena yang digunakan untuk menuliskan tanda tangan, sudut belokan dari tanda tangan, dan sebagainya. Hal tersebut berlaku serupa pada pemalsuan tanda tangan.

III. PENERAPAN GRAF DALAM PROSES VERIFIKASI TANDA TANGAN

Identifikasi dan verifikasi tanda tangan secara *offline* dapat dilakukan dengan menerapkan konsep dari graf. Inti dari pemeriksaan tersebut adalah mengubah tanda tangan menjadi sebuah graf dan melakukan perbandingan antara graf tanda tangan yang diperiksa dengan sejumlah graf sampel tanda tangan yang sudah berada didalam *database*. Proses verifikasi dilakukan secara digital. Berikut adalah langkah-langkah dari proses verifikasi tanda tangan dengan menerapkan konsep graf^[11]:

1. Preprocess

Proses ini meliputi proses persiapan tanda tangan yang akan diperiksa. Persiapan tersebut meliputi pemindaian tanda tangan, binarisasi gambar tanda tangan, pembersihan gambar, pemutaran atau rotasi dari gambar untuk meningkatkan akurasi dari pemeriksaan, serta penipisan garis.



Gambar 6. Contoh tanda tangan pada tahap *preprocess*^[11]

2. Pembentukan Graf

Pada proses ini, graf yang akan digunakan untuk proses pencocokan graf akan dibentuk dari tanda tangan yang sudah disiapkan sebelumnya. Graf dibentuk berdasarkan pada titik-titik kritis pada garis yang membentuk tanda tangan. Titik-titik tersebut akan menjadi simpul pada graf. Dalam hal ini, Titik kritis menjadi dasar dalam pembentukan graf karena titik kritis merupakan titik terbaik yang dapat menggambarkan struktur dari tanda tangan [11]. Setiap titik pada garis yang mengalami perubahan arah atau bentuk lekukan, akan dianggap sebagai titik kritis. Titik kritis yang akan menjadi simpul pada graf merupakan titik kritis yang berada pada sisi luar dari garis yang membentuk tanda tangan. Sisi luar yang didefinisikan pada kasus ini adalah sisi pada tanda tangan yang menghadap ke area luar dari tanda tangan, atau sisi yang tidak berhadapan dengan garis dalam lintasan tertutup. Oleh karena itu, proses ini pada akhirnya akan menghasilkan sebuah graf lingkaran. Sebelum proses ini dimulai, suatu operasi untuk menentukan nilai ambang batas kesalahan atau *threshold* dilakukan. Nilai tersebut kelak digunakan sebagai indikator kesahihan dari tanda tangan yang diperiksa. Berikut adalah contoh ilustrasi dari pembentukan graf dari tanda tangan:

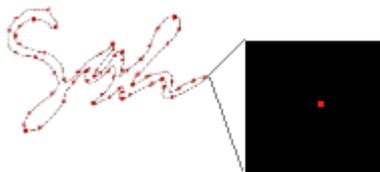


Gambar 6. Graf lingkaran dari sebuah tanda tangan

3. Pemasangan Simpul

Setelah membentuk graf dari tanda tangan, simpul-simpul pada graf tersebut akan dihubungkan dengan simpul-simpul dari graf tanda tangan yang sudah ada di *database*, yang berkoresponden dengan simpul tersebut. Pemasangan ini dilakukan dengan cara memberikan blok hitam 21 x 21 pada setiap titik kritis dengan menjadikan titik kritis sebagai pusatnya. Hal ini dilakukan pada graf tanda tangan yang akan sedang diperiksa maupun graf sampel. Seluruh *pixel* yang berada di dalam sebuah blok akan diset menjadi warna hitam, sedangkan *pixel* yang berada di luar blok akan diset menjadi warna putih.

Dimisalkan tanda tangan yang diperiksa adalah A dengan jumlah titik kritis pada A adalah N_A , dan tanda tangan *database* adalah B dengan jumlah titik kritis pada B adalah N_B . Proses pencarian pasangan titik yang berkoresponden dilakukan dengan cara menimpa A pada B. Penentuan simpul koresponden dilakukan berdasarkan banyaknya *pixel* dalam blok yang tertimpa. Proses ini akan menghasilkan sebuah matriks $N_A \times N_B$. Nilai elemen berisi jumlah *pixel* pada simpul ke j pada B (kolom) yang tertimpa oleh *pixel* pada simpul ke i pada A (baris). Sel dengan nilai tertinggi dalam setiap baris menandakan bahwa titik kritis i dan j, dalam hal ini i adalah simpul pada A dan j adalah simpul pada B, saling berkoresponden.



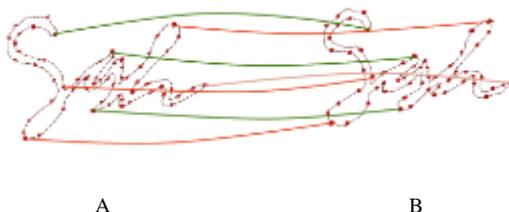
(a)

	1	2	3	...	N_{SigA}
1	118	210	56		0
2	12	32	116		0
3	5	21	23		0
...					
N_{SigB}	0	0	43		281

Figure 10: The Overlap Matrix

(b)

Gambar 7. Titik kritis yang ditutupi oleh blok hitam (a) dan matriks yang menggambarkan hasil pencarian simpul-simpul yang berkoresponden (b)^[11]



Gambar . Simpul pada graf A yang sudah dipasangkan sebagian dengan simpul korespondennya pada graf B.

4. Verifikasi Tanda Tangan dengan Pencocokan Graf

Pada proses verifikasi, pencocokan graf dengan menggunakan metode Hungaria akan dilakukan. Hal tersebut dilaksanakan dengan menentukan area kritis pada setiap simpul yang saling berkoresponden pada kedua tanda tangan. Area kritis merupakan suatu blok berukuran 31 x 31 *pixel* dengan titik kritis sebagai elemen tengah dari area blok tersebut. Setiap area kritis direpresentasikan dengan graf tanpa arah dengan *pixel* yang berwarna hitam sebagai simpulnya.

Setelah menentukan area kritis pada setiap titik kritis, pencocokan graf dilakukan. Pencocokan graf dilakukan untuk mengukur kesamaan dari area kritis yang saling berkoresponden berdasarkan bentuk geometrisnya. Pencocokan dilakukan dengan menggunakan metode Hungaria. Dalam hal ini, matriks jarak berukuran $m \times n$ dibentuk. Pada matriks tersebut, m merepresentasikan simpul pada suatu area kritis pada tanda tangan A, sedangkan n merepresentasikan simpul area kritis pada tanda tangan B. Kedua area kritis tersebut harus saling berkoresponden. Nilai dari setiap elemen matriks berisi nilai dari jarak Euclidean antar simpul-simpul pada area kritis A dan B. Dengan menggunakan metode Hungaria, akan didapat nilai dari jarak minimal antara area kritis A dan B. Nilai tersebut akan dibagi dengan jumlah simpul pada area kritis A untuk mendapatkan jarak rata-rata setiap *pixel*. Setelah itu, nilai hasil operasi dibagi dengan suatu faktor α untuk menentukan persentase dari kecocokan simpul pada area kritis A dan B. Proses ini diulang pada titik kritis lainnya yang memiliki pasangan koresponden sehingga terbentuk sebuah tabel atau daftar dari jarak optimal, dan dibentuk menjadi sebuah vector yang kemudian dibandingkan dengan nilai *threshold*.

Setiap adanya nilai pada vector atau daftar yang memiliki nilai kurang dari *threshold*, nilai kecocokan graf bertambah. Bila jumlah graf yang cocok melebihi 2/3 dari total jumlah graf pada daftar, maka tanda tangan dapat dinyatakan sebagai tanda tangan asli^[11]. Bila pada pengecekan pertama hasilnya tidak dapat dipastikan sebagai tanda tangan yang asli atau masih terdapat kemungkinan bahwa tanda tangan tersebut asli, maka pengecekan akan dilakukan terhadap sampel kedua tanda tangan yang terdapat dalam *database*. Pengecekan dilakukan sampai tanda tangan yang diperiksa dapat dikatakan cocok dengan salah satu sampel tanda tangan, atau sampai tanda tangan sudah mengalami proses pengecekan dengan seluruh sampel yang ada. Bila tanda tangan tidak cocok dengan sampel mana pun atau jumlah kecocokannya kurang dari 2/3 N (dalam hal ini, N adalah jumlah graf dalam daftar), tentunya tanda tangan tersebut tidak dapat dikatakan sebagai tanda tangan yang sama. Bila rata-rata jumlah kecocokan pada setiap pengecekan terhadap seluruh sampel adalah ($N/3 < \text{jumlah kecocokan} < 2/3 N$), maka tanda tangan tersebut dapat dinyatakan

sebagai tanda tangan hasil pemalsuan.

IV. KESIMPULAN

Graf dapat digunakan sebagai dasar untuk memeriksa keaslian dari sebuah tanda tangan. Pemeriksaan yang menerapkan konsep graf adalah pemeriksaan dengan menggunakan metode pencocokan graf. Pada proses tersebut, tanda tangan yang diperiksa direpresentasikan dalam bentuk graf lingkaran terlebih dahulu, kemudian dilakukan pencocokan graf antara graf tanda tangan dengan graf tanda tangan sampel. Teknik pencocokan graf yang digunakan adalah teknik atau metode Hungaria. Metode tersebut pada umumnya digunakan untuk menyelesaikan persoalan *assignment problem*.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat-Nya sehingga makalah ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Ir. Rinaldi Munir, M.T dan Dra Harlili, M.Sc selaku dosen pengajar mata kuliah Matematika Diskrit atas segala bimbingan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis. Selanjutnya, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua sumber serta pihak yang telah memberikan bantuan secara langsung mau pun tidak langsung dalam proses pembuatan makalah. Semoga dengan dibuatnya makalah ini, makalah ini dapat berguna bagi pembaca.

REFERENSI

- [1] Munir, Rinaldi. 2010. *Matematika Diskrit*. Penerbit Informatika.
- [2] Valyasky, Alen, Rimba Whidiana, dan Retno Novi Dayawati. 2009. "Pengecekan Kemiripan Tanda Tangan Menggunakan Metode Pencocokan Graf (Graph Matching)". http://digilib.tes.telkomuniversity.ac.id/index.php?view=article&catid=20%3Ainformatika&id=546%3Agraph-matching&tmpl=component&print=1&page=&option=com_content&Itemid=14 diakses pada Selasa 8 Desember 2015.
- [3] Rahma, Siti. 2010. "Penyelesaian Masalah Assignment (Penugasan) dengan Menggunakan Metode Hungaria". <https://sierra1010.wordpress.com/2010/07/10/penyelesaian-masalah-assignment-penugasan-dengan-menggunakan-metode-hungarian/> diakses pada Selasa 8 Desember 2015.
- [4] Aditrya, Dony. 2013. "Metode Penugasan (Assign Problem) Metode Hungaria". <http://donyaditya.com/2013/03/05/metode-penugasan-assign-problem-metode-hungarian/> diakses pada 8 Desember 2015.
- [5] Anonim. "The Hungarian Algorithm". <http://www.hungarianalgorithm.com/hungarianalgorithm.php> diakses pada Selasa 8 Desember 2015.
- [6] Nam, Changjoo. "Assignment Algorithms for Modeling Resource Contention and Interference in Multi-Robot Task Allocation". <https://sites.google.com/site/changjoonam/research/multi-robot->

[task-allocation-with-interrelated-resources](#) diakses pada Selasa 8 Desember 2015.

- [7] Kamus Besar Bahasa Indonesia. "Tanda Tangan". <http://kbbi.web.id/tanda%20tangan> diakses pada Selasa 8 Desember 2015.
- [8] Legal Akses. "Tanda Tangan Perjanjian". <http://www.legalakses.com/tanda-tangan-perjanjian/> diakses pada Senin 7 Desember 2015.
- [9] Anonim. 2015. "Benjamin Franklin". https://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Franklin diakses pada Senin 7 Desember 2015.
- [10] Djunaidy, Arif, Rully Soelaiman, dan Rita Rusdianah. 2000. "Verifikasi Tanda Tangan Berdasarkan Interpretasi Struktural dari Arah Gerak dan Tekanannya". http://repository.gunadarma.ac.id/1195/1/VERIFIKASI%20TANDA%20TANGAN%20BERDASARKAN%20INTERPRETASI%20STRUKTURAL%20BERDASARKAN%20INTERPEST%20STRUKTURAL%20DARI%20ARAH%20GERAK%20DAN%20TEKANANNYA_UG.pdf diakses pada Senin 7 Desember 2015.
- [11] Abhay Bansal, Prasad Nemmikanti, dan Pramod Kumar, "Offline Signature Verification Using Critical Region Matching", *FGCNS*, 2008, Future Generation Communication and Networking Symposia, International Conference on, Future Generation Communication and Networking Symposia, International Conference on 2008, pp. 115-120, doi:10.1109/FGCNS.2008.55

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, 11 Desember 2015



Sashi Novitasari/13514027