Jurnal of Business and Audit Information System (JBASE) *Vol. 7(No.1): 48 - 57. Th. 2024*
Versi Online: http://journal.ubm.ac.id/index.php/jbase *p-ISSN: 2615-6431*
DOI: dx.doi.org/ 10.30813/jbase.v7i1.5592 *e-ISSN: 2620-7907*

Verifikasi Tanda Tangan Berdasarkan Convex Hull Dengan Algoritma Jarvis March

Signature Verification Based on Convex Hull Using the Jarvis March Algorithm

Stanley Setiawan[1)], Teady Matius Surya Mulyana[2)*]

[1,2] Program Studi Informatika, Universitas Bunda Mulia

Diajukan 20 Januari 2024 / Disetujui 29 Februari 2024

Abstrak

Tanda tangan merupakan lambang nama yang dituliskan dengan tangan oleh orang itu sendiri sebagai penanda pribadi dan umumnya digunakan dalam proses transaksi sebagai sebuah bukti dari identitas seseorang yang akan melakukan transaksi. Jika ada pemalsuan tanda tangan tentunya akan menjadi masalah dan menjadi hal yang merugikan sehingga perlu adanya proses verifikasi tanda tangan untuk menghindari terjadinya pemalsuan tanda tangan. Dalam penelitian ini metode yang digunakan untuk melakukan verifikasi adalah convex hull dengan algoritma Jarvis March dan pengukuran jarak dari setiap sudut convex hull. Tanda tangan akan dijadikan citra digital lalu akan dilakukan *pre-processing* agar citra dapat diproses untuk dicari convex hull-nya dan nilai ini akan dibandingkan sebagai proses verifikasi untuk menentukan keaslian dari tanda tangan. Pada penelitian ini digunakan nilai toleransi dari rata-rata jarak yaitu 90 dalam menentukan keaslian tanda tangan dan didapatkan tingkat keberhasilan 71.4%.

Kata kunci: tanda tangan, verifikasi, convex hull, jarvis march

Abstract

A signature is a name symbol written by hand by the person himself as a personal marker and is generally used in the transaction process as proof of the identity of the person who will carry out the transaction. If there is a forged signature, of course it will be a problem and be detrimental, so it is necessary to have a signature verification process to avoid signature forgery. In this research, the method used to carry out verification is the convex hull with the Jarvis March algorithm and measuring the distance from each corner of the convex hull. The signature will be made into a digital image and then pre-processing will be carried out so that the image can be processed to look for the convex hull and this value will be compared as a verification process to determine the authenticity of the signature. In this study, the tolerance value of the average distance of 90 was used to determine the authenticity of the signature and a success rate of 71.4% was obtained.

Keywords: *Signature, verification, convex hull, Jarvis march*

PENDAHULUAN

Tanda tangan dapat menjadi suatu bukti yang melambangkan identitas dari individu yang melakukan transaksi legal bahwa ia telah menyetujui atau sepakat dengan transaksi tersebut.(Henry Kristian Siburian, 2021) Hal ini akan menyebabkan masalah dan kerugian bila terjadi pemalsuan dalam suatu transaksi baik dalam perbankan maupun instansi lainnya yang melibatkan tanda tangan sebagai bukti pengesahan. Tanda tangan adalah tanda sebagai lambang nama yang dituliskan dengan tangan oleh orang itu sendiri sebagai penanda pribadi (telah menerima dan sebagainya)(Henry Kristian Siburian, 2021; Wirahutama, 2018).

*Korespondensi Penulis:
E-mail: tmulyana@bundamulia.ac.id

Selain itu tanda tangan juga merupakan suatu pernyataan kemauan pembuat tanda tangan (penandatanganan), bahwa ia dengan membubuhkan tanda tangannya di bawah suatu tulisan menghendaki agar tulisan itu dalam hukum dianggap sebagai tulisannya sendiri (si pembuat tanda tangan). Mengenai tanda tangan diatur dalam Kitab Undang-Undang Hukum Perdata (KUH Perdata), khususnya pada Buku Keempat Bab II tentang Pembuktian dengan Tulisan, yaitu pada Pasal 1867 – 1894 KUH Perdata. Pasal 1875 KUH Perdata menjelaskan suatu keabsahan tanda tangan: "Suatu tulisan di bawah tangan yang diakui kebenarannya oleh orang yang dihadapkan kepadanya atau secara hukum dianggap telah dibenarkan olehnya, menimbulkan bukti lengkap seperti suatu akta otentik bagi orang-orang yang menandatanganinya, ahli warisnya serta orang-orang yang mendapat hak dari mereka; ketentuan Pasal 1871 berlaku terhadap tulisan itu"(Putri & M.S., 2024)

Tanda tangan menjadi hal yang sensitif dan rentan terhadap pemalsuan sehingga perlu adanya proses verifikasi untuk mencegah hal tersebut, karena proses verifikasi tentunya sangat penting agar pihak yang bersangkutan merasa aman dalam melakukan transaksi, karena perkembangan teknologi yang pesat maka perlu adanya suatu sistem yang dapat mengenali tanda tangan dengan cepat dan tepat.(Wirahutama, 2018)

Pada penelitian ini proses verifikasi menggunakan pemrosesan citra digital dan pencarian nilai convex hull untuk membandingkan tanda tangan asli dengan tanda tangan yang akan diverifikasi.
Proses verifikasi akan menentukan kemiripan dari tanda tangan asli dengan tanda tangan yang akan dilakukan verifikasi dan dengan proses verifikasi tersebut tanda tangan yang palsu dapat terdeteksi.
Berdasarkan latar belakang masalah yang terdapat dalam skripsi, maka rumusan masalah dirumuskan sebagai Bagaimana tingkat keberhasilan Convex hull dengan Algoritma Jarvis March dalam melakukan proses verifikasi tanda tangan?

Secara intuitif, *convex hull* adalah apa yang didapatkan dengan menancapkan paku ke bidang datar di setiap titik lalu membungkus seutas tali di sekitar paku. Lebih formal, *convex hull* adalah poligon *convex* terkecil yang mengandung poin:(Gamby & Katajainen, 2018)(Guo et al., 2022)(Avis et al., 1997)

- **poligon**: Wilayah di bidang datar yang dibatasi oleh siklus segmen garis, yang disebut tepi, bergabung ujung-ke-ujung dalam satu siklus. Titik di mana dua sisi yang berurutan bertemu disebut simpul.
- ***convex***: Untuk dua titik p dan q di dalam poligon, seluruh segmen garis pq terletak di dalam poligon.
- **terkecil**: Setiap himpunan bagian yang tepat dari *convex hull* mengecualikan setidaknya satu titik dalam P. Ini menyatakan bahwa setiap puncak dari *convex hull* adalah titik di P.

Convex hull juga dapat didefinisikan sebagai poligon *convex* terbesar yang sudutnya adalah semua titik dalam P, atau poligon *convex* unik yang berisi P dan sudutnya adalah semua titik dalam P (Erickson, 2019)

Pada penelitian ini *convex hull* digunakan sebagai perbandingan antara tanda tangan, dengan mencari convex hull dari tanda tangan maka akan didapatkan poligon yang convex dari suatu tanda tangan yang melambangkan bentuk dari tanda tangan tersebut, di mana pengukuran bentuk dapat menghasilkan nilai dimensi fisik yang mencirikan penampilan tanda tangan (Frias-Martinez et al., 2006).(Octariadi, 2020)(Wicaksana & Lufianawati, 2021)

Algoritma yang dipergunakan untuk mencari convex hull pada penelitian ini adalah *Jarvis's March*, juga disebut sebagai algoritma *gift-wrapping*. *Jarvis's March* dimulai dengan menghitung titik paling kiri L (titik yang koordinat x-nya terkecil) titik ini harus menjadi *vertex* (titik puncak) dari *convex hull*.(Jarvis, 1973; Tobing & ., 2020) Algoritma ini dapat dengan jelas menemukan titik ini dalam waktu O(n) (Erickson, 2019).
algoritma ini kemudian melakukan serangkaian langkah pivot untuk menemukan masing-masing *vertex convex hull* berturut-turut, dimulai dengan L dan berlanjut hingga mencapai L lagi. *Vertex* yang langsung mengikuti titik p adalah titik yang muncul terjauh ke kanan untuk titik tumpu yang berdiri di p dan melihat titik-titik lainnya(Rossignol et al., 2024; Yew Tan et al., 2016). Dengan kata lain, jika q adalah simpul yang mengikuti p, dan r adalah titik input lainnya, maka triple p, q, r berada dalam urutan berlawanan arah jarum jam. Algoritma ini dapat menemukan setiap simpul berturut-turut dalam waktu linier dengan melakukan serangkaian tes O(n) berlawanan arah jarum jam.(Cinque & Di Maggio, 2001; Jarvis, 1973)

Karena algoritma ini menghabiskan waktu O(n) untuk setiap *vertex convex hull*, waktu berjalan terburuk adalah O(n2). Jika *convex hull* memiliki sangat sedikit simpul, Jarvis's March sangat cepat. Cara yang lebih baik untuk menulis waktu berjalan adalah O(nh), di mana h adalah jumlah simpul *convex hull*. Dalam kasus terburuk, h = n, dan akan mendapatkan batas waktu O(n2), tetapi dalam kasus terbaik h = 3, dan algoritma ini hanya membutuhkan waktu O(n). Komputasi geometer menyebutnya sebagai algoritma yang berpengaruh terhadap *output*, semakin kecil *output*, semakin cepat algoritma.(Rossignol et al., 2024)

METODE PENELITIAN

Tahapan Algoritma *Jarvis's March* terdiri dari *input* citra awal tanda tangan, melakukan *pre-processing*, pencarian titik extremal, pencarian *convex hull* dan perbandingan nilai *convex hull* dengan menghitung rata-rata dari jarak sudut antara *convex hull*. Tahapan Algoritma ini dimulai dari *input* citra tanda tangan pengguna yang akan digunakan untuk proses verifikasi sebagai data sampel.

Citra tersebut akan diproses dengan *pre-processing* untuk mempersiapkan citra agar menjadi citra biner sehingga *background* dari tanda tangan tidak mengganggu proses perhitungan dan hanya citra dari tanda tangan yang diproses dan juga untuk mempermudah proses.(Mulyana, 2016; Mulyana et al., 2021)

Setelah itu pencarian titik terendah atau titik extremal yaitu *pixel* terluar dari tanda tangan yang akan digunakan sebagai titik tumpu dalam pencarian *Convex Hull*.

Proses selanjutnya yaitu mencari *Convex Hull* dimulai dari titik tumpu dengan mengelilingi citra tersebut dengan arah berlawanan jarum jam antara 3 titik.

Setelah semua titik telah ditemukan maka titik-titik tersebut akan disimpan sebagai data sampel untuk proses verifikasi, setelah itu tanda tangan yang akan dicek diinput dan dilakukan proses yang sama.

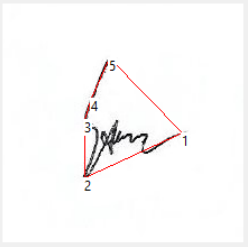
Setelah mendapatkan nilai maka akan dilakukan perbandingan nilai dengan menghitung rata-rata dari jarak sudut antara *convex hull*, jika hasilnya berada di atas batas bawah dan berada di bawah batas atas maka tanda tangan dinyatakan asli tetapi jika sebaliknya maka tanda tangan dinyatakan palsu.

Penerapan Algoritma *Jarvis's March* pada aplikasi ini akan di terapkan pada kasus sebagai berikut dengan mengikuti tahapan-tahapan Algoritma *Jarvis's March* yaitu dari pencarian *convex hull* hingga perbandingan nilai. Berikut merupakan perhitungan contoh kasus dengan data contoh kasus dapat dilihat pada gambar 1.

Gambar 1. Proses Pre-processing

Sebelum citra tanda tangan dapat diproses untuk mencari nilai *convex hull*-nya akan dilakukan *pre-processing* mulai dari mengubah citra menjadi *grayscale* dan dilakukan *thresholding* untuk mengubah citra menjadi citra biner(Mulyana, 2015) sehingga hanya ada warna hitam dan putih, setelah itu proses pencarian *convex hull* akan dilakukan.(Mulyana & Harjoko, 2006)

Vol. 7(No.1): 26 - 36. Th. 2024
p-ISSN: 2615-6431
e-ISSN: 2620-7907



Gambar 2 Convex Hull pada tanda tangan

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa tanda tangan sudah memiliki *convex hull*, dan tanda tangan tersebut memiliki 6 titik yang saling terhubung dan membentuk *convex hull. Contoh* nilai dari titik-titik tersebut yang dapat dilihat pada tabel 1:

Tabel 1 Nilai Convex Hull (Tanda tangan asli)

No	X	Y	Sudut
0	95	48	302.32118257126
1	160	115	46.7336438174448
2	73	155	158.398102496295
3	73	103	269.648989105966
4	79	84	289.914020495832
5	95	48	302.32118257126

Tabel 1 memperlihatkan bahwa titik 0 dan 5 memiliki nilai yang sama dikarenakan pencarian *convex hull* dimulai dari titik awal dan kembali ke titik awal tersebut, kemudian titik ini akan disimpan ke dalam database dan akan digunakan dalam proses verifikasi, selanjutnya adalah proses verifikasi dengan menggunakan tanda tangan yang ingin dicek keasliannya, proses yang dilakukan sama dengan proses pertama yaitu *pre-processing* dan kemudian pencarian *convex hull*, setelah ditemukan nilai *convex hull* dari tanda tangan tersebut kemudian akan dibandingkan dengan nilai *convex hull* yang ada di dalam *database*.

Tabel 2 Nilai Convex Hull (Tanda tangan asli ke-2)

No	X	Y	Sudut
0	83	38	299.899282691718
1	144	122	53.6300577059574
2	137	125	153.596485269862
3	61	141	167.754820504235
4	60	81	270.724531299675
5	66	67	290.889432997117
6	83	38	299.899282691718

Nilai *convex hull* pada tabel 2 merupakan nilai yang didapatkan dari tanda tangan asli yang dibuat pada waktu berbeda, kemudian nilai dari kedua *convex hull* tersebut akan dihitung jarak sudut pada setiap titik hingga titik tertinggi antara kedua nilai *convex hull*, karena *convex hull* pertama memiliki 6 titik dan *convex hull* kedua memiliki 7 titik maka jarak akan dihitung hingga titik ke-7 dan perbandingan jarak dihitung dengan perhitungan seperti pada rumus (1)

Jarak Sudut = *Abs*(Sudut 1 – Sudut 1) + *Abs*(Sudut n – Sudut n) (1)

Perbandingan jarak antara setiap sudut dihitung dengan nilai absolut agar selalu mendapatkan nilai positif seperti yang diperagakan pada Tabel 3.

Tabel 3 Jarak Sudut Convex Hull (asli dengan asli)

No	Jarak
1	2.42189999999999
2	6.89642000000001

3	4.80160999999998
4	101.89417
5	19.18949
6	11.43175
7	299.89928

Kemudian setelah jarak antara sudut sudah dihitung, maka akan dicari nilai rata-ratanya dengan menjumlahkan seluruh jarak tersebut dan membaginya dengan jumlah titik tertinggi

- Rata-rata jarak = Jumlah jarak / Jumlah titik tertinggi
- Rata-rata jarak = 446.53461999999998 / 7
- Rata-rata jarak = 63.7906599

Setelah rata-rata jarak ditemukan maka akan dicek apakah rata-rata jarak tersebut berada di dalam batas toleransi, untuk contoh kasus ini batas toleransi yang digunakan adalah 90, batas tersebut didapatkan dengan melakukan perhitungan pada 7 subjek tanda tangan dengan membandingkan 5 tanda tangan asli kemudian dari 5 subjek tersebut diambil nilai rata-rata terbesar sebagai nilai batas, berdasarkan nilai yang didapat dari perhitungan diatas maka tanda tangan tersebut dinyatakan asli karena berada di dalam batas toleransi yaitu 90.

Proses verifikasi yang dilakukan sama dengan proses sebelumnya yaitu pertama tanda tangan palsu dimasukkan ke dalam aplikasi kemudian dilakukan *pre-processing* setelah itu dilakukan pencarian *convex hull*.

Tabel 3.1 Nilai Convex Hull (Tanda tangan palsu)

No	X	Y	Sudut
0	47	32	320.26595170248
1	128	62	21.0874700709452
2	119	71	137.507877754288
3	84	93	148.490935082906
4	25	112	162.109926170391
5	34	57	278.969656146879
6	44	34	296.981870165811
7	47	32	320.26595170248

Tabel 4 merupakan nilai *convex hull* dari tanda tangan palsu, kemudian nilai tersebut akan dibandingkan dengan nilai tanda tangan asli yang telah disimpan pada database.

Tabel 5 Jarak Sudut Convex Hull (asli dengan palsu)

No	Jarak
1	17.94477
2	25.64617
3	20.89022
4	121.15805
5	127.80409
6	23.35152
7	296.98187
8	320.26595

Setelah itu nilai jarak sudut dari tabel 5 akan dihitung rata-ratanya seperti sebelumnya dengan menggunakan perhitungan yang sama:

- Rata-rata jarak = 954.04264 / 8
- Rata-rata jarak = 119.25533

Berdasarkan nilai rata-rata jarak yang didapatkan maka tanda tangan tersebut dinyatakan palsu karena berada di luar batas yaitu 90.

Gambar 2 memperlihatkan *flowchart* proses verifikasi. Terdapat beberapa tahap dalam melakukan verifikasi tanda tangan, yaitu:

1. Pengguna memasukkan gambar tanda tangan hasil *scan* kedalam program.
2. Program akan melakukan *pre-processing* pada gambar tanda tangan sebelum melanjutkan ke proses selanjutnya.
3. Selanjutnya gambar yang sudah dilakukan *pre-processing* akan dicari *Convex Hull*-nya.
4. Setelah ditemukan nilai *Convex Hull*-nya maka tanda tangan yang sudah disimpan dalam *database* akan dibandingkan dengan tanda tangan baru.
5. Setelah tanda tangan dibandingkan maka akan ditampilkan hasil verifikasi dari tanda tangan tersebut.

Gambar 2 Flowchart Aplikasi

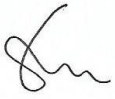
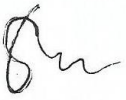
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pengujian akan dilakukan di dalam sistem dengan memasukkan citra tanda tangan uji dan akan dibandingkan dengan tanda tangan asli yang sudah tersimpan di dalam *database*, pengujian akan dilakukan untuk melihat tingkat keberhasilan dari metode *convex hull* dalam proses verifikasi, pengujian dilakukan dengan data uji seperti pada contoh table 6.

Tabel 6. Tabel Data Uji

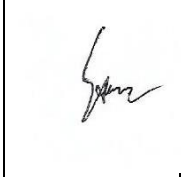
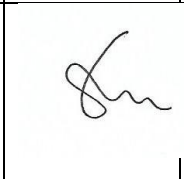
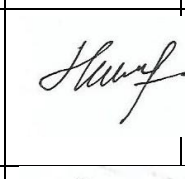
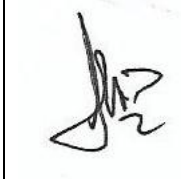
No	Tanda Tangan Asli	Tanda Tangan Uji			
		Asli	Palsu 1	Palsu 2	Palsu 3

Vol. 7(No.1): 26 - 36. Th. 2024
p-ISSN: 2615-6431
e-ISSN: 2620-7907

1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

Data pada tabel 6 merupakan data yang akan digunakan dalam pengujian, pengujian akan dilakukan dengan tanda tangan asli dari pengguna kemudian dibandingkan dengan tanda tangan asli yang dibuat pada waktu yang berbeda kemudian akan dilakukan pengujian untuk 3 tanda tangan palsu yang dibuat oleh orang yang berbeda. Hasil Pengujian dapat dilihat pada Tabel 7

Tabel 7. Tabel Hasil Pengujian

No	Tanda Tangan Asli	Hasil Pengujian							
		Asli	Rata-Rata Jarak	Palsu 1	Rata-Rata Jarak	Palsu 2	Rata-Rata Jarak	Palsu 3	Rata-Rata Jarak
1		B	3.387859999999999	B	150.693266	B	119.25533	S	56.05877
2		B	52.00447	S	13.69911	B	122.653109	B	107.99136666666667
3		B	60.078154545454545	S	46.0876836363636	S	46.6691818181818	B	135.14380823529 4
4		B	13.70068	S	64.56494125	S	54.5129457142857	B	104.8366
5		B	79.12245	B	116.673304545455	S	49.5028977777778	B	155.61739
6		B	85.0162163636364	B	104.420615	B	93.4443145454546	B	135.848342857143
7		B	44.7420485714286	B	155.506435	S	82.6584007142857	B	122.696879285714

Dari 28 kali pengujian dengan 7 subjek didapatkan hasil yang dapat dilihat pada tabel 4.2 dengan nilai toleransi rata-rata jarak yaitu 90 didapatkan 20 tanda tangan diverifikasi dengan benar

sedangkan 8 tanda tangan diverifikasi dengan salah, kesalahan tersebut terjadi pada tanda tangan yang tidak terlalu rumit goresannya sehingga mudah dipalsukan dan pengujian pada tanda tangan yang rumit tidak ada kesalahan verifikasi, hasil pengujian pada sistem ini menghasilkan 71.4% tingkat keberhasilan.

Dilihat dari tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan verifikasi pada tanda tangan dapat dikatakan bahwa proses verifikasi tanda tangan menggunakan *convex hull* dan perbandingan rata-rata jarak cukup efektif dengan tingkat keberhasilan 71.4%, berdasarkan pengamatan penulis tanda tangan yang simpel akan mudah ditiru oleh orang lain dan jika tanda tangan terlalu rumit akan menghasilkan tanda tangan yang tidak konsisten dan hal tersebut menyebabkan perbedaan jarak yang cukup signifikan sehingga hal tersebut dapat menyebabkan kesalahan dalam proses verifikasi.

SIMPULAN

Algoritma *Jarvis's March* dapat diterapkan dalam proses verifikasi tanda tangan dengan tingkat keberhasilan 71.4% berdasarkan 28 kali pengujian mendapatkan 20 hasil pengujian yang berhasil, pencarian fitur *convex hull* dapat digunakan dalam proses verifikasi tanda tangan karena bentuk dari tanda tangan dapat menjadi ciri khas pada tanda tangan sehingga dengan membandingkan sudut antara *convex hull* maka dapat menghitung perbedaan jarak tersebut. Terdapat beberapa kesalahan verifikasi pada beberapa tanda tangan yang tidak terlalu rumit karena perbedaan sudutnya tidak terlalu jauh sehingga menyebabkan tanda tangan yang palsu diverifikasi sebagai asli.

DAFTAR PUSTAKA

Avis, D., Bremner, D., & Seidel, R. (1997). How good are convex hull algorithms? *Computational Geometry*, *7*(5–6), 265–301. https://doi.org/10.1016/S0925-7721(96)00023-5

Cinque, L., & Di Maggio, C. (2001). A BSP realisation of Jarvis' algorithm. *Pattern Recognition Letters*, *22*(2), 147–155. https://doi.org/10.1016/S0167-8655(00)00102-1

Erickson, J. (2019). *Lecturer Note - Computational Geometry Lecture 1: Convex Hulls*. https://jeffe.cs.illinois.edu/teaching/compgeom/notes/01-convexhull.pdf

Frias-Martinez, E., Sanchez, A., & Velez, J. (2006). Support vector machines versus multi-layer perceptrons for efficient off-line signature recognition. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, *19*(6), 693–704. https://doi.org/10.1016/j.engappai.2005.12.006

Gamby, A., & Katajainen, J. (2018). Convex-Hull Algorithms: Implementation, Testing and Experimentation. *Algorithms*, *11*(12), 195. https://doi.org/10.3390/a11120195

Guo, Z., Zhang, X., Liu, C., Ji, X., Jiao, J., & Ye, Q. (2022). Convex-Hull Feature Adaptation for Oriented and Densely Packed Object Detection. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, *32*(8), 5252–5265. https://doi.org/10.1109/TCSVT.2022.3140248

Henry Kristian Siburian. (2021). LEGALITAS TANDA TANGAN ELEKTRONIK DALAM PERJANJIAN JUAL BELI LEWAT MEDIA INTERNET (E-COMMERCE) DITINJAU DARI UNDANG – UNDANG NOMOR. 11 TAHUN 2008 TENTANG INFORMASI DAN TRANSAKSI ELEKTRONIK. *Judge : Jurnal Hukum*, *2*(02), 24–31. https://doi.org/10.54209/judge.v2i02.60

Jarvis, R. A. (1973). On the identification of the convex hull of a finite set of points in the plane. *Information Processing Letters*, *2*(1), 18–21. https://doi.org/10.1016/0020-0190(73)90020-3

Mulyana, Teady. M. S., & Harjoko, A. (2006). A chinese character recognition method based on population matrix and relational database. *Proceedings of 2nd International Conference on Information and Communication Technology Seminar, ICTS 2006*, *1*, 518–523.

Mulyana, T. M. S. (2015). BINARISASI CITRA MENGGUNAKAN PENCOCOKAN PIKSEL. *Jurnal Ilmiah FIFO*, *7*(2), 191. https://doi.org/10.22441/fifo.v7i2.1254

Mulyana, T. M. S. (2016). Reduce noise in the binary image using non linear spatial filtering of mode. *2016 International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS)*, 135–139. https://doi.org/10.1109/ICTS.2016.7910287

Mulyana, T. M. S., Widyaningrum, D., & Herlina, H. (2021). OCR HURUF JAWA DENGAN FITUR KODE RANTAI DAN LEVENSHTEIN DISTANCE. *Network Engineering Research Operation*, *6*(1), 67. https://doi.org/10.21107/nero.v6i1.217

Octariadi, B. C. (2020). PENGENALAN POLA TANDA TANGAN MENGGUNAKAN METODE JARINGAN SYARAF TIRUAN BACKPROPAGATION. *Jurnal Teknoinfo*, *14*(1), 15. https://doi.org/10.33365/jti.v14i1.462

Putri, R. H., & M.S., E. R. (2024). Legalitas Tanda Tangan Elektronik Terhadap Akta Notaris. *Notarius*, *17*(1), 547–564. https://doi.org/10.14710/nts.v17i1.44078

Rossignol, H., Minotakis, M., Cobelli, M., & Sanvito, S. (2024). Machine-Learning-Assisted Construction of Ternary Convex Hull Diagrams. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *64*(6), 1828–1840. https://doi.org/10.1021/acs.jcim.3c01391

Tobing, F. A. T., & . P. (2020). Perbandingan Algoritma Convex Hull: Jarvis March dan Graham Scan. *Ultimatics : Jurnal Teknik Informatika*, *12*(2), 114–117. https://doi.org/10.31937/ti.v12i2.1800

Wicaksana, C. A., & Lufianawati, D. E. T. (2021). Pengenalan Pola Vektor Tanda Tangan Citra Digital Menggunakan Metode Pembagian Wilayah dan Learning Vector Quantization (LVQ). *Setrum : Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, *10*(2). https://doi.org/10.36055/setrum.v10i2.13054

Wirahutama, D. (2018). KECAKAPAN HUKUM DAN LEGALITAS TANDATANGAN SEORANG TERPIDANA DALAM MENANDATANGANI AKTA OTENTIK. *Masalah-Masalah Hukum*, *47*(2), 118. https://doi.org/10.14710/mmh.47.2.2018.118-127

Yew Tan, G., Shen Woun, B., & Ping Wong, Y. (2016). A Hybrid Convex Hull Algorithm for Fingertips Detection. *Indian Journal of Science and Technology*, *9*(28). https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i28/97821