

PERBAIKAN CITRA SIDIK JARI DENGAN MENGUNAKAN PROSES RIDGE REGRESSION

Muhammad Kusban

Staf Pengajar T. Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta

E-mail: muhammadkusban@gmail.com

Abstrak

Teknologi digital dewasa ini memungkinkan dimanipulasinya citra yang terdistorsi sehingga dihasilkan bentuk yang lebih baik. Dalam dunia kedokteran sering menggunakan hasil rontgen atau sinar-X untuk memphoto kondisi tubuh pasien. Dalam bidang keamanan forensik dan keamanan data komputer banyak menggunakan hasil scan sidik jari yang digunakan sebagai identitas diri. Hasil citra digital dari kedua proses tersebut berada dalam bentuk skala keabuan yang seringkali tidak fokus, sehingga hasilnya menjadi kabur dan terdistorsi. Penelitian ini ditekankan pada perbaikan citra digital sidik jari, sehingga diharapkan keluaran citra menjadi lebih jelas secara visual serta upaya menghilangkan pola garis dalam sidik jari yang menumpuk satu dengan lainnya, disamping mengurangi noise (derau) yang terjadi saat pengambilan citra digital berlangsung. Metode yang digunakan meliputi penggunaan algoritma powerlaw dengan nilai gamma sebesar 0.53 dan konstanta 1. Selanjutnya dengan menggunakan proses konvolusi ridge regression untuk mendapatkan nilai deret yang sambung menyambung satu sama lainnya seperti yang ada dalam garis pola sidik jari, guna mempertegas prediksi nilai yang akan terjadi sehingga saat pola garis rusak akan dapat diperbaiki. Dari penelitian yang dilakukan, Hasil rata-rata dari beragam citra sidik jari dengan luasan 312.42×247.08 diperoleh nilai untuk SNR sebesar 4.34 dB dan PSNR sebesar 1.23 dB dengan waktu proses yang diperlukan sebesar 2.87 detik.

Kata Kunci: powerlaw, garis pola, konstanta gamma, ridge regression, SNR, PSNR

PENDAHULUAN

Deteksi sidik jari masih merupakan metode ampuh untuk identifikasi orang dari kecil hingga tua yang memiliki pola sama disamping pertimbangan kepraktisan dan ekonomis. Pemeriksaan sidik jari merupakan pemeriksaan yang paling akurat serta paling tinggi ketepatannya dibandingkan dengan metode lainnya dalam menentukan identitas setiap orang [1]. Saat ini sidik jari masih merupakan bentuk identifikasi yang paling teliti yang digunakan oleh Kepolisian Republik Indonesia [2].

Berbeda dengan identifikasi yang berupa tanda tangan yang sering kali berubah bentuk. Hasil scan citra sidik jari memiliki banyak kelemahan bila dijadikan sumber utama rujukan identifikasi, yaitu bentuk asal citra yang kecil serta noise kerut pola yang ada di dalamnya. Disamping itu adanya garis antar pola yang menyatu satu sama lainnya, dan yang paling umum adalah adanya bagian yang terang/gelap yang menyebabkan citra sidik jari sulit dikenali. Untuk mengatasinya, salah satu metode yang digunakan adalah dengan memperbaiki citra digital dengan metode regresi ridge (ridge regression), yaitu metode dengan menjadikan citra digital tersebut memiliki nilai yang tegas diantara piksel yang berdampingan karena adanya perbedaan tajam akan kecerahan hasil scan. Keuntungan lainnya adalah metode ini dapat digunakan pula untuk menyambung garis pola yang terputus. Perbedaan kecerahan dalam citra dapat disetel nilai kekontrasan yang dikehendaki sehingga terang dan gelap sesuai dengan indera penglihatan (bersifat subjektif). Proses demikian dapat terwujud saat menggunakan proses aplikasi powerlaw dengan nilai konstanta dan gamma yang tepat.

Citra sidik jari dalam ukuran dan kondisi normal secara umum tidak dapat dilihat secara langsung dengan mata telanjang sehingga sering disebut juga dengan sidik jari laten. Sedangkan dalam kehidupan nyata, penemuan sidik jari laten pada barang bukti merupakan salah satu aspek yang paling penting dalam identifikasi tindak pidana, karena secara umum sidik jari merupakan bukti fisik yang paling kuat yang dapat dipaparkan di pengadilan. Pada saat digunakan sebagai sarana identifikasi,

sidik jari memiliki tiga ciri yang akan menjadikan citra sidik jari tersebut memiliki batas kesamaan secara umum yang sama di tiap negara, yaitu:

- a. Sidik jari bersifat unik, karena tidak ada yang sama sidik jari setiap orang diseluruh dunia meskipun orang kembar sekalipun.
- b. Sidik jari bersifat tidak varian, yaitu rincian pola sidik jari tidak berubah sepanjang hidup. Seseorang hanya berubah ukuran besarnya karena mengikuti pertumbuhan individu.
- c. Sidik jari memiliki pola umum yang dapat diklasifikasikan secara sistematis sehingga dapat menggolongkan individu sesuai pola umum yang ada dalam sidik jari tersebut.

Identifikasi forensik merupakan upaya yang dilakukan untuk membantu penyidik menentukan identitas tiap orang, karena bila salah dalam menganalisa identitas akan berakibat fatal dalam proses peradilan. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki tampilan citra digital dari sidik jari untuk dapat tertampil lebih baik secara visual dengan mata telanjang atau tanpa alat khusus. Hasil pembesaran citra selanjutnya disimpan bersama dengan data asli yang nantinya digunakan untuk database identifikasi orang. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat membantu pihak kepolisian guna proses forensik, serta bermanfaat bagi pemerintahan daerah dan pusat dalam menyempurnakan *eKTP* yang saat ini mulai diberlakukan secara nasional.

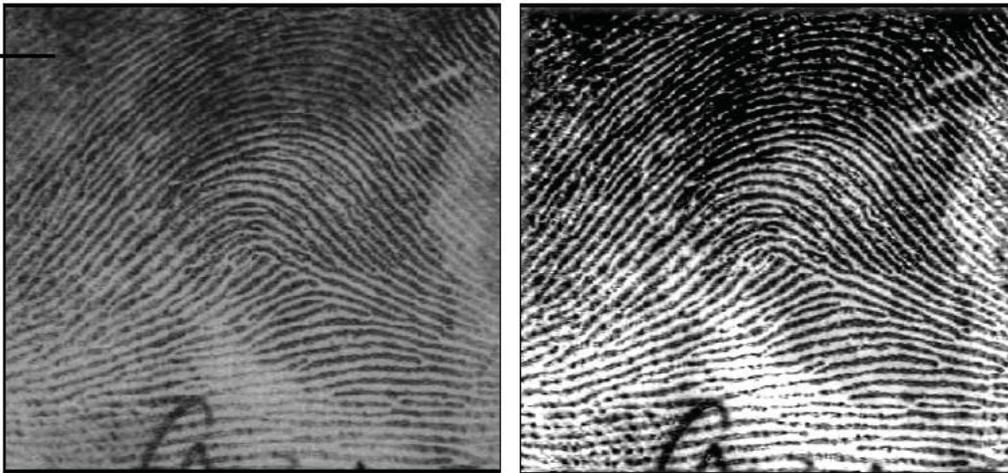
TINJAUAN PUSTAKA

Menurut Kanagalakshmi, guna memperbaiki citra sidik jari digunakan beragam filter untuk menghilangkan *noise* yang ada di dalamnya [3], filter yang digunakan antara lain: *Average Filtering* (AF), *Median Filtering* (MF), dan *Adaptive Weiner Filtering* (AWF). Pendapat Kanagalakshmi tersebut dikuatkan dari hasil penelitian ChenXing [4], dimana dari hasil penelitiannya dengan menggunakan alat *electrocardiogram* (ECG) dalam mendapatkan citra sidik jari, terdapat *error rate* (EER) sebesar 8.7% dari 22 subjek penelitian. Bahkan dari penelitian Xuanbin [5] menyatakan bahwa metode yang umum digunakan untuk memperbaiki tampilan citra sidik jari dengan menggunakan informasi orientasi dan *ridge* masih menghasilkan citra yang terdistorsi. Selanjutnya, menurut Huong dan Nguyen [6], hasil maksimal untuk pencarian citra sidik jari dalam kumpulan database sidik jari dapat dilakukan dengan cara memperbaiki citra di daerah *local point* dibandingkan bila menggunakan perbaikannya dalam kawasan daerah *global*. Meskipun ada kekurangannya, metode identifikasi sidik jari perlu ditambah dengan metode lainnya guna menyempurnakan dan saling melengkapi. Oleh Radha [7], hingga kini metode penggunaan identifikasi sidik jari masih menjadi alat utama disamping penggunaan metode lainnya seperti identifikasi bola mata (*iris*) yang sangat diperlukan untuk melengkapi kepastian keamanan dan privasi *user* dari virus, *malware*, dan *phising* terutama situs di bank dalam sistem jaringan Internet.

Citra sidik jari kadangkala memiliki kualitas gambar buruk sehingga diperlukan algoritma perbaikan citra yang dapat digunakan untuk mengatasi tampilan tersebut seperti tampilan dalam **Gambar 1**. yang memperlihatkan tampilan awal dan setelah proses perbaikan dilakukan. Kejadian tampilan citra sidik jari yang buruk tersebut kemungkinan terjadi karena jari tangan yang kotor, cetak laten yang mungkin terangkat dari permukaan kulit, media akuisisi (kertas kartu atau *livescan*) yang kotor, atau *noise* yang ada selama interaksi jari dengan penginderaan permukaan (seperti adanya selip atau kontak lainnya yang tidak konsisten).

Algoritma perbaikan citra sidik jari ada dua jenis [9] yaitu: **Pertama**, perbaikan dalam cetakan laten (*enhancement of latent prints*) yaitu bentuk citra sidik jari yang rusak atau hanya sebagian yang kelihatan, kemudian digunakan untuk identifikasi citra sidik jari utuh atau citra yang bagus gambarnya terutama digunakan untuk analisa forensik. Daerah perbaikan citra sidik jari tidak kesemuanya, melainkan bagian-bagian tertentu sehingga proses kompresi/dekompresi sering pula digunakan. Perbaikan cetakan laten mencakup penggunaan algoritma pemerataan histogram, *rescaling* citra, perbaikan intensitas antara batas atas (*max*) dan bawah (*min*), konvolusi lokal/global, penggunaan *high pass* filter untuk penyesuaian ketajaman (*sharpening*), dan perbaikan latar belakang (*low pass filter*). **Kedua**, adalah dengan menggunakan algoritma otomatis (*automated enhancement of fingerprint*) yang sering digunakan untuk perbaikan latar belakang secara otomatis sehingga citra tertampil lebih terang dari citra yang aslinya berwarna gelap. Algoritma yang digunakan meliputi penggunaan filter *low pass* untuk menghaluskan citra (*smoothing*) bagian punggung sidik jari serta penggunaan filter *band pass*

yang berfungsi untuk membedakan pengaruh arah ortogonal polanya sehingga didapatkan kualitas citra yang tajam antara punggung sidik jari dengan lembah sidik jari.



Gambar 1. Perbandingan tampilan citra sidik jari sebelum proses dan setelah proses *image enhancement*

Citra digital merupakan representasi biner dari citra dua dimensi berupa elemen nilai berbentuk *array* yang disebut piksel yang memiliki nilai numeris. Secara umum, histogram merupakan perkiraan dari nilai distribusi probabilitas tipe data tertentu. Untuk citra histogram, distribusi probabilitas berupa nilai kecerahan warna yang diukur dari nilai 0 untuk warna gelap hingga nilai 255 untuk warna putih. Bila dipetakan dalam sebuah koordinat, sumbu horisontal mewakili nilai kecerahan 0 – 255 (8 bit), dan sumbu vertikal mewakili nilai frekuensi piksel yang merupakan jumlah piksel yang sama yang muncul di keseluruhan citra. Proses merubah nilai dalam sumbu horisontal dan vertikal untuk mendapatkan bentuk keluaran yang berbeda dari aslinya disebut proses ekualisasi histogram (*histogram equalization*). Ekualisasi histogram dapat diterjemahkan sebagai proses meratakan keseluruhan nilai keabuan citra ke dalam kawasan kecerahan (*brightness*). Cara yang sering digunakan adalah dengan melebarkan nilai intensitas yang berada dalam daerah sumbu horisontal secara penuh sehingga dicapai nilai intensitas kontras dengan nilai maksimum. Cara demikian akan efektif bilamana citra yang akan diproses memiliki tingkat kontras yang berdekatan, yaitu antara warna latar belakang (*background*) dan latar depan (*foreground*) sama, baik keduanya gelap atau keduanya putih. Aplikasi akualisasi histogram merupakan cara langsung meningkatkan perbaikan citra terutama meninggikan nilai kontras dengan cara melebarkan nilai intensitas frekuensi. Terdapat tiga tipe teknik perbaikan citra dengan menggunakan modifikasi nilai piksel yaitu: operasi titik, operasi blok, dan operasi ketetangaan. Operasi titik (*point operation*) – yaitu masing-masing piksel dimodifikasi sesuai dengan rumus tertentu yang bebas satu sama lainnya antar piksel dalam satu citra, operasi blok (*mask operation*) – yaitu operasi citra dari satu piksel ke piksel lainnya dimodifikasi dengan menggunakan blok piksel ketetangaan (*pixel neighbors*), dan operasi global (*global operation*) – yaitu proses modifikasi satu demi satu nilai piksel dengan menggunakan keseluruhan unsur nilai piksel yang ada dalam citra tersebut. Teknik perbaikan citra melalui ekualisasi histogram masuk dalam kategori operasi titik. Karena bersifat operasi titik, maka nilai yang didapat tidak dapat dikembalikan ke nilai semula (*lossy*). Perbaikan citra pada umumnya dapat dilakukan dalam kawasan spasial seperti operasi dalam piksel dan dalam kawasan frekuensi seperti penggunaan *Fourier transform*. Normalisasi fungsi histogram adalah fungsi histogram yang dibagi dengan jumlah piksel citra. Proses normalisasi histogram digunakan bila mendapatkan nilai intensitas histogram merata dalam keseluruhan operasi daerah warna atau daerah keabuan. Proses normalisasi histogram memiliki keuntungan untuk memperbaiki citra yang terdistorsi karena cacat akibat gerakan kamera. Perbedaan nilai sebelum dan setelah histogram dapat dipetakan secara jelas dengan menggunakan metode regresi.

Regresi dalam statistika bermakna yaitu metode hubungan sebab akibat antara satu variabel dengan variabel lainnya. Variabel penyebab disebut variabel bebas (*independent*) atau variabel X sedangkan variabel yang terkena akibat disebut variabel terikat (*dependent*) atau variabel Y. Kegunaan

dari analisa regresi yaitu untuk hitungan prediksi dan ramalan. Beberapa metode yang telah menggunakan analisa regresi diantaranya regresi linier dan kuadrat terkecil (*least square*) yang masuk dalam kelompok regresi parametrik yaitu fungsi regresi dalam lingkup bilangan terbatas (parameter) yang diprediksikan dari data. Sedangkan regresi nonparametrik mengacu kepada teknik fungsi regresi dalam dimensi bilangan tidak terbatas (*infinite*). Dalam persamaan (1) diperlihatkan persamaan fungsi regresi linier.

$$E(Y|X) = \beta_0 + \sum_{i=1}^N \beta_i X_i = f(X) \quad (1)$$

Simbol β menyatakan parameter atau koefesien yang tidak diketahui. Bila dikembangkan dalam notasi matrik untuk persamaan regresi linier dapat dituliskan dalam persamaan (2), (3), dan (4) dengan X adalah input vektor $n \times (p + 1)$, dalam bentuk sebagai berikut.

$$X \equiv \begin{bmatrix} 1 & X_1^T \\ 1 & X_2^T \\ \dots & \dots \\ 1 & X_n^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1p} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 1 & X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{np} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Dan Y adalah n vektor output

$$Y \equiv \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

Dan β merupakan parameter vektor ke (p+1)

$$\beta \equiv \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \dots \\ \beta_p \end{bmatrix} \quad (4)$$

Untuk mencari nilai parameter/koefesien $\hat{\beta}$ di persamaan (5), dilakukan dengan meminimalkan sisa dari jumlah kuadrat persamaan (1).

$$\hat{\beta} = \sum_{i=1}^N \left(Y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p X_{ij} \beta_j \right)^2 = (Y - X\beta)^T (Y - X\beta) \quad (5)$$

Persamaan (5) dikenal juga dengan persamaan *least square*. Nilainya akan tetap berlaku bilamana nilai X adalah bersifat random atau dengan kata lain Y_i tidak tergantung dengan nilai X_i . Untuk menentukan nilai *least square* dalam titik pasti dalam persamaan (6), didapatkan dengan menurunkannya.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \hat{\beta}}{\partial \beta} &= \frac{\partial}{\partial \beta} (-X\beta + Y)^T I_N (-X\beta + Y) \\ &= -X^T I_N (-X\beta + Y) - X^T I_N^T (-X\beta + Y) \\ &= -2X^T (Y - X\beta) \end{aligned} \quad (6)$$

Dengan mencari nilai turunan pertama bernilai 0, maka persamaan (6) dapat ditulis ulang dalam persamaan (7) sebagai berikut.

$$\begin{aligned} X^T Y - X^T X \beta &= 0 \\ X^T X \beta &= X^T Y \\ \beta &= (X^T X)^{-1} X^T Y \end{aligned} \quad (7)$$

Nilai dari persamaan (7) hanya cocok untuk prediksi sedikit input dan output, sehingga bila digunakan untuk banyak input untuk menghasilkan banyak output berakibat adanya penyusutan nilai koefisien β . Nilai yang didapatkan memiliki nilai bias yang kecil dengan varian yang besar sehingga diperlukan model regresi lainnya yang memiliki sifat penggunaan regresor kecil yang memiliki dampak besar. Pemilihan model tersebut didapatkan dengan cara mencari faktor terbesar dari semua nilai input. Terdapat tiga metode yaitu: **Pertama**, metode *best subset regression* dengan cara memiliki ukuran k ($k \in \{0, 1, 2, 3, \dots, p\}$ dengan $p \leq 40$) sehingga didapatkan *least square* menjadi kecil. **Kedua**, metode *forward stepwise selection* dilakukan dengan cara menambahkan nilai parameter dengan rasio terbesar. Dan **ketiga**, metode *backward stepwise selection* dilakukan dengan menghilangkan nilai parameter rasio terkecil. Dari ketiga metode, pemilihan metode pertama banyak digunakan karena dapat ditempuh dengan cara menambahkan batasan sehingga dapat mengurangi koefisien. Dua persamaan yang dapat diperoleh dengan cara penyempurnaan metode *best subset regression* yaitu metode *ridge regression* di persamaan (8) dan metode *Lasso regression* di persamaan (9).

$$\sum_{j=1}^p \beta_j^2 \leq s \quad (8)$$

$$\sum_{j=1}^p |\beta_j| \leq s \quad (9)$$

Dari persamaan (5) dan persamaan (8), didapatkan nilai regresi baru yang tertulis dalam persamaan (10) berikut.

$$\hat{\beta}^{ridge} = \arg \min \left\{ \sum_i \left(Y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p X_{ij} \beta_j \right)^2 + \lambda \sum_{j=1}^p \beta_j^2 \right\} \quad (10)$$

Persamaan (10) dapat ditulis ulang dalam persamaan (11) dengan bentuk hubungan satu-satu antara s dan λ .

$$\hat{\beta}^{ridge} = \arg \min \left\{ \sum \left(Y_i - \beta_0 - \sum_{j=1}^p X_{ij} \beta_j \right)^2 \right\} \text{ dengan } \sum_{j=1}^p \beta_j^2 \leq s \quad (11)$$

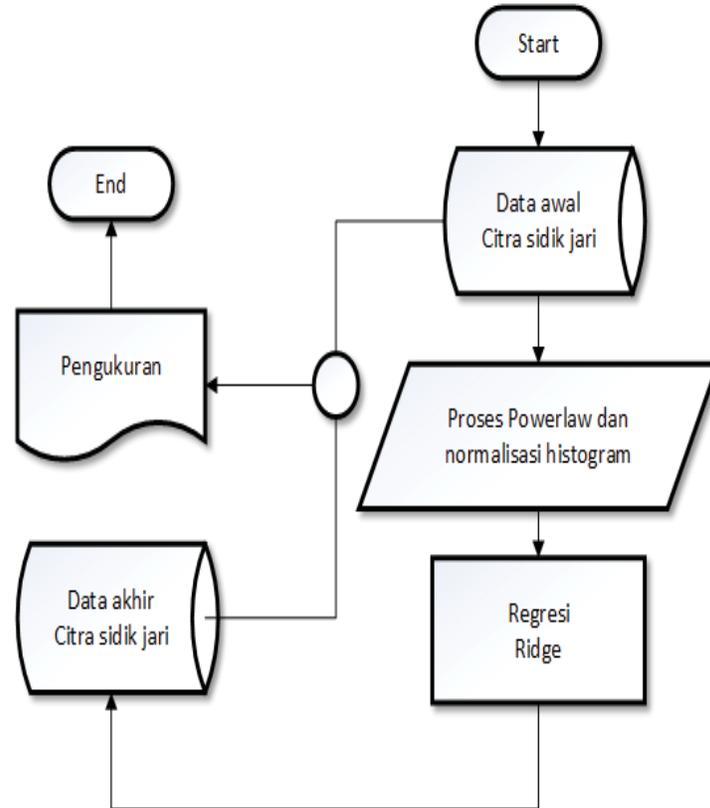
Dengan notasi matrik, persamaan (11) dapat ditulis ulang di persamaan (12).

$$\hat{\beta}^{ridge} = (X^T X + \lambda I)^{-1} X^T Y \quad (12)$$

Ukuran batasan yang ditetapkan dalam persamaan mencegah nilai koefisien berkorelasi dengan nilai varian yang besar.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dalam lingkup program Matlab, dengan terlebih dahulu mengumpulkan data citra sidik jari yang berasal dari Internet. Data citra dirubah ke dalam bentuk warna keabuan yang kemudian dimasukkan dalam alihragam *powerlaw* dengan nilai konstanta 1 dan nilai *gamma* 0.53. Urut-urutan penelitian diperlihatkan dalam **Gambar 2**. berikut.



Gambar 2. Flowchart perbaikan citra sidik jari dengan alihragam *powerlaw* dan regresi *ridge*

- Untuk memudahkan proses, kumpulan data awal citra sidik jari disatukan dalam file dengan ekstensi *.mat* yang kesemuanya dirubah dalam warna keabuan. Pengukuran lama waktu proses dimulai setelah semua citra memiliki kesamaan warna.
- Melalui alihragam *powerlaw* dengan nilai konstanta 1 dan nilai *gamma* 0.53 serta proses normalisasi histogram, setiap citra akan memiliki nilai kecerahan warna yang seimbang dalam setiap pikselnya.
- Proses regresi *ridge* dilakukan dengan menggunakan parameter persamaan $orientasi = \pi/2 + atan2(\sin 2\theta, \cos 2\theta)/2$, dengan $\sin 2\theta, \cos 2\theta$ merupakan sudut sinus dan cosinus yang telah diperhalus tampilannya dengan menggunakan filter *gaussian*. Selanjutnya nilai orientasi yang didapatkan dikonvolusikan lagi dengan menggunakan *ridge filter*, yaitu filter sudut yang mampu meningkatkan tampilan citra saat nilai berubah. Perubahan nilai terjadi karena adanya pengaruh perubahan arah.
- Keluaran citra selanjutnya dibandingkan dengan citra asal untuk menentukan *signal to noise ratio* (SNR), *peak signal to noise ratio* (PSNR), dan waktu proses (T) yang diperlukan untuk setiap proses.

Hasil yang didapatkan kemudian disimpan dalam file berektensi *.JPG* guna untuk kemudahan kompresi serta kemudahan dalam aplikasi bila digunakan untuk proses selanjutnya terutama bila citra tersebut untuk didistribusikan melalui jaringan Internet.

HASIL PENELITIAN

Dengan menggunakan 12 data citra sidik jari dengan ukuran yang bervariasi didapatkan bentuk tampilan dalam **Gambar 3** dan **4** ketika menggunakan proses regresi *ridge*. Sedangkan nilai pengukuran diperoleh nilai SNR, PSNR, dan T seperti yang terlihat dalam **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Nilai pengukuran dalam proses perbaikan citra sidik jari

Citra	Ukuran	SNR (dB)	PSNR (dB)	T (detik)
SidikJari1.jpg	512 x 512	3.37	1.15	6.76
SidikJari2.jpg	160 x 155	3.95	1.15	1.79
SidikJari3.jpg	637 x 431	4.11	1.02	6.51
SidikJari4.jpg	247 x 204	4.42	1.32	2.21
SidikJari5.jpg	270 x 187	5.04	1.31	2.15
SidikJari6.jpg	267 x 189	6.10	1.38	2.06
SidikJari7.jpg	233 x 217	4.01	1.28	2.22
SidikJari8.jpg	237 x 213	3.85	1.29	2.21
SidikJari9.jpg	405 x 270	4.02	1.29	3.12
SidikJari10.jpg	260 x 200	4.35	1.32	2.24
SidikJari11.jpg	253 x 199	4.43	0.97	0.97
SidikJari12.jpg	268 x 188	4.37	1.24	2.17
Rata-rata	312.42 x 247.08	4.34	1.23	2.87



Gambar 3. Citra sidik jari ukuran 260 x 200 dengan A merupakan bentuk asli dan B merupakan bentuk perbaikannya



Gambar 4. Citra sidik jari dengan ukuran 1200 x 753 dengan A untuk citra asli dan B untuk citra perbaikannya

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, ukuran citra sidik jari sangat menentukan waktu proses perbaikan (*image enhancement*). Dalam **Gambar 3**, terlihat citra asli yang buram dengan garis pola yang putus dapat tersambung kembali saat menggunakan proses perbaikan citra. Begitu pula dalam **Gambar 4**. Citra asli dipenuhi dengan blok hitam yang menutup sebagian garis pola. Dengan perbaikan yang dilakukan maka blok dapat dihilangkan dan garis pola terbentuk dengan jelas. Hasil rata-rata dari penelitian, citra dengan luasan 312.42 x 247.08 diperoleh nilai SNR sebesar 4.34 dB dan PSNR sebesar 1.23 dB dengan waktu proses T yang diperlukan sebesar 2.87 detik.

REFERENSI

- [1] http://id.wikipedia.org/wiki/Identifikasi_forensik
- [2] <http://www.metro.polri.go.id/perpus/390-sidik-jari>
- [3] Kanagalakshmi, K., “*Performance evaluation of filters in noise removal of fingerprint image*”, International Conference on Electronics Computer Technology (ICECT), 2011 3rd, 8-10 April 2011.
- [4] ChenXing Zhao, “*Securing handheld devices and fingerprint readers with ECG biometrics*”, IEEE Fifth International Conference on Biometrics: Theory, Applications and Systems (BTAS), 23-27 September 2012.
- [5] Xuanbin Si, “*Detecting fingerprint distortion from a single image*”, International workshop on Information Forensics and Security (WIFS), 2-5 December 2012.
- [6] Huong Thuy, Nguyen Thi., “*An efficient method for fingerprint matching based on local point model*”, International Conference on Computing, Management and Telecommunications (ComManTel) IEEE, 21-24 January 2013.
- [7] Radha, N., “*Securing iris and fingerprint templates using fuzzy vault and symmetric algorithm*”, International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO) IEEE, 4-5 January 2013.
- [8] Karmilasari, Tri Putriyati Permata., *Segmentasi iris mata menggunakan metode deteksi tepi dan operasi morfologi*, Universitas Gunadarma, 21 Januari 2011.
- [9] Kenneth R. Moses, “*Automated fingerprint identification system (AFIS)*”, Elsevier Academic Press, 2005.