

Implementasi Deteksi *Seam Carving* Berdasarkan Perubahan Ukuran Citra Menggunakan *Local Binary Patterns* dan *Support Vector Machine*

Ayu Kardina Sukmawati, Nanik Suciati, Dini Adni Navastara

Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

e-mail: nanik@if.its.ac.id

Abstrak—*Seam carving* adalah metode yang digunakan untuk *content-aware image resizing*. *Seam carving* bertujuan untuk mengubah ukuran citra dengan tidak menghilangkan konten penting pada citra. Dalam bidang forensik digital, *seam carving* banyak dibahas khususnya tentang deteksi *seam carving* pada citra. Hal tersebut bertujuan untuk mengetahui apakah suatu citra sudah pernah melalui proses pengubahan ukuran menggunakan *seam carving* atau belum. Penelitian ini mengusulkan sebuah metode deteksi *seam carving* berdasarkan perubahan ukuran citra menggunakan *Local Binary Patterns* dan *Support Vector Machine*. Citra yang akan dideteksi dihitung variasi teksturnya menggunakan *Local Binary Patterns*. Proses selanjutnya adalah ekstraksi fitur dari distribusi energi yang menghasilkan 24 fitur. Data fitur citra selanjutnya dilakukan proses normalisasi. Uji coba fitur menggunakan *k-fold cross validation* dengan membagi data menjadi *training* dan *testing*. Selanjutnya data tersebut akan memasuki proses klasifikasi menggunakan *Support Vector Machine* dengan kernel *Radial Basis Function*. Uji coba dilakukan terhadap citra asli dan citra *seam carving*. Citra *seam carving* yang digunakan dibedakan berdasarkan skala rasionya yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%. Jumlah data yang digunakan adalah sebanyak 400 citra untuk setiap uji coba pada tiap skala rasio dengan menggunakan *10-fold cross validation*. Rata-rata akurasi terbaik yang dihasilkan sebesar 73,95%.

Kata Kunci—*k-fold cross validation*, *Local Binary Patterns*, *Radial Basis Function*, *seam carving*, *Support Vector Machine*.

I. PENDAHULUAN

CONTENT-AWARE *image resizing* (CAIR) merupakan teknik untuk mengubah ukuran citra dengan mempertimbangkan konten-konten visual dari citra [1]. Pada metode *image resizing* konvensional, konten yang ada pada citra tidak diperhatikan. Hal tersebut akan mempengaruhi *region of interest* (ROI) dari citra dan membuat konten penting dari citra menjadi hilang. Dengan menggunakan CAIR, piksel dari konten yang kurang penting akan dihilangkan dan konten penting dari citra dapat dijaga [2].

Seam carving adalah metode yang digunakan untuk *content-aware image resizing* [3]. *Seam carving* bertujuan untuk mengubah ukuran citra atau *image resizing* dengan tidak

menghilangkan konten penting yang ada pada citra. *Seam carving* sudah banyak diintegrasikan dengan perangkat lunak pemroses citra karena memiliki performa yang baik. Beberapa perangkat lunak dengan *seam carving* antara lain Adobe Photoshop, GIMP, ImageMagic, dan iResizer [4]. Tidak hanya untuk mengubah ukuran citra, *seam carving* juga dapat digunakan untuk *object removal* pada citra.

Dalam bidang forensik digital, *seam carving* telah banyak dibahas dalam beberapa penelitian. Beberapa penelitian tentang *seam carving* adalah deteksi *seam carving* pada citra [4] [5]. Penelitian yang dilakukan berupa pendeteksian hubungan piksel tetangga untuk memperkirakan adanya *seam*. Salah satu metode yang digunakan dalam pendeteksian hubungan piksel tetangga adalah *Local Binary Patterns* (LBP). *Local Binary Patterns* merupakan *visual descriptor* yang digunakan untuk klasifikasi pada visi komputer [6]. Konsep yang ada pada *Local Binary Patterns* adalah membandingkan piksel pusat dengan piksel-piksel tetangga. Pada pendeteksian *seam carving*, LBP digunakan untuk menghitung variasi tekstur selama proses *seam carving* pada citra [4].

Citra hasil penghitungan LBP akan digunakan untuk mengekstraksi fitur-fitur dari distribusi energi. Nilai-nilai dari fitur kemudian akan digunakan pada proses klasifikasi. Proses klasifikasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui apakah citra telah melalui proses *seam carving* (*seam-carved*) atau belum pernah melalui proses *seam carving* (*not-carved*). Salah satu metode klasifikasi yang banyak digunakan adalah *Support Vector Machine* (SVM). *Support Vector Machine* termasuk ke dalam *supervised learning* yang menggunakan *training dataset* untuk membuat prediksi [7].

Penelitian ini akan diterapkan metode *Local Binary Patterns* yang digunakan untuk mendeteksi *seam carving* pada citra yang telah diubah ukurannya. Klasifikasi yang dilakukan adalah menggunakan metode *Support Vector Machine*. Penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap. Langkah pertama, citra yang telah diubah ukurannya menggunakan *seam carving* dan citra asli akan dihitung nilai variasi teksturnya menggunakan *Local Binary Patterns*. Kedua, hasilnya akan digunakan untuk mengekstraksi fitur-fitur dari

distribusi energi. Langkah terakhir, akan dilakukan proses klasifikasi menggunakan *Support Vector Machine* untuk mengetahui kelas dari citra (*seam-carved* atau *not-carved*).

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Seam Carving

Seam carving adalah algoritma yang digunakan untuk *content-aware image resizing* yang dikembangkan oleh Shai Avidan dan Ariel Shamir [3]. *Seam* merupakan jalur vertikal atau horizontal yang menghubungkan piksel. *Seam* yang menghubungkan baris piksel paling atas dan paling bawah disebut *seam* vertikal. Sedangkan *seam* yang menghubungkan kolom piksel paling kiri dan paling kanan disebut *seam* horizontal. Jumlah piksel yang dilalui oleh *seam* sama dengan tinggi citra (untuk *seam* vertikal) dan lebar citra (untuk *seam* horizontal). *Seam* yang memiliki jumlah energi kumulatif paling kecil disebut *optimal seam*. *Carving* berarti memperkecil atau memperbesar piksel yang dilalui oleh *optimal seam*. Teknik *seam carving* adalah teknik menghilangkan piksel yang tidak terlalu mencolok (*unnoticeable*) yang berbaur dengan lingkungannya. Contoh *seam carving* dapat dilihat pada Gambar 1.

Berdasarkan teori yang dikembangkan oleh Shai Avidan dan Ariel Shamir, *seam carving* dapat digunakan untuk memperkecil dan memperbesar citra, menghilangkan objek pada citra, dan lain sebagainya [8]. Proses yang ada pada *seam carving* adalah menghitung energi dari setiap piksel, kemudian dihasilkan *list* dari *seam* yang diurutkan berdasarkan energi. *Seam* yang memiliki energi yang rendah menjadi konten yang kurang penting dari citra. *Seam* dengan energi yang rendah dapat dihitung menggunakan *dynamic programming*. Proses selanjutnya adalah menghapus *seam* yang memiliki energi rendah untuk mengurangi ukuran dari citra.

Seam vertikal s^v dari citra I dengan ukuran $n \times m$ ditunjukkan pada persamaan (1) dimana i dan $col(i)$ merupakan koordinat baris dan koordinat kolom masing-masing.

$$s^v = \{(i, col(i))\}_{i=1}^n, s. t. \forall i, |col(i) - col(i - 1)| \leq 1 \quad (1)$$

Pada saat penghapusan *seam* yang mempunyai energi rendah, konten citra yang penting tetap dipertahankan selama proses *resizing*. Untuk itu, energi dari setiap piksel dapat dihitung dengan fungsi energi e sesuai dengan persamaan (2) dimana $\frac{\partial}{\partial x}$ dan $\frac{\partial}{\partial y}$ adalah turunan terhadap baris dan kolom.

$$e(I) = \left| \frac{\partial}{\partial x} I \right| + \left| \frac{\partial}{\partial y} I \right| \quad (2)$$

Dari fungsi energi e setiap piksel pada persamaan (2), energi dari *seam* vertikal $E(s)$ dapat dihitung menggunakan persamaan (3).

$$E(s) = \sum_{i=1}^n e(i, col(i)), s. t. \forall i, |col(i) - col(i - 1)| \leq 1 \quad (3)$$

Seam vertikal dengan *path* energi terendah $s^* = \min E(s)$ yang didapatkan menggunakan *dynamic programming* dengan relasi *recurrence M* dihitung dengan persamaan (4).

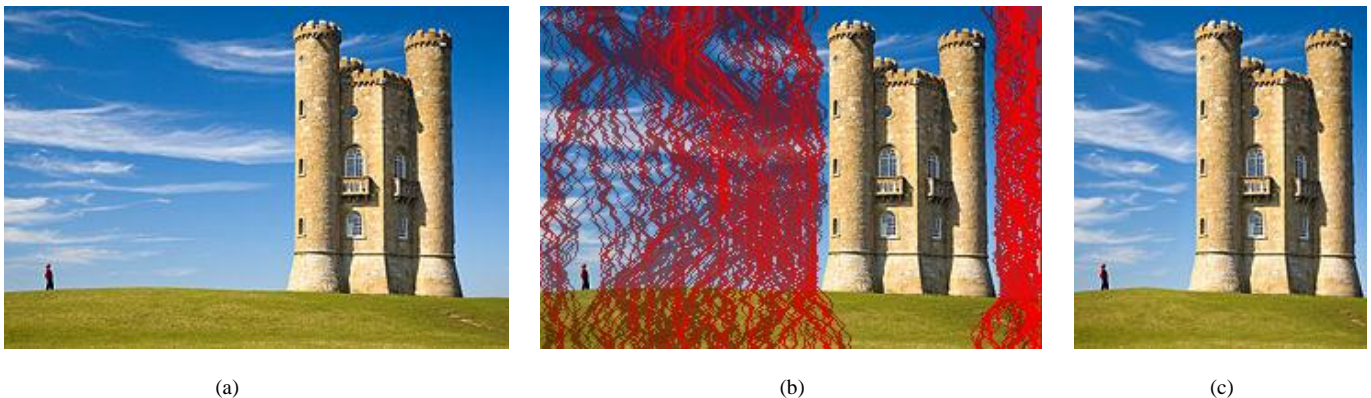
$$M(i, j) = e(i, j) + \min (M(i - 1, j - 1), M(i - 1, j), M(i - 1, j + 1)) \quad (4)$$

Setelah menghitung nilai energi kumulatif minimum M untuk semua kemungkinan *seam*, *seam* dengan energi terendah s^* ditemukan dari nilai terendah pada baris terakhir pada matriks M . Energi terendah selanjutnya digunakan untuk proses penghapusan *seam* tanpa menghilangkan konten penting dalam citra.

B. Local Binary Patterns

Local Binary Patterns (LBP) merupakan *visual descriptor* yang digunakan untuk klasifikasi pada visi komputer [6]. LBP pertama kali dijelaskan pada tahun 1994 dan menjadi fitur yang kuat untuk klasifikasi tekstur. Konsep dari LBP adalah untuk meringkas tekstur lokal pada sebuah citra dengan membandingkan setiap piksel dengan tetangganya. Contoh citra hasil LBP dapat dilihat pada Gambar 2.

LBP dihitung dengan mengambil nilai piksel pusat yang dibandingkan dengan piksel tetangganya. Apabila piksel tetangganya memiliki nilai piksel yang lebih tinggi dari piksel pusat, maka akan diberi nilai *threshold* 1 dan diberi nilai 0 untuk sebaliknya. Untuk menghitung nilai LBP, dilakukan pemberian bobot seperti menghitung bilangan biner menjadi



Gambar 1. *Content-aware Image Resizing* Menggunakan *Seam Carving*: (a) Citra Asli, (b) Citra Asli dengan *Seam* Vertikal, dan (c) Citra Setelah Proses *Seam Carving* [3].



Gambar 2. Contoh Citra Hasil LBP: (a) Citra Asli dan (b) Citra Hasil LBP.

desimal. Diketahui bahwa g_c adalah nilai piksel pusat, g_p adalah nilai piksel tetangganya, P adalah jumlah tetangga, dan R adalah radius dari tetangga. Sehingga nilai *threshold* dalam LBP dapat dihitung menggunakan persamaan (5).

$$LBP_{P,R} = \sum_{p=0}^{P-1} s(g_p - g_c) 2^p, s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Pada pendeteksian *seam carving*, LBP digunakan untuk menghitung variasi tekstur selama proses *seam carving* pada citra [4]. Pada saat *seam* vertikal dihapus, semua piksel yang berada pada sisi kanan akan bergeser ke kiri untuk menempati bagian *path* yang dihapus. Piksel yang bersebelahan dengan *seam* akan mengalami perubahan nilai piksel tetangga. Oleh sebab itu, nilai LBP juga akan mengalami perubahan dari citra yang asli (sebelum mengalami proses *seam carving*). Contoh pengaruh LBP untuk penghapusan piksel ditunjukkan pada Gambar 3.

C. Ekstraksi Fitur dari Distribusi Energi

Ekstraksi fitur dari distribusi energi dibagi menjadi empat macam, yaitu berdasarkan energi kumulatif minimum, berdasarkan energi rata-rata, berdasarkan energi *seam* horizontal dan vertikal, serta berdasarkan *noise level*. Fitur yang dihasilkan oleh ekstraksi fitur dari distribusi energi berjumlah 24 fitur. Fitur-fitur terdiri atas 6 fitur berdasarkan energi kumulatif minimum, 4 fitur berdasarkan energi rata-

rata, 10 fitur berdasarkan energi *seam* horizontal dan vertikal, dan 4 fitur berdasarkan *noise level*.

1) Berdasarkan Energi Kumulatif Minimum

Fitur berdasarkan energi kumulatif minimum didasarkan pada *half-seam* daripada keseluruhan *seam*. Perbandingan hasil *seam* dari setengah bagian dari citra dan seluruh bagian dari citra dijelaskan bahwa *path* dengan energi terendah dari sebuah citra bukan merupakan energi terendah dari setengah bagian citra. Hal tersebut menandakan bahwa artefak lokal terlihat dengan jelas pada bagian atas citra. Energi berdasarkan energi kumulatif minimum digunakan untuk mengukur artefak lokal dari citra.

Fitur berdasarkan energi kumulatif minimum dihitung menggunakan matriks energi kumulatif minimum M pada setengah bagian dari citra yang sudah dijelaskan pada persamaan (4). Fitur yang terbentuk berjumlah 6 fitur dengan nilai statistik yaitu *min*, *max*, dan *mean* yang dihitung dari baris dan kolom.

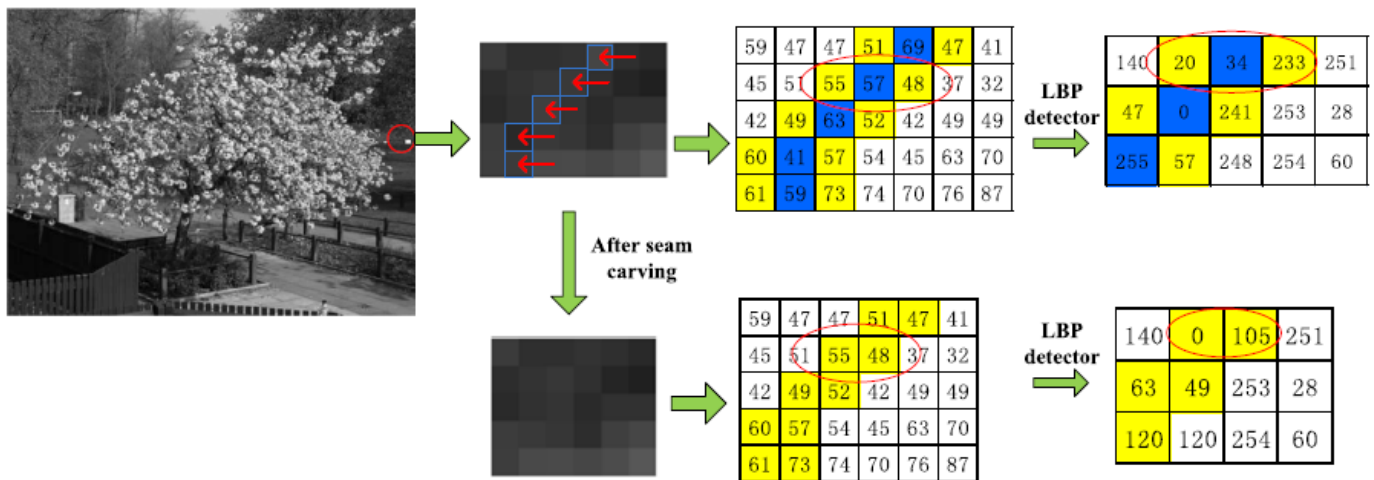
2) Berdasarkan Energi Rata-Rata

Ketika dilakukan proses *seam carving* pada citra, energi rata-rata pada citra tersebut akan bertambah. Energi rata-rata pada baris dan kolom dari citra akan dihitung meskipun proses *seam carving* menghapus piksel pada baris atau kolom. Fitur berdasarkan energi rata-rata meliputi energi pada baris dan kolom. Selain itu, selisih antara energi pada baris dan kolom akan memberikan perbedaan yang signifikan pada citra asli dan citra *seam carved*.

Fitur berdasarkan energi rata-rata dihitung menggunakan fungsi energi e yang sudah dijelaskan pada persamaan (2). Fitur yang terbentuk berjumlah 4 fitur yang terdiri dari energi rata-rata kolom, energi rata-rata baris, energi rata-rata, dan selisih dari energi rata-rata.

3) Berdasarkan Energi Seam Horizontal dan Vertikal

Citra yang sudah dilakukan proses *seam carving* akan memiliki nilai energi pada *seam* yang lebih tinggi daripada *seam* pada citra asli dengan probabilitas yang tinggi. Sama



Gambar 3. Contoh Pengaruh LBP untuk Penghapusan Piksel [4].

seperti fitur berdasarkan energi rata-rata, selisih antara energi pada *seam* horizontal dan vertikal akan memiliki perbedaan yang signifikan pada citra *seam carved* dan citra asli. Fitur berdasarkan energi *seam* horizontal dan vertikal dihitung menggunakan matriks energi kumulatif minimum M pada seluruh bagian dari citra yang sudah dijelaskan pada persamaan (2.4). Fitur yang terbentuk berjumlah 10 fitur yang terdiri dari nilai *min*, *max*, *mean*, *standard deviation*, dan *difference* pada *seam* vertikal dan horizontal.

4) Berdasarkan Noise Level

Proses *seam carving* juga mempengaruhi *noise level* dari sebuah citra karena secara umum prosesnya akan menghilangkan daerah yang *flat*. Oleh sebab itu, *noise level* akan berpengaruh terhadap sebuah citra *seam carving* Untuk menghitung *noise level* dari citra I , citra tersebut akan diproses menggunakan *Wiener filter* yang dilambangkan dengan F . *Noise* dari sebuah citra dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (6) di bawah ini.

$$N = I - F(I) \tag{6}$$

Fitur yang terbentuk berdasarkan *noise level* berjumlah 4 fitur. Fitur tersebut adalah *mean*, *standard deviation*, *skewness*, dan *kurtosis*.

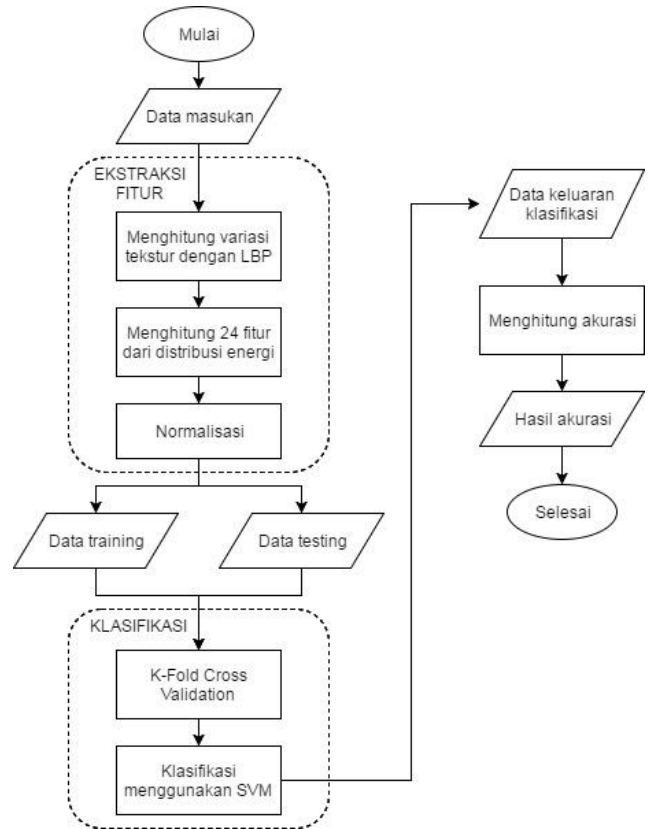
III. METODE PENELITIAN

A. Desain Umum Sistem

Rancangan bangun perangkat lunak yang akan dibuat adalah implementasi deteksi *seam carving* berdasarkan perubahan ukuran citra menggunakan *Local Binary Patterns* dan *Support Vector Machine*. Proses pertama yang dilakukan sistem yaitu menghitung variasi tekstur dari citra menggunakan *Local Binary Patterns*. Tahapan selanjutnya adalah proses ekstraksi fitur untuk mendapatkan fitur dari distribusinya. Fitur yang dihasilkan dibagi berdasarkan energi minimum kumulatif, energi rata-rata, energi *seam* horizontal dan vertikal, dan *noise level*. Fitur berdasarkan *noise level* didapatkan dengan menggunakan *Wiener filter*. Total fitur yang dihasilkan adalah 24 fitur, yaitu 6 fitur berdasarkan energi minimum kumulatif, 6 fitur berdasarkan energi rata-rata, 10 fitur berdasarkan energi *seam* horizontal dan vertikal, dan 4 fitur berdasarkan *noise level*. Fitur-fitur yang telah dihasilkan akan dihitung nilai minimum dan maksimum dari setiap fitur dalam satu kolom dan kemudian menghapus kolom tersebut jika memiliki nilai minimum dan maksimum yang sama. Penghapusan kolom dilakukan untuk menghindari nilai *infinity* ketika proses normalisasi.

Fitur-fitur yang sudah dihapus beberapa nilainya kemudian akan dilakukan proses normalisasi untuk menyamakan rentang nilai dari fitur. Fitur yang sudah dinormalisasi akan masuk ke dalam proses klasifikasi. Klasifikasi yang dilakukan menggunakan metode *Support Vector Machine* dengan *Radial Basis Function* sebagai kernelnya dan *k-fold cross validation* untuk menguji kinerja klasifikasinya. Keseluruhan proses dari

perangkat lunak implementasi deteksi *seam carving* berdasarkan perubahan ukuran citra menggunakan *Local Binary Patterns* dan *Support Vector Machine* dapat dilihat



Gambar 4. Diagram Alir Proses Deteksi *Seam Carving*.
pada Gambar 4.



Gambar 5. Diagram Alir LBP.

B. Penghitungan Local Binary Patterns

Local Binary Patterns (LBP) merupakan operator tekstur yang sederhana dan efisien yang digunakan untuk analisis tekstur. Pada pendeteksian *seam carving*, LBP digunakan untuk menghitung variasi tekstur selama proses *seam carving* pada citra. Pada saat *seam* vertikal dihapus, semua piksel yang berada pada sisi kanan *seam* akan bergeser ke kiri. Piksel yang bersebelahan dengan *seam* akan mengalami perubahan nilai piksel tetangga. Hal tersebut akan berpengaruh pada nilai LBP.

LBP dihitung dengan cara membandingkan nilai piksel pusat dengan piksel tetangganya. Apabila nilai piksel tetangganya lebih tinggi atau sama dengan piksel pusat, akan diberi nilai *threshold* 1 dan nilai 0 untuk sebaliknya. Pada studi ini, matiks piksel dari citra akan dibagi menjadi *window* dengan ukuran 3x3 sehingga memiliki 8 ketetangga. Penghitungan LBP dari citra dapat menggunakan persamaan (2.5). Secara garis besar, proses penghitungan LBP dapat dilihat pada Gambar 5.

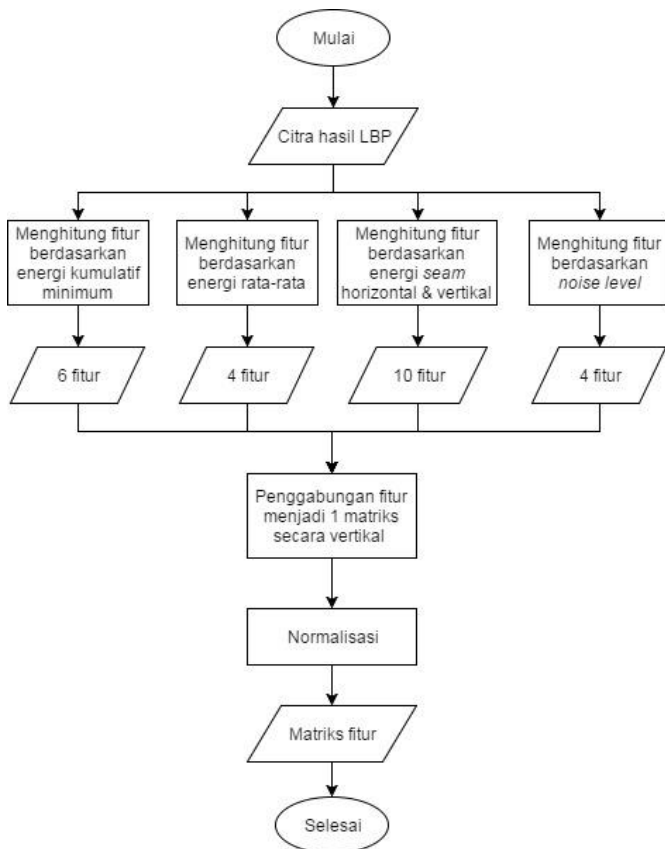
C. Penghitungan Ekstraksi Fitur dan Distribusi Energi dan Normalisasi

Pada tahap ini, data masukan yaitu citra yang sudah dilakukan proses LBP dan total fitur yang terbentuk adalah 24 fitur. Fitur tersebut dibagi menjadi 4 macam, yaitu berdasarkan energi kumulatif minimum, energi rata-rata, *seam* vertikal dan horizontal, serta *noise level*. Fitur berdasarkan energi kumulatif minimum ada 6 macam, fitur berdasarkan energi rata-rata terdapat 4 macam, fitur berdasarkan energi *seam*

horizontal dan vertikal ada 10 macam, dan fitur berdasarkan *noise level* ada 4 macam. Digram alir proses ekstraksi fitur dapat dilihat pada Gambar 6.

Dalam menghitung fitur berdasarkan energi rata-rata membutuhkan fungsi energi e yang terdapat pada persamaan (2). Sedangkan fitur berdasarkan energi kumulatif minimum diperlukan penghitungan matriks energi kumulatif minimum dari 50% bagian dari citra dan fitur berdasarkan *seam* horizontal dan vertikal memerlukan matriks energi kumulatif minimum M dari seluruh bagian citra dengan menggunakan persamaan (4). Sebelum menghitung fitur berdasarkan *noise level*, citra masukan berupa citra hasil LBP akan diproses menggunakan *Wiener filter* dan hasilnya akan dihitung menggunakan persamaan (6) untuk mendapatkan *noise* dan digunakan untuk menghitung fitur berdasarkan *noise level*.

Setelah menghitung hasil dari masing-masing fitur berdasarkan energi kumulatif minimum, energi rata-rata, energi *seam* horizontal dan vertikal, dan *noise level*, fitur-fitur tersebut akan digabungkan secara vertikal menjadi satu matriks fitur. Matriks yang terbentuk akan memiliki ukuran $nx24$ dimana n adalah jumlah citra. Kemudian pada kolom terakhir akan ditambahkan label kelas dari citra. Citra asli akan memiliki label kelas -1 dan citra *seam carving* memiliki label kelas 1. Selanjutnya, matriks dengan ukuran $nx25$ tersebut akan menjadi data masukan untuk proses normalisasi. Nilai dari fitur pada setiap kolom kemudian dihitung nilai minimum dan maksimumnya. Selanjutnya, kolom akan dihapus jika memiliki nilai minimum dan maksimum yang sama untuk menghindari nilai *infinite* pada saat normalisasi. Nilai dari fitur pada matriks yang sudah dihapus beberapa datanya akan dinormalisasi agar memiliki rentang nilai yang sama.



Gambar 6. Diagram Alir Ekstraksi Fitur.

IV. UJI COBA DAN PEMBAHASAN

A. Data Uji Coba

Data yang digunakan untuk uji coba pada deteksi *seam carving* adalah UCID Image Database yang telah diproses menggunakan *seam carving*. Data citra yang digunakan memiliki total 1200 citra yang terdiri dari 200 citra asli dan 1000 citra *seam carving*. Citra *seam carving* dibagi menjadi 5 skala rasio yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% dimana masing-masing skala rasio memiliki jumlah citra sebanyak 200.

Selanjutnya, 400 citra yang terdiri dari 200 citra asli (kelas -1) dan 200 citra *seam carving* (kelas 1) dari setiap skala rasio akan digunakan untuk proses klasifikasi. Metode yang digunakan untuk membuat model klasifikasi adalah *k-fold cross validation* dengan jumlah k yang digunakan adalah delapan buah. Data dari kelas -1 dan kelas 1 akan dibagi menjadi *10-fold* dengan jumlah sama.

B. Uji Coba Pengaruh Fitur terhadap Performa Klasifikasi

Uji coba yang dilakukan adalah dengan membedakan jumlah fitur berdasarkan jenisnya. Uji coba dilakukan sebanyak 5 kali dengan rincian menggunakan fitur lengkap, menghilangkan fitur berdasarkan energi rata-rata,

menghilangkan fitur berdasarkan energi kumulatif minimum, menghilangkan fitur berdasarkan energi *seam*, dan menghilangkan fitur berdasarkan *noise level*. Uji coba dilakukan untuk mengetahui pengaruh fitur jenis tertentu pada proses deteksi *seam carving* pada citra. Hasil uji coba dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1.
Hasil Uji Coba Pengaruh Fitur terhadap Performa Klasifikasi

Skala Rasio	Lengkap	Tanpa Energi Rata-Rata	Tanpa Energi Kumulatif Minimum	Tanpa Energi <i>Seam</i>	Tanpa <i>Noise Level</i>
10%	59,50	57,67	61,83	51,50	53,50
20%	73,42	73,33	72,67	57,00	72,00
30%	70,08	68,58	68,50	64,00	63,50
40%	79,92	78,42	79,58	68,92	74,75
50%	86,83	84,50	86,83	76,42	84,00
Rata-rata	73,95	72,5	73,88	63,57	69,55

Hasil uji coba pada Tabel 1 menggunakan jumlah data sebanyak 400 citra untuk setiap skala rasionya dan 10-*fold cross validation* yang dilakukan sebanyak 3 kali *running* untuk setiap uji coba. Tabel 1 menunjukkan rata-rata akurasi dari 3 kali *running*. Berdasarkan tabel tersebut, dapat dilihat bahwa rata-rata akurasi tertinggi didapatkan ketika menggunakan fitur yang lengkap yaitu sebesar 73,95%. Hal tersebut berarti bahwa kelengkapan fitur penting untuk mendapatkan hasil performa yang baik. Rata-rata akurasi tertinggi untuk setiap uji coba didapatkan dengan menggunakan citra *seam carving* dengan skala rasio 50%. Hal tersebut menandakan bahwa besarnya skala rasio citra *seam carving* akan berpengaruh pada tingkat akurasi pada proses deteksi *seam carving*. Selain itu, didapatkan juga bahwa fitur yang paling penting adalah fitur berdasarkan energi *seam* karena akurasi yang didapatkan adalah paling rendah jika dibandingkan dengan menghilangkan jenis fitur yang lain yaitu sebesar 63,57%. Sedangkan fitur yang tidak terlalu berpengaruh terhadap akurasi adalah fitur berdasarkan energi kumulatif minimum.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari uji coba dan evaluasi adalah sebagai berikut:

1. Metode *Local Binary Patterns* dan *Support Vector Machine* yang digunakan untuk deteksi *seam carving* berdasarkan perubahan ukuran citra memiliki hasil rata-rata akurasi tertinggi sebesar 73,95 %.
2. Berdasarkan hasil uji coba, akurasi tertinggi yang didapatkan yaitu 86,83% dengan menggunakan data sebanyak 400 citra dengan skala rasio *seam carving* sebesar 50% dan menggunakan 10-*fold cross validation*.
3. Rata-rata akurasi terendah adalah sebesar 63,57% yang didapatkan dengan menghilangkan fitur berdasarkan energi *seam* horizontal dan vertikal.
4. Fitur yang memiliki pengaruh besar terhadap hasil akurasi dari klasifikasi adalah fitur berdasarkan energi *seam* horizontal dan vertikal, sedangkan fitur yang kurang memiliki pengaruh besar terhadap hasil akurasi adalah fitur berdasarkan energi kumulatif minimum.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Battiato, G. M. Farinella, G. Puglisi, dan D. Ravi, "Content-aware image resizing with seam selection based on Gradient Vector Flow," in *2012 19th IEEE International Conference on Image Processing*, 2012, hal. 2117–2120.
- [2] P. Zargham dan S. Nassirpour, "Content-Aware Image Resizing," Electrical Engineering Department, Stanford University, Stanford, CA, Project Report EE368.
- [3] "Seam carving," *Wikipedia*. 01-Des-2016.
- [4] T. Yin, G. Yang, L. Li, D. Zhang, dan X. Sun, "Detecting seam carving based image resizing using local binary patterns," *Comput. Secur.*, vol. 55, hal. 130–141, 2015.
- [5] S.-J. Ryu, H.-Y. Lee, dan H.-K. Lee, "Detecting Trace of Seam Carving R1 for Forensic Analysis," *IEICE Trans. Inf. Syst.*, vol. E97.D, no. 5, hal. R21304–R21311, 2014.
- [6] R3 "Local binary patterns," *Wikipedia*, 01-Des-2016.
- [7] R4 "Supervised Learning - ML, RL & Simulink." [Daring]. Tersedia pada: <https://www.mathworks.com/help/discovery/supervised-learning.html>. [Diakses: 14-Des-2016].
- [8] "What Is Seam Carving? An Explanation And Tutorial [VIDEO]," *Creators*. [Daring]. Tersedia pada: https://creators.vice.com/en_uk/article/what-is-seam-carving-an-explanation-and-tutorial-video. [Diakses: 19-Mei-2017].