

**PENERAPAN METODE DISTANCE TRANSFORM PADA LINEAR
DISCRIMINANT ANALYSIS UNTUK MENYELESAIKAN MASALAH
BATAS WILAYAH KULIT DAN NON-KULIT PADA DETEKSI KULIT**

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Program Strata Dua (S2) Magister Komputer



OLEH :

MURYAN AWALUDIN

0411 2122 1161

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCA SARJANA (S2) MAGISTER KOMPUTER
SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INFORMATIKA DAN KOMPUTER ERESHA
JAKARTA
2014

DAFTAR ISI

Bab 1	Pendahuluan	1
1.1	Latar Belakang Masalah.....	1
1.2	Permasalahan Penelitian.....	4
1.2.1	Identifikasi Masalah.....	4
1.2.2	Rumusan Masalah.....	4
1.2.3	Ruang Lingkup Permasalahan.....	4
1.2.4	Tujuan Penelitian	5
1.2.5	Manfaat Penelitian	5
1.2.6	Kontribusi Penelitian	5
1.2.7	Sistematika Penulisan	5
Bab 2	Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran	7
2.1	Tinjauan Studi.....	7
2.1.1	Model Penelitian Jiang et al (2007).....	7
2.1.2	Model Penelitian Wighton et al (2011).....	9
2.1.3	Model Penelitian Michal Kawulok et al (2013)	11
2.1.4	Ringkasan State-of-the-art pada Segmentasi Deteksi Kulit	13
2.2	Landasan Teori	15
2.2.1	Deteksi Kulit.....	15
2.2.2	Prosedur Evaluasi	20
2.2.3	Pemodelan Warna Kulit	21
2.2.4	Ruang Warna	24
2.2.5	Skin Probability Map	26
2.2.6	Linear Discriminant Analysis (LDA)	32
2.2.7	Analisa spasial piksel kulit menggunakan distance transform.....	41
2.3	Kerangka Pemikiran Penelitian	43
Bab 3	Metodologi Penelitian	45

3.1	Desain Penelitian	45
3.2	Pengumpulan Data.....	45
3.3	Pengolahan Data Awal.....	46
3.4	Metode yang diusulkan	47
3.4.1	Proses Awal.....	49
3.4.2	Fitur Ekstraksi.....	51
3.4.3	Analisa spasial berdasarkan peta kemungkinan kemunculan fitur kulit dengan distance transform.....	53
3.5	Eksperimen dan Pengujian Metode	55
3.6	Evaluasi dan validasi Hasil.....	56
Bab 4	Hasil dan Pembahasan.....	57
4.1	Hasil Eksperimen dan Pengujian	57
4.1.1	Hasil Perhitungan Training SPM dengan Aturan Bayes.....	57
4.2	Evaluasi	61
4.3	Implikasi Penelitian	61
Bab 5	Kesimpulan dan Saran.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Model Penelitian Jiang et al (2007)	8
Gambar 2.2 Model Penelitian Wighton et al (2011)	10
Gambar 2.3 Model Penelitian Kawulok et al (2013).....	12
Gambar 2.4 (a),(b),(c),(d)	18
Gambar 2.5 Kontur model kulit dan non-kulit	19
Gambar 2.6 Contoh gambar ECU face and skin detection database	21
Gambar 2.7 Kategori umum dari model warna kulit	24
Gambar 2.8 Distribusi warna kulit dan non-kulit pada (a) ruang YCbCr dan (b) ruang CbCr25	
Gambar 2.9 input gambar (a) kemudian gambar dikonvert dari RGB ke YCbCr (b) dan kemudian dipetakan dalam probabilitas kulit (c) menggunakan bayes rule (aturan bayes).	32
Gambar 2.10 Jarak antara μ_1 dan μ_2	34
Gambar 2.11 Fisher Linear Discriminant.....	35
Gambar 2.12 Data X1 dan X2	37
Gambar 2.13 Kerangka pemikiran penelitian	44
Gambar 3.1 Contoh dataset IBTD yang digunakan dalam penelitian.....	46
Gambar 3.2 Hasil konversi dari citra RGB ke YCbCr.....	46
Gambar 3.3 Citra biner yang dihasilkan.....	47
Gambar 3.4 Metode yang diusulkan pada penelitian ini	48
Gambar 3.5 Konversi ruang warna RGB ke YCbCr.....	49
Gambar 3.6 Diagram aktifitas dari deteksi warna kulit pada tahap awal.....	51
Gambar 3.7 Diagram aktifitas dari algoritma LDA pada tahap awal	53
Gambar 3.8 Diagram aktivitas kemungkinan kemunculan fitur kulit menggunakan distance transform	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan State-of-the-art pada Segmentasi Deteksi Kulit.....	14
Tabel 2.2 Nilai Probabilitas Terbesar Piksel Kulit dan non-Kulit pada Kelas C_x	28
Tabel 2.3 Probabilitas Terbesar Kemunculan Kulit.....	30
Tabel 4.1 Data Training dengan Pengelompokan Warna Kulit.....	57
Tabel 4.2 Probabilitas Kemunculan Kulit	59

Bab 1 Pendahuluan

1.1 Latar Belakang Masalah

Pengolahan citra telah menjadi ilmu pengetahuan selama beberapa dekade. Sejak dekade terakhir pemahaman tentang *color vision* dan tampilan warna telah digunakan dalam desain metodologi pengolahan citra (Trémeau, Tominaga, & Plataniotis, 2008). Segmentasi warna dapat digunakan dalam berbagai penerapan, seperti deteksi kulit. Deteksi kulit memainkan peranan penting dalam berbagai aplikasi pengolah citra mulai dari deteksi wajah, pelacakan wajah, penyaringan pornografi, konten berdasarkan system pencarian citra dan berbagai domain interaksi manusia dan komputer (Kakumanu, Makrogiannis, & Bourbakis, 2007)(Lee, Kuo, Chung, & Chen, 2007)(Jie, Xufeng, Yitan, & Zhonglong, 2008). Batas wilayah antara kulit dan *non-kulit* perlu dianalisa dengan akurat karena hasil analisa yang akurat sangat penting untuk segmentasi kulit yang lebih baik (Tan, Chan, Yogarajah, & Condell, 2012).

Deteksi kulit manusia pada warna citra adalah kunci utama dalam tahap proses aplikasi pengolahan citra (Guerrero-Curieses et al., 2009). Sebagian besar penelitian pada deteksi kulit menggunakan model berdasarkan warna kulit diusulkan untuk beragam warna kulit (Amjad, Griffiths, & Patwary, 2012). Deteksi warna kulit adalah topik yang sangat penting dalam penelitian computer vision. Segmentasi warna menjadi perhatian besar karena warna merupakan isyarat visual yang efektif dan kuat untuk mencirikan sebuah objek dari yang lain (Yang, Li, Zhang, & Cao, 2010). Secara umum, deteksi warna kulit mengandalkan pemodelan statistik kulit berdasarkan aturan dari pendekatan deteksi kulit (Kawulok, Kawulok, & Smolka, 2011), melalui sebuah survey yang membandingkan berbagai pendekatan deteksi kulit berdasarkan warna yang disajikan (Kakumanu et al., 2007). Beberapa ruang warna seperti RGB, normalisasi RGB, HSV, YcbCr merupakan ruang warna untuk menggambarkan warna kulit (Cheng, Feng, Weng, & Lee, 2012). Pendekatan untuk mengadaptasi segmentasi *threshold* dalam peta probabilitas didasarkan pada asumsi bahwa daerah kulit adalah jelas dan harus memiliki ciri-ciri tekstur homogen (Bouzerdoun, 2003).

Beberapa metode yang digunakan untuk deteksi kulit seperti Diffusion-based Spatial Analysis (DSA) (Ruiz-del-Solar & Verschae, 2004), Skin Probability Map (SPM) (Jiang, Yao, & Jiang, 2007), Artificial Neural Network (ANN) (Taqa & Jalab, 2010), Distance Transform (Kawulok et al., 2011), Bayesian Classifier (Bouirouga, Fkihi, Jilbab, & Aboutajdine, 2011), diusulkan oleh banyak peneliti untuk deteksi kulit.

Sebuah penerapan analisa dapat digunakan untuk menganalisa warna, tekstur dan ruang (Jiang et al., 2007). Awalnya Skin Probability Map (SPM) untuk menyaring warna dengan rendahnya penerimaan *threshold* diterapkan dalam ruang warna RGB. Kemudian, fitur tekstur diekstrak menggunakan *Gabor wavelets* dari sebuah citra warna masukan dikonversi ke *grayscale*. Respon yang diperoleh tergantung pada *threshold*, yang menghasilkan *binary texture mask* (masker tekstur biner). Tujuan menerapkan *texture mask* adalah untuk mengurangi *false positive rate* (FPR) berdasarkan penyaringan daerah kulit dan *non-kulit* yaitu dengan nilai yang besar pada fitur tekstur. Tekstur yang tidak mirip kulit, tidak diklasifikasikan sebagai kulit pada penyaringan pixel warna kulit. Akhirnya, daerah kulit yang tumbuh menggunakan segmentasi *watershed* dengan penanda wilayah didefinisikan dengan baik untuk memanfaatkan informasi spasial (Yahya, Tan, & Hu, 2013). Hasil yang ditunjukkan bahwa metode tersebut dapat mengurangi *false positive rate* (dari 20,1% menjadi 4,2%) dan meningkatkan *true positive rate* (dari 92,7% menjadi 94,8%) yang dilakukan dengan penyaringan warna untuk data set yang berisi 600 gambar (Bouzerdoun, 2003). Namun, dari keterangan diatas tidak memberikan analisa sensitivitas dan sepertinya nilai *threshold* yang berbeda diterapkan untuk setiap gambar, yang membuatnya sulit untuk mendapatkan hasil yang memuaskan untuk jumlah gambar yang lebih besar.

Fitur tekstur sederhana yang digunakan untuk meningkatkan kinerja dari sejumlah teknik deteksi kulit dan pengklasifikasi termasuk Artificial Neural Network (ANN) (Taqa & Jalab, 2010) untuk mengestimasi kepadatan *non-parametrik* kelas kulit dan *non-kulit*. Umumnya, analisa tekstur terhadap citra masukan membantu mengurangi jumlah kesalahan klasifikasi pixel oleh detektor berdasarkan warna *pixel-wise*. Namun, daerah kekasaran kulit dan *non-kulit* dapat bervariasi antara gambar, sehingga penerapan dari algoritma segmentasi berdasarkan tekstur sulit untuk generalisasi dataset yang nyata. Analisa SPM untuk segmentasi kulit dikendalikan oleh difusi (Ruiz-del-Solar & Verschae, 2004). Kelemahan dari metode ini adalah performa dalam kasus batas daerah kulit dan *non-kulit* kabur, karena proses difusi tidak berhenti jika transisi antara kulit dan *non-kulit* pixel halus.

Penelitian tentang pewarnaan citra yang memanfaatkan informasi tekstur untuk meningkatkan akurasi batas wilayah warna. Untuk setiap citra masukan yang terdeteksi diekstrak pada fitur yang paling diskriminatif menggunakan *linear discriminant analysis* (LDA). Setelah itu, seluruh gambar diproyeksikan ke ruang *discriminative textural features* (DTF) (Kawulok et al., 2011). Kontribusi pada penelitian ini terletak pada propagasi warna dalam domain ruang fitur yang menggunakan saluran pencahayaan. Pada percobaan penelitian tersebut menegaskan bahwa pentingnya menggunakan informasi tekstur dan menunjukkan

bahwa metode tersebut secara signifikan meningkatkan hasil pewarnaan yang diperoleh, meskipun domain DFT bagus untuk propagasi warna, namun ketepatannya terbatas pada batas daerah kulit dan non-kulit karena ukuran yang berbeda.

Pada penelitian yang dilakukan (Wighton, Lee, Lui, McLean, & Atkins, 2011) memperkenalkan model *supervised learning* and maximum a posteriori (MAP) estimasi untuk mendeteksi luka kulit. Pada tahap pelatihan fitur kulit dihitung lebih dari satu set pelatihan yang berdimensi kemudian dikurangi melalui linear discriminant analysis (LDA). Pada tahap penandaan, untuk citra masukan yang terlihat berdimensi dari ruang fitur berkurang dengan menggunakan vektor eigen yang diperoleh dari tahap pelatihan yaitu melalui linear discriminant analysis (LDA), maximum a posteriori (MAP) estimasi kemudian digunakan bersamaan dengan probabilitas posterior dari tahap pelatihan untuk penandaan citra. Hasilnya menunjukkan cukup kuat untuk deteksi luka kulit. Meskipun model yang dilakukan memberikan hasil yang kompetitif, ada banyak arah yang dapat diperluas untuk mendapatkan perbaikan lebih lanjut.

Pada penelitian yang dilakukan (Michal Kawulok, Jolanta Kawuloky, Jakub Nalepa, 2013) memperkenalkan pengembangan skema penggabungan dari analisa spasial dengan keunggulan pemodelan kulit adaptif menggunakan distance transform (DT) pada hue, pencahayaan dan probabilitas kulit dan memecahkan masalah linear discriminant analysis (LDA) yaitu terbatas pada batas wilayah karena ukuran kernel besar, yang mana ini tepat untuk deteksi kulit pada penelitian ini.

Distribusi warna kulit telah efektif dimodelkan dalam sejumlah ruang warna yang *chrominance* (krominan) dikombinasikan dengan *luminance* (pencahayaan) dianggap fitur kulit yang paling khas yang mendukung hampir semua metode deteksi kulit yang ada, namun efektifitas tingkat deteksi kulit berdasarkan klasifikasi warna terbatas karena tumpang tindih yang signifikan antara kulit dan *non-kulit*. Oleh karena itu, hal ini menjadi masalah efektifitas model kulit berdasarkan warna. Secara umum dari pernyataan diatas mereka menghasilkan lebih tinggi *false positive* (FP). Agar dapat mengurangi FP pemodelan kulit harus mengambil dari kelebihan dari fitur lain selain klasifikasi berdasarkan *pixel-wise*. Dari penelitian yang berkaitan diatas masalah akurasi pada warna dan fitur tekstur sangat penting untuk meningkatkan sistem deteksi kulit dimana disebabkan oleh pengaruh pencahayaan, *background*, dan *real life* dataset. Oleh karena itu pada penelitian ini penggabungan dari beberapa algoritma diatas, sistem kemunculan kulit akan diusulkan dimana didalamnya terdapat kombinasi tiga algoritma yaitu skin probability map (SPM) yang diperoleh dari model kulit bayes, linear discriminant analysis (LDA) dan distance transform (DT).

Pada penelitian ini akan dikembangkan skema penggabungan dari analisa spasial dengan keunggulan pemodelan kulit adaptif menggunakan distance transform (DT) pada pencahayaan dan probabilitas kulit untuk mengatasi batas daerah kulit dan *non*-kulit kabur dengan ukuran kernel yang berbeda. Dan untuk mencapai ketepatan batas wilayah dari kulit dan *non*-kulit serta tepatnya informasi warna piksel menggunakan algoritma linear discriminant analysis (LDA) dan skin probability map (SPM). Dari integrasi metode diatas diharapkan dapat digunakan pada deteksi kulit dan mengurangi *false positive* yang menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi untuk meminimalkan jarak antara kulit dan *non*-kulit dari ukuran kernel yang berbeda.

1.2 Permasalahan Penelitian

1.2.1 Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, maka dapat diidentifikasi beberapa permasalahan sebagai berikut:

- a. Skin probability map (SPM) baik dalam informasi warna piksel, namun sulit untuk mendeteksi informasi fitur tekstur yang memiliki *background* yang kompleks, perbedaan warna kulit dan kondisi pencahayaan.
- b. Algoritma linier discriminant analysis (*LDA*) merupakan metode ekstraksi fitur tekstur secara statistic yang dapat digunakan untuk mengekstrak fitur tekstur yang bersifat diskriminatif, namun sulit digunakan untuk mengekstrak pada kernel yang berbeda.

1.2.2 Rumusan Masalah

- a. Seberapa tinggi tingkat akurasi yang dihasilkan pendekatan informasi warna piksel dan fitur tekstur apabila SPM dan LDA diterapkan untuk mendeteksi kulit yang memiliki *background* yang kompleks, perbedaan warna kulit dan kondisi pencahayaan ?
- b. Seberapa tinggi akurasi yang dihasilkan oleh pendekatan histogram apabila DT diterapkan pada proses penentuan batas wilayah kulit dan *non*-kulit pada kernel yang berbeda ?

1.2.3 Ruang Lingkup Permasalahan

Dalam penelitian ini terdapat batasan-batasan sebagai berikut :

- a. Penelitian hanya menitikberatkan pada tahap deteksi kulit dan non-kulit
- b. Kulit yang dideteksi adalah pada kulit manusia

- c. Dataset gambar yang digunakan untuk data pelatihan dan data uji bersumber pada situs <http://lbmedia.ece.ucsb.edu/resources/dataset/ibtd.zip>

1.2.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu menerapkan metode distance transform untuk menyelesaikan batas wilayah kulit dan *non*-kulit pada kernel yang berbeda pada linier discriminant analysis agar meningkatkan analisa spasial pada deteksi kulit.

1.2.5 Manfaat Penelitian

Dengan menghasilkan tingkat analisa spasial pada batas wilayah yang tinggi untuk meminimalkan jarak antara kulit dan *non*-kulit maka bisa dimanfaatkan untuk kepentingan pengembangan pencarian orang, deteksi wajah, penyaringan pornografi dan pelacakan tangan.

1.2.6 Kontribusi Penelitian

Kontribusi dari penelitian ini adalah terdapat peningkatan akurasi pada deteksi kulit serta mengurangi *false positive* dengan mengkombinasikan tiga algoritma yaitu *skin probability map* (SPM), *linier discriminant analysis* (LDA) dan *distance transform* (DT) khususnya pada peningkatan akurasi batas wilayah kulit dan *non*-kulit dari ukuran kernel yang berbeda.

1.2.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Bab I Pendahuluan

Bab I berisi penjelasan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian , manfaat penelitian dan kontribusi serta sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran

Bab II berisi tentang penjelasan tentang landasan teori yang digunakan dalam penelitian khususnya mengenai *state-of-the-art* dari deteksi kulit dan kerangka pemikiran. Di dalamnya akan dijelaskan tentang tinjauan pustaka yang merupakan penjelasan tentang hasil-hasil penelitian lainnya yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan (*related research*). Landasan teori merupakan suatu penjelasan tentang sumber acuan terbaru dari pustaka seperti buku, artikel, jurnal, prosiding dan tulisan asli lainnya untuk mengetahui

perkembangan penelitian yang relevan dengan judul atau tema penelitian yang dilakukan dan juga sebagai arahan dalam memecahkan masalah yang diteliti. Kerangka pemikiran pada bab ini menjelaskan tentang tahapan metodologi yang akan dilakukan dalam penelitian.

Bab III Metodologi Penelitian

Bab III menjelaskan tentang metodologi yang digunakan untuk penelitian. Dalam hal ini metode yang digunakan untuk memecahkan masalah penelitian dijelaskan secara terperinci, mulai dari permasalahan, pendekatan (approach) yang diambil, analisa pengumpulan data, pengukuran penelitian hingga penerapan metode yang diusulkan.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Pada bab IV ini menjelaskan tentang hasil dan pembahasan penelitian serta implikasi dari penelitian yang dilakukan. Hasil merupakan suatu penjelasan tentang data kuantitatif yang dikumpulkan dari lapangan sesuai dengan metodologi yang telah ditetapkan.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Pada bab V ini berisi ringkasan temuan, rangkuman kesimpulan dan saran. Kesimpulan merupakan pernyataan secara umum atau spesifik yang berisi hal-hal penting dan menjadi temuan penelitian yang bersumber pada hasil dan pembahasan. Saran merupakan pernyataan atau rekomendasi peneliti yang berisi hal-hal penting sebagaimana yang telah disampaikan yaitu implikasi penelitian.

Bab 2 Landasan Teori dan Kerangka Pemikiran

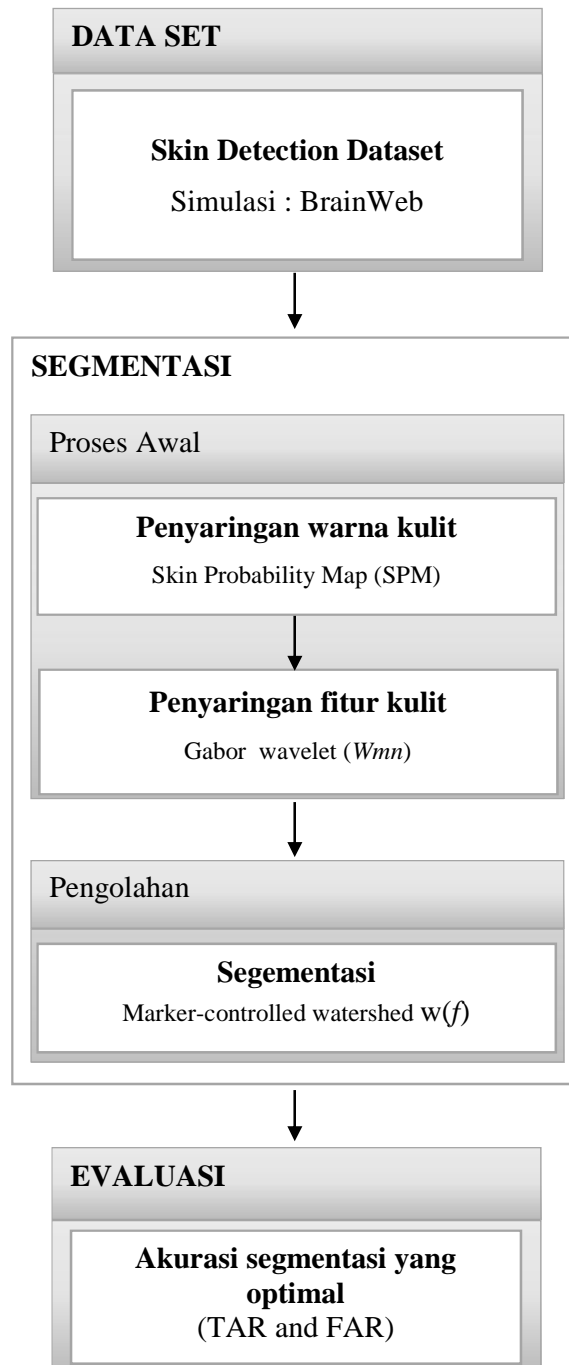
2.1 Tinjauan Studi

2.1.1 Model Penelitian Jiang et al (2007)

Sebuah penelitian tentang penerapan analisa yang dapat digunakan untuk menganalisa warna, tekstur dan ruang yang dilakukan oleh (Jiang et al., 2007) dengan judul *Skin Detection Using Color, Texture and Space Information* melakukan penelitian untuk meningkatkan akurasi deteksi kulit metode skin probability map (SPM) untuk mengatasi tumpang tindihnya antara informasi warna kulit dan bukan kulit. Metode SPM ini pertama kali diperkenalkan oleh (Jones & Rehg, 2002) mereka menggunakan dataset gambar yang sangat besar untuk mengeksplorasi distribusi warna citra, hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya pemisahan kelompok yang baik antara distribusi warna kulit dan bukan kulit.

Awalnya SPM untuk menyaring warna dengan rendahnya penerimaan *threshold* diterapkan dalam ruang warna RGB. Kemudian, fitur tekstur diekstrak menggunakan *Gabor wavelets* dari sebuah citra warna masukan dikonversi ke *grayscale*. Respon yang diperoleh tergantung pada *threshold*, yang menghasilkan *binary texture mask* (masker tekstur biner). Tujuan menerapkan *texture mask* adalah untuk mengurangi *false positive rate* (FPR) berdasarkan penyaringan daerah kulit dan *non-kulit* yaitu dengan nilai yang besar pada fitur tekstur. Tekstur yang tidak mirip kulit, tidak diklasifikasikan sebagai kulit pada penyaringan pixel warna kulit. Akhirnya, daerah kulit yang tumbuh menggunakan segmentasi *watershed* dengan penanda wilayah didefinisikan dengan baik untuk memanfaatkan informasi spasial (Yahya et al., 2013). Hasil yang ditunjukkan bahwa metode tersebut dapat mengurangi *false positive rate* (dari 20,1% menjadi 4,2%) dan meningkatkan *true positive rate* (dari 92,7% menjadi 94,8%) yang dilakukan dengan penyaringan warna untuk data set yang berisi 600 gambar.

Model penelitian yang dilakukan oleh Jiang et al dapat dilihat pada Gambar 2.1



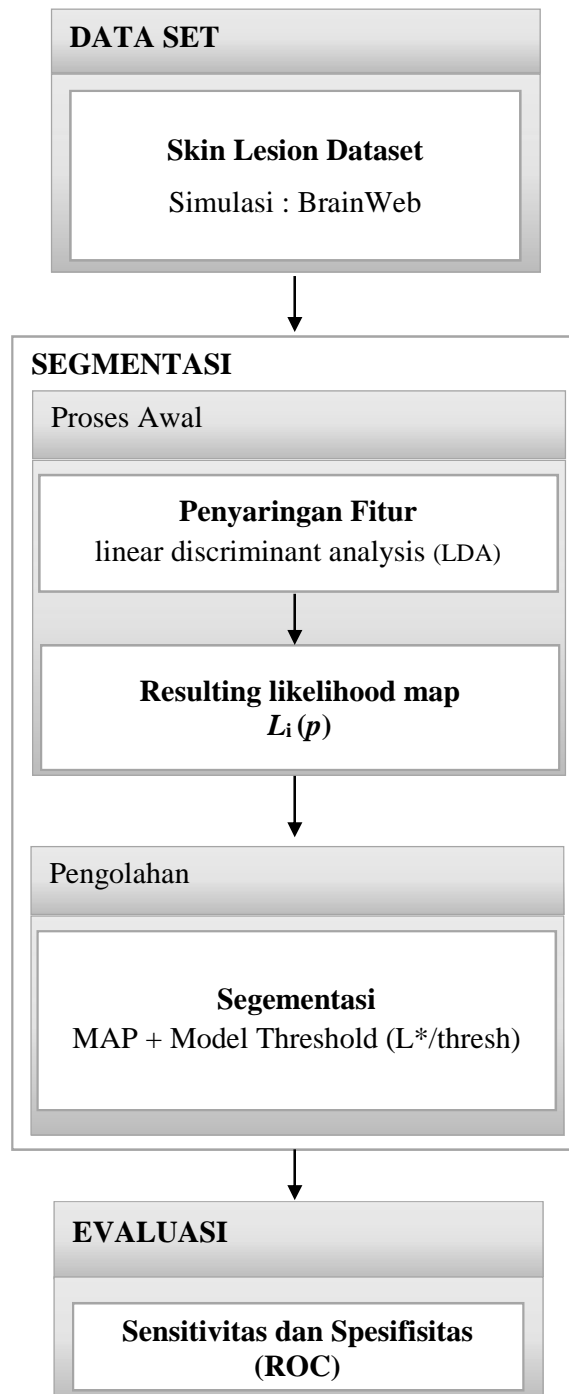
Gambar 2.1 Model Penelitian Jiang et al (2007)

2.1.2 Model Penelitian Wighton et al (2011)

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Wighton et al., 2011) dengan judul *Generalizing Common Tasks in Automated Skin Lesion Diagnosis* memperkenalkan model *supervised learning* and *maximum a posteriori* (MAP) *estimation* untuk segmentasi luka kulit, deteksi rambut dan mengidentifikasi struktur dermoscopic jaringan zat warna. Pada tahap pemrosesan awal fitur kulit dihitung lebih dari satu set pelatihan yang berdimensi tinggi, kemudian dikurangi melalui linear discriminant analysis (LDA).

Pada tahap penandaan, untuk citra masukan yang terlihat berdimensi tinggi dengan tumpang tindihnya luka kulit dan bukan luka kulit dari ruang fitur berkurang menggunakan metode linear discriminant analysis (LDA) pada saat pemrosesan awal, maximum a posteriori (MAP) dan model histogram kemudian digunakan bersamaan dengan probabilitas posterior dari tahap pelatihan untuk penandaan citra . Hasil kuantitatif untuk segmentasi luka kulit dan deteksi rambut sangat kompetitif, dimana hasil sensitifitas/spesifitas sebesar 91%/93% selain itu dapat menghasilkan struktur warna yang baik dari jaringan zat warna.

Model penelitian yang dilakukan oleh Wighton et al dapat dilihat pada Gambar 2.2



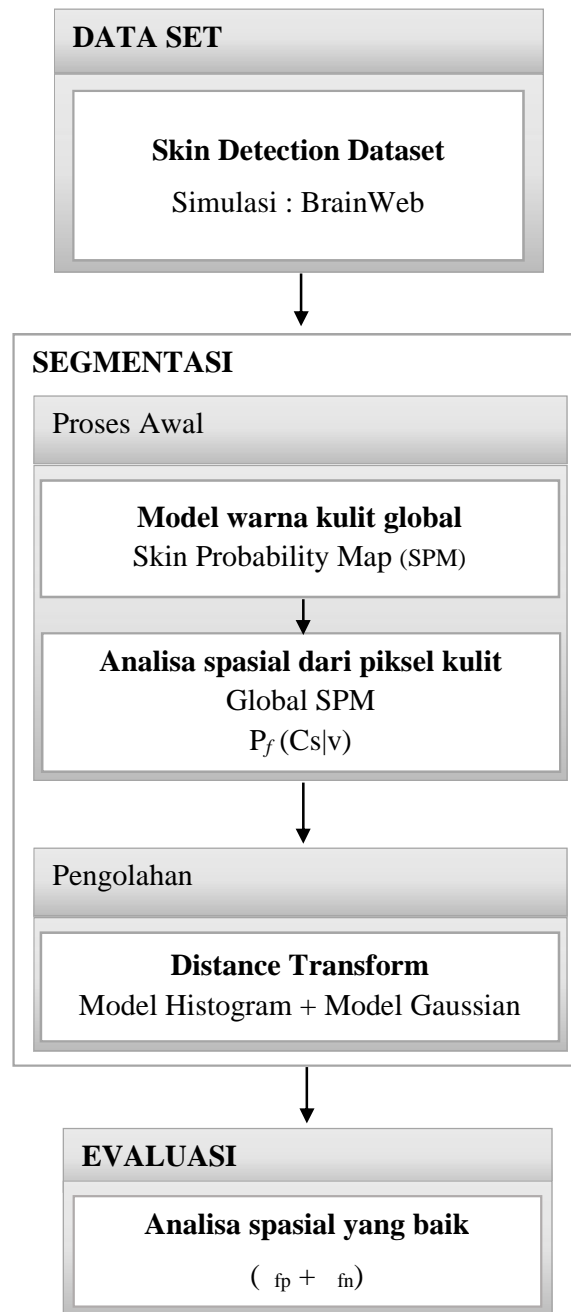
Gambar 2.2 Model Penelitian Wighton et al (2011)

2.1.3 Model Penelitian Michal Kawulok et al (2013)

Sebuah penelitian yang dilakukan oleh (Michal Kawulok, Jolanta Kawuloky, Jakub Nalepa, 2013) dengan judul *Skin Detection Using Spatial Analysis With Adaptive Seed* tentang pengembangan skema penggabungan dari analisa spasial dengan keunggulan pemodelan kulit adaptif menggunakan distance transform (DT) pada hue, pencahayaan dan probabilitas kulit. Algoritma ini terbukti sangat kompetitif dan mengungguli metode yang diusulkan oleh (Ruizdel-Solar & Verschae, 2004) yang menganalisa domain skin probability map (SPM) untuk segmentasi warna kulit menggunakan kontrol difusi. Ini merupakan fitur yang sangat bermanfaat jika setiap daerah kulit tersebut direpresentasikan dengan sebuah piksel kulit, yang memungkinkan propagasi untuk menentukan batas wilayah kulit yang sesuai.

Pertama dengan mendeteksi wajah dalam citra masukan dan sebuah model warna kulit lokal diperoleh dari daerah wajah yang ditentukan. Model warna kulit lokal ini digunakan untuk mendeteksi kulit didalam citra masukan, dan piksel kulit yang diperoleh dengan *threshold* kemungkinan besar diterapkan dalam peta probabilitas kulit lokal, untuk menentukan model warna kulit lokal ada dua teknik yang digunakan untuk mentransform warna kulit yaitu model histogram untuk menganalisa histogram warna RGB dan model gaussian untuk analisa sebuah gaussian tunggal. Akhirnya, analisa spasial dari piksel kulit dilakukan dalam peta probabilitas global yang diperoleh dengan menggunakan model warna kulit global. Dengan demikian, adaptasi pada deteksi piksel kulit secara signifikan meningkatkan hasil dari analisis spasial yaitu mengurangi error DT dari local histogram $f_p = 8.26\%$, $f_n = 5.96\%$, dan mengurangi error DT dari local gaussian $f_p = 8.58\%$, $f_n = 5.30\%$.

Model penelitian yang dilakukan oleh Kawulok et al dapat dilihat pada Gambar 2.3:



Gambar 2.3 Model Peneletian Kawulok et al (2013)

2.1.4 Ringkasan State-of-the-art pada Segmentasi Deteksi Kulit

Jiang et al. memiliki masalah penelitian pada pendekatan SPM, meskipun metode SPM memiliki tingginya *true acceptance rate* (TAR), akan tetapi *false acceptance rate* (FAR) tidak dapat diterima pada fitur tekstur, alasannya adalah bahwa metode SPM hanya menggunakan tingkat informasi warna piksel. Model yang diusulkan Jiang et al. pada proses awal adalah dengan menambahkan metode penyaringan fitur kulit dengan menggunakan *gabor wavelet*. Pada pengolahan segmentasi menggunakan *marker-controlled watershed*. Hasil segmentasi yang diusulkan menunjukkan bahwa dapat mengurangi *false positive rate* (dari 20,1% menjadi 4,2%) dan meningkatkan *true positive rate* (dari 92,7% menjadi 94,8%).

Masalah penelitian dari Wighton et al. bahwa LDA baik digunakan untuk mengekstrak fitur tekstur namun tidak cukup akurat untuk mengidentifikasi dalam ukuran kernel yang berbeda. Model yang diusulkan oleh Wighton et al. pada proses awal adalah dengan menggunakan *linear discriminant analysis* (LDA) untuk mengurangi citra masukan yang terlihat berdimensi tinggi antara luka kulit dan bukan luka kulit dari ruang fitur. Pada pengolahan segmentasi menggunakan *maximum a posteriori* (MAP) dengan model histogram yang bisa menangani masalah perbedaan kernel, selain itu dapat menghasilkan struktur warna yang baik dari jaringan zat warna. Hasil sensitifitas/spesifitas yang diperoleh dengan menerapkan metode tersebut sebesar 91%/93% .

Kawulok et al. memiliki masalah penelitian pada pendekatan SPM. Performa dari SPM dalam deteksi warna kulit menghasilkan hasil yang lebih baik daripada menggunakan *fixed threshold*, akan tetapi secara signifikan dapat mengalami “kebocoran” karena transisi halus antara kulit dan latar belakang. Model yang diusulkan Kawulok et al. pada proses awal menambahkan global SPM untuk menganalisa spasial dari piksel kulit dari hasil ekstraksi fitur warna dan pada pengolahan segmentasi menggunakan *distance transform* (DT) yang menganalisa domain skin probability map (SPM) untuk segmentasi warna kulit. Hasil segmentasi menunjukkan bahwa adaptasi pada deteksi piksel kulit secara signifikan meningkatkan hasil dari analisis spasial yaitu mengurangi error DT dari local histogram $f_p = 8.26\%$, $f_n = 5.96\%$, dan mengurangi error DT dari local gaussian $f_p = 8.58\%$, $f_n = 5.30\%$.

Berdasarkan state-of-the-art pada ringkasan segmentasi deteksi kulit yang dijelaskan diatas, masalah pada penelitian ini adalah SPM sangat baik dalam informasi warna piksel, namun sulit untuk mendeteksi informasi fitur tekstur dan LDA merupakan metode ekstraksi fitur secara statistic yang dapat digunakan untuk mengekstrak fitur tekstur yang bersifat diskriminatif akan tetapi akan sulit jika digunakan pada kernel yang berbeda. Usulan model dalam penelitian deteksi kulit ini adalah pada proses awal akan digunakan SPM untuk

informasi warna piksel dan LDA untuk mengatasi fitur tekstur kemudian pada pengolahan segmentasi menggunakan DT untuk kemunculan kulit. Evaluasi kuantitatif model yang diusulkan menggunakan analisis spasial.

Tabel 2.1 menunjukan ringkasan State-of-the-art pada segmentasi deteksi kulit.

Tabel 2.1 Ringkasan State-of-the-art pada Segmentasi Deteksi Kulit

Model	Masalah Penelitian	Metode			Dataset	Evaluasi	Hasil
		Proses awal	Segmentasi	Proses Akhir			
Jiang et al. (2007)	SPM memiliki tingginya <i>true acceptance rate</i> (TAR), akan tetapi <i>false acceptance rate</i> (FAR) tidak dapat diterima pada fitur tekstur, alasannya adalah bahwa metode SPM hanya menggunakan tingkat informasi warna piksel.	Penyaringan warna kulit menggunakan SPM, Penyaringan fitur kulit menggunakan Gabor Wavelet	Segmentasi menggunakan Marker-controlled watershed	Proses akhir menggunakan daerah kulit berdasarkan rata-rata kemunculan fitur kulit	Deteksi Kulit : Simulasi BrainWeb	Akurasi segmentasi yang optimal (TAR and FAR)	<i>false positive rate</i> (FPR) = 4,2% <i>true positive rate</i> (TPR) = 94,8%
Wighton et al. (2011)	LDA baik digunakan untuk mengekstrak fitur tekstur namun tidak cukup akurat untuk mengidentifikasi dalam ukuran kernel yang berbeda	Penyaringan fitur kulit menggunakan LDA, hasilnya merupakan peta kemungkinan kemunculan fitur kulit	Segmentasi menggunakan MAP dan Model Threshold	Proses akhir menggunakan visualisasi kualitatif untuk identifikasi jaringan zat warna	Deteksi Kulit : Simulasi BrainWeb	Sensitivitas dan Spesifisitas (ROC)	Sensitifitas = 91% Spesifisitas = 93%
Kawulok et al. (2013)	Performa dari SPM dalam deteksi warna kulit menghasilkan hasil yang lebih baik daripada menggunakan <i>fixed threshold</i> , akan tetapi secara signifikan dapat mengalami “kebocoran” karena transisi	Pemodelan warna kulit global menggunakan SPM, analisa spasial piksel kulit menggunakan global SPM	Segmentasi menggunakan Distance Transform	Proses akhir menggunakan model gaussian dan threshold untuk mengetahui false positive error rate dan true positive error rate pada deteksi kulit	Deteksi Kulit : Simulasi BrainWeb	Analisa spasial yang baik ($f_{fp} + f_{fn}$)	DT local histogram $f_{fp} = 8.26\%$, $f_{fn} = 5.96\%$ DT local gaussian $f_{fp} = 8.58\%$, $f_{fn} = 5.30\%$

	halus antara kulit dan latar belakang						
Muryan (2014)	SPM baik dalam informasi warna piksel, namun sulit untuk mendeteksi informasi fitur tekstur yang memiliki <i>background</i> yang kompleks, perbedaan warna kulit dan kondisi pencahayaan. Algoritma <i>LDA</i> merupakan metode ekstraksi fitur secara statistic yang dapat digunakan untuk mengekstrak fitur tekstur yang bersifat diskriminatif, namun sulit mengekstrak pada kernel yang berbeda.	Penyaringan warna kulit menggunakan SPM, untuk penyaringan fitur kulit dasar menggunakan LDA	Segmentasi menggunakan Distance Transform (DT) untuk mengetahui nilai kemungkinan kulit dan non-kulit	Proses akhir digunakan acceptance threshold (Pacc) untuk meminimalkan FPR dan TPR	Deteksi Kulit : Simulasi BrainWeb Dan IBTD dataset	Analisa spasial yang baik ($f_p + f_n$)	?

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Deteksi Kulit

Deteksi kulit merupakan proses untuk menemukan warna piksel dan daerah kulit pada gambar atau video (Elgammal, Muang, & Hu, 2009). Proses ini biasanya digunakan sebagai langkah preprocessing untuk menemukan daerah-daerah yang merupakan wajah manusia dan anggota badan dalam gambar. Banyak pendekatan dalam *computer vision* telah dikembangkan untuk mendeteksi kulit. Sebuah detektor kulit biasanya mengubah piksel yang diberikan ke ruang warna yang tepat dan kemudian menggunakan *classifier* kulit untuk penamaan piksel apakah itu kulit atau non-kulit. Sebuah *classifier* kulit mendefinisikan batas keputusan kelas warna kulit dalam ruang warna berdasarkan database pelatihan piksel warna kulit. Hal ini