

APLIKASI PENDETEKSI TANGAN DALAM RUANG WARNA YCBCR DAN HSV PADA *VIRTUAL MOUSE*

Tri Arya Nugraha¹, Sopian Soim², Irawan Hadi³

¹Prodi Teknik Telekomunikasi DIV, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang, 30139, Indonesia
e-mail: triaryanugraha@gmail.com¹

Abstrak – Perkembangan dan kemajuan teknologi dalam interaksi manusia komputer yang dilakukan terus menerus dengan menggunakan perangkat komputer dalam melakukan pekerjaan pribadi maupun perusahaan. *Virtual mouse* yang dilakukan secara *real-time* dari *webcam* yang dirancang untuk tracking tangan manusia. Pelacakan pergerakan objek dilakukan pendeteksian tangan sebelum menghasilkan koordinat yang ditransformasikan ke dalam pergerakan isyarat tangan sampai menggerakkan sebuah *pointer* dan perintah mouse lainnya. Metode perancangan sistem aplikasi ini terdiri dari pengolahan citra dengan menyesuaikan nilai konversi dengan beberapa kondisi sampai menghasilkan pendeteksian tangan yang diinginkan. Pengujian yang dilakukan menggunakan 3 kondisi pencahayaan, yaitu terang, normal, redup. Berdasarkan pengujian, dalam kondisi pencahayaan terang proses deteksi terbaik citra YCbCr lebih optimal dengan jarak deteksi lebih jauh dan dengan hasil objek yaitu tangan lebih berkualitas dari citra HSV. Untuk kondisi pencahayaan normal bentuk tangan yang terbaik adalah citra HSV dengan hasil jarak optimal 30 cm sampai 47 cm dari citra YCbCr. Kondisi pencahayaan redup bentuk tangan yang terbaik adalah citra YCbCr dengan hasil optimal pada kualitas citra. Pendeteksian yang kurang sempurna mempengaruhi dalam pembacaan pergerakan mouse secara *real-time*. Dengan pengujian tersebut mengetahui kondisi terbaik dalam pemilihan citra YCbCr dan HSV dalam pendeteksian tangan untuk virtual mouse dari berbagai kondisi.

Kata kunci – YCbCr, HSV, Deteksi Tangan, *Virtual Mouse*, Deteksi

I. PENDAHULUAN

Perkembangan dan kemajuan teknologi dalam interaksi manusia dan komputer yang dilakukan terus menerus dengan menggunakan perangkat komputer dalam melakukan pekerjaan pribadi maupun perusahaan. *Virtual mouse* yang dilakukan secara *real-time* dari *webcam* yang dirancang untuk tracking tangan manusia yang lebih alami dari *wired mouse*. Pelacakan pergerakan objek dilakukan pendeteksian tangan sebelum menghasilkan koordinat yang ditransformasikan ke dalam pergerakan isyarat tangan sampai menggerakkan sebuah *pointer* dan perintah mouse lainnya.

Metode citra HSV sudah cukup dikenal oleh sebagian pengguna sebagai pengolahan citra. Selain itu juga ada citra YCbCr sebagai pengolahan citra. Pengolahan citra adanya variasi fitur-fitur dalam penggunaannya. Dalam pendeteksian tangan untuk *virtual mouse*, masih adanya gangguan seperti *noise* yang membuat pengguna kurang optimal mendeteksi objek yang mempengaruhi proses selanjutnya. Setiap penggunaan yang beda kondisinya mempengaruhi fitur pengolahan citra juga. Tujuannya penelitian ini memperbaiki pendeteksian tangan dalam isyarat tangan menggunakan metode YCbCr dan HSV dalam pengenalan deteksi awal mengetahui yang mana terbaik dalam pemilihan kondisi pencahayaan redup, normal dan terang.

Penggunaan isyarat tangan memiliki keunggulan dibandingkan perangkat masukan konvensional seperti *mouse* atau *keyboard* bahwa isyarat tangan lebih mudah dilakukan, lebih alami, lebih interaktif dan membutuhkan proses pembelajaran yang relatif singkat [1]. Penelitian pengolahan citra yang dilakukan berdasarkan warna kulit yang bersifat khusus, seperti pada penelitian [2] yang berguna untuk pendeteksian wajah, [3] pendeteksian warna kulit manusia, dan [4] dalam pencarian ruang warna kulit manusia.

Aplikasi pendeteksian ini memiliki fitur yang dipakai dalam kegunaan penelitian yaitu *Threshold* yang dibantu morfologi citra dan *Region of Interest* (ROI) membantu memisahkan area khusus seperti tangan yang akan kelihatan mempunyai kualitas citra lebih baik daripada area sekitarnya (*background*) pada pendeteksian tangan. Penelitian ini mengkaji mengenai ruang warna citra YCbCr dan HSV dalam 3 kondisi pencahayaan yaitu Terang, Normal, Redup yang membantu untuk proses *Virtual Mouse*.

II. METODE PENELITIAN

Aplikasi ini dirancang sedemikian rupa untuk membandingkan citra warna yang akan dipilih sebelum melakukan ekstraksi-ekstraksi lain dalam *image processing* dan proses pergerakan mouse. Metode yang dilakukan adalah citra YCbCr dan HSV dalam perancangan sistem yang menghasilkan pendeteksian tangan yang diinginkan.

A. Alat Penelitian

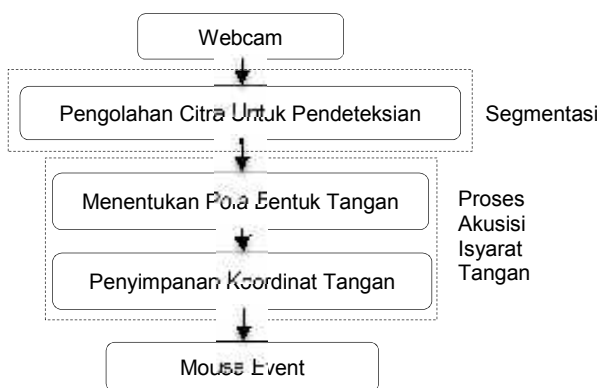
Proses Penelitian ini menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak dalam perancangan aplikasi ini, yaitu :

1. Laptop : - AMD Dual-Core Processor C60
 - RAM DDR3 2 GB
 - Harddisk 320 GB HDD
 - OS Windows 7 Ultimate
2. Webcam Logitech C310

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu Microsoft Visual Studio 2015 dan EmguCV v2.4. EmguCV digunakan sebagai *library Computer Vision* yang meliputi konversi RGB, YCbCr, HSV, dan *binary*. Microsoft Visual Studio 2015 digunakan sebagai IDE untuk membangun aplikasi *virtual mouse* dengan bahasa pemrograman *C-Sharp* atau *#C*.

B. Alur Kerja *Virtual Mouse*

Untuk mengetahui *virtual mouse* adanya alur kerja yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Sistem Proses *Virtual Mouse*

Aplikasi *virtual mouse* terdapat beberapa tahapan dalam membuat aplikasi *virtual mouse* dengan mengolah citra terlebih dahulu untuk pendeteksian dan kemudian dilakukan proses akusisi isyarat tangan yaitu proses menentukan bentuk tangan dan penyimpanan koordinat tangan yang hasilnya dapat digabungkan dengan *mouse event* atau perintah *mouse*.

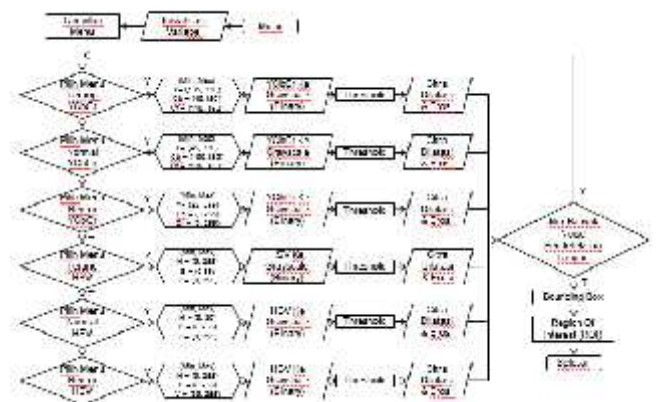
Proses akusisi isyarat tangan adalah proses lanjutan pengolahan citra yang telah ditentukan dan mencatat koordinat tangan dalam proses segmentasi citra adalah proses partisi gambar digital menjadi beberapa segmen. Fungsi segmentasi disini untuk melakukan memisahkan area tangan dari latar belakang yang kompleks dan dikonversi dari ruang warna RGB ke ruang warna YCbCr atau HSV, dan kemudian ke citra biner yang telah diubah dalam bentuk *Threshold*. Proses akusisi isyarat tangan memiliki proses lanjutan yaitu proses denoise difungsikan untuk menghapus piksel berisik (*Noise*) dari gambar. Proses denoise menggunakan morfologi citra yang melakukan erosi dan dilatasi citra untuk menghilangkan *noise*. Erosi yaitu area pemotongan gambar dimana hanya tangan dan

jari yang hadir dan dilatasi yaitu memperluas area piksel gambar yang tidak terkikis.

Proses segmentasi adalah bitmap dengan nilai-nilai piksel yang sesuai dengan indeks orang di jarak pandang yang paling dekat dengan kamera di posisi piksel. Kemudian dilanjutkan dalam menentukan pola bentuk tangan dengan ekstraksi *contour*, *convex hull* dan *convexity defect* untuk melakukan estimasi bentuk dan posisi tangan yang diwakili oleh ujung jari. Estimasi bentuk tangan didapatkan dari *depth point* pada *convexity defect* dan hubungan antara titik pusat tangan dengan end point sebagai estimasi posisi jari tangan.

C. Pendeteksian Tangan

Pendeteksian tangan dalam aplikasi ini memiliki proses deteksi dari pemilihan menu sampai proses deteksi yang diharapkan pada gambar 2.

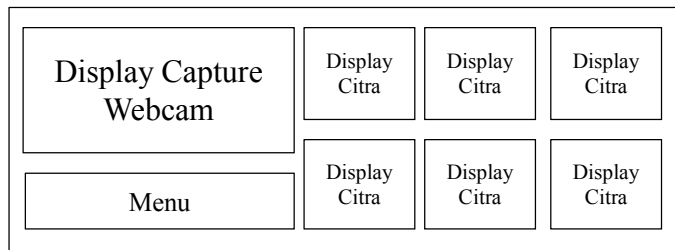


Gambar 2 Penerapan Aplikasi Pendeteksian Tangan

Berdasarkan gambar 2, dapat dijelaskan bahwa aplikasi untuk deteksi awal baik itu kondisi pencahayaan yang berbeda dalam ruangan yang background polos. Aplikasi ini memilih menu yang telah disesuaikan yaitu Terang YCbCr, Normal YCbCr, Redup YCbCr, Terang HSV, Normal HSV, dan Redup HSV. Pemilihan menu tersebut sudah memiliki nilai inputan masing-masing yang ditunjukkan pada tabel 1. Setelah citra ditentukan dan nilai diketahui dilakukannya pengkonversian ke dalam citra abu-abu dan hasilnya binerisasi yang disebut juga *threshold*. *Threshold* tersebut masih membutuhkan bantuan citra dilatasi dan citra erosi dalam perubahan bentuk piksel. Citra erosi dilakukan pembuangan bagian yang tidak diperlukan, dan proses citra dilatasi untuk menambahkan bagian yang diperlukan. Hasil gambarnya berupa hitam dan putih yang dapat dilihat apakah banyak *noise* atau sedikit. Jika mempunyai banyak *noise* dilakukan pemilihan citra yang tepat sampai hasil *threshold*nya optimal. Setelah itu tahap selanjutnya *bounding box* dan *Region Of Interest (ROI)* untuk mengetahui area yang diperlukan yaitu tangan.

D. Perancangan Tampilan Ruang Warna YCbCr dan HSV

Sebuah aplikasi memiliki perancangan desain pada tampilannya yaitu pada gambar 3.

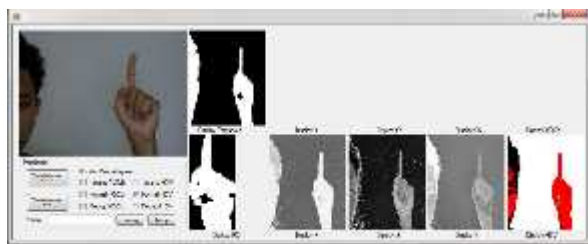


Gambar 3 Desain Tampilan Ruang Warna YCbCr dan HSV

Rancangan desain tampilan ruang warna yecber dan hsv berisi ImageBox1 sebagai display capture webcam, ImageBox2 difungsikan sebagai display citra threshold, ImageBox3 difungsikan sebagai display citra Y, ImageBox4 difungsikan sebagai display citra Cb, ImageBox4 difungsikan sebagai display citra Cr, ImageBox5 difungsikan sebagai display citra *Region Of Interest* (ROI), ImageBox6 difungsikan sebagai display citra *Hue*, ImageBox7 difungsikan sebagai display citra *Saturation*, ImageBox8 difungsikan sebagai display citra *Value*, dan GroupBox yang berisi pilihan dalam setiap menu pendeteksian tangan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Adapun hasil aplikasi yang telah dirancang dalam microsoft visual studio pada gambar 4.



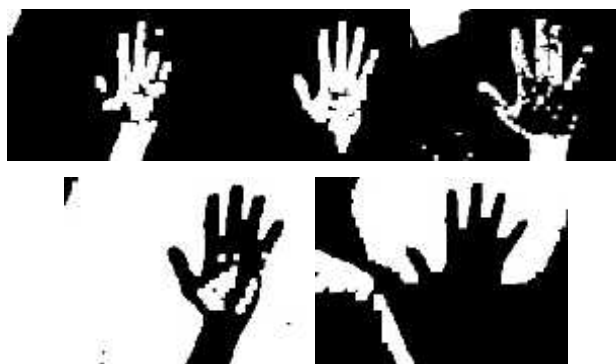
Gambar 4. Aplikasi Pendeteksian Tangan

Proses pengaplikasian deteksi tangan mempunyai nilai citra dalam YCbCr dan HSV dari beberapa kondisi. Nilai citra merupakan nilai inputan dari konversi dari citra asli. Pada pendeteksian tangan dilakukan perbedaan antara objek dan *background*, hal itu perlunya proses *threshold* untuk merubah nilai dari citra YCbCr dan HSV ke *binery* dan menghasilkan perbedaan nilai yaitu 1 dan 0. Aplikasi ini dirancang untuk mengetahui setiap komponen dalam perubahan yang terdeteksi dalam ruang citra YCbCr dan HSV.

Tabel 1. Data Nilai Input Citra YCbCr dan HSV

| No | Nama | Nilai | |
|----|--------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | Input Minimum | Input Maksimum |
| 1 | Terang YCbCr | Y = 135 , Cb = 40, Cr = 110 | Y = 230, Cb = 150, Cr = 160 |
| 2 | Normal YCbCr | Y = 45, Cb = 100 , Cr = 130 | Y = 230, Cb = 150, Cr = 160 |
| 3 | Redup YCbCr | Y = 32, Cb = 0, Cr = 0 | Y = 255, Cb = 255, Cr = 255 |
| 4 | Terang HSV | H = 0, S = 0, V = 0 | H = 255, S = 55, V = 255 |
| 5 | Normal HSV | H = 0, S = 0, V = 0 | H = 80, S = 255, V = 255 |
| 6 | Redup HSV | H = 0, S = 0, V = 30 | H = 255, S = 255, V = 255 |

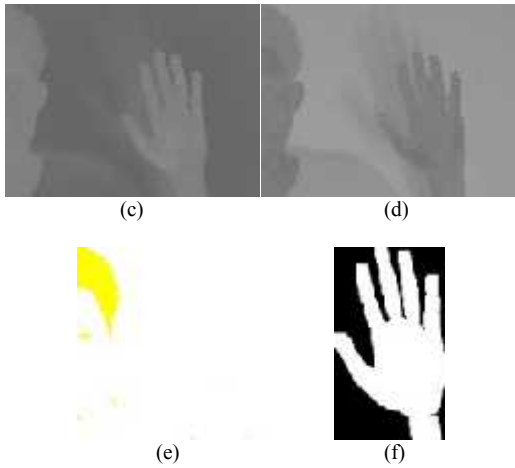
Tabel diatas adalah nilai input minimum dan maksimum yang dimasukkan ke kondisi terang, normal, redup pada citra YCbCr dan HSV. Pada setiap nilai memiliki perubahan hasil yang masing-masing cocok untuk kondisinya. Hasil tersebut dilihat perbedaan *noise* untuk pendeteksian. Semakin banyak *noise*, semakin susah untuk menentukan bentuk tangan dan penyimpanan koordinat tangan tetapi semakin sedikit *noise*, semakin bagus untuk memfokuskan pendeteksian. Pendeteksian tangan sangat diperlukan sekali. Oleh karena itu penelitian ini diperlukan untuk proses berikutnya pada *virtual mouse*.



Gambar 5 Hasil Kondisi Pencahayaan yang Tidak Cocok

Gambar 5 menunjukkan hasil yang kondisi pencahayaan yang memiliki noise pada area yang akan diambil sebagai objek berdasarkan pencahayaan yang berbeda-beda.





Gambar 6 Hasil Pengolahan Citra Terang YCbCr (a) Citra Original (b) Citra Y (c) Citra Cb (d) Citra Cr (e) Citra YCbCr (f) Threshold & ROI

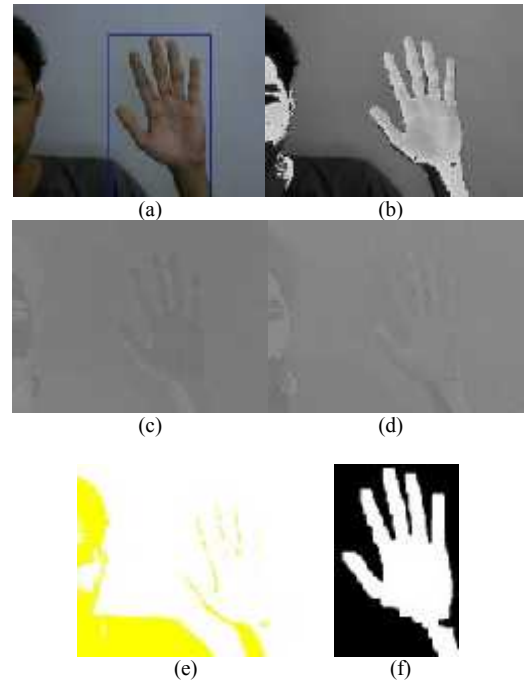
Gambar a menunjukkan gambar asli dari webcam yang sudah dirancang dengan deteksi pada kondisi terang, perubahan citra YCbCr memiliki beberapa komponen dalam gambar b yaitu komponen kroma yang menunjukkan hitamnya gambar di telapak tangan bahwa nilai yang dipakai 135 - 230 lebih berpengaruh pada citra Y daripada citra Cb dan Cr dan menghasilkan gambar deteksi threshold pada gambar f.

Tabel 2 Hasil Pengujian YCbCr Pada Pencahayaan Terang

| No | Jumlah Jari Yang Terdeteksi | Jarak | | | | Keterangan |
|----|-----------------------------|-------|----------|----------|----------|--------------------------|
| | | 30 cm | 35-40 cm | 40-45 cm | 45-50 cm | |
| 1 | 1 Jari | T | TT | TT | TT | Optimal pada jarak 30 cm |
| 2 | 2 Jari | T | T | TT | TT | Optimal pada jarak 32 cm |
| 3 | 3 Jari | T | T | TT | TT | Optimal pada jarak 32 cm |
| 4 | 4 Jari | T | T | TT | TT | Optimal pada jarak 32 cm |
| 5 | 5 Jari | T | TS | TT | TT | Optimal pada jarak 30 cm |

*T = Terdeteksi TT = Tidak Terdeteksi TS = Terdeteksi Samar

Tabel 2 menunjukkan posisi tangan pada jarak <40 cm lebih terdeteksi dan tidak jauh dari jarak 30 cm pada pengujian. Deteksi bentuk 1 jari jarak 30 cm terdeteksi optimal dan lebih dari itu mulai samar dan tidak terdeteksi karena sulitnya fokus. Pada 2 jari jarak 30 cm terdeteksi dan mencoba menjauh sampai jarak >35 cm masih terdeteksi dan lebih dari 40 cm mulai samar dan tidak terdeteksi. Pada 3 jari menunjukkan fungsi yang sama seperti 2 jari, begitu juga pada 4 jari menunjukkan hasil yang sama yang jarak optimalnya 32 cm. Deteksi bentuk 5 jari jarak 30 cm semakin jauh semakin tidak lengkapnya jari yang terdeteksi membuktikan buruknya pendeteksian. Walaupun terdeteksi tetapi masih adanya gangguan noise pada tangan karena cahaya terang kurang mengenai seluruh bagian telapak tangan.



Gambar 7 Hasil Pengolahan Citra Normal YCbCr (a) Citra Original (b) Citra Y (c) Citra Cb (d) Citra Cr (e) Citra YCbCr (f) Threshold & ROI

Gambar 7 hasil gambar b terlihatnya deteksi tangan yang menunjukkan telapak tangan lebih sempurna dari kondisi pencahayaan terang.

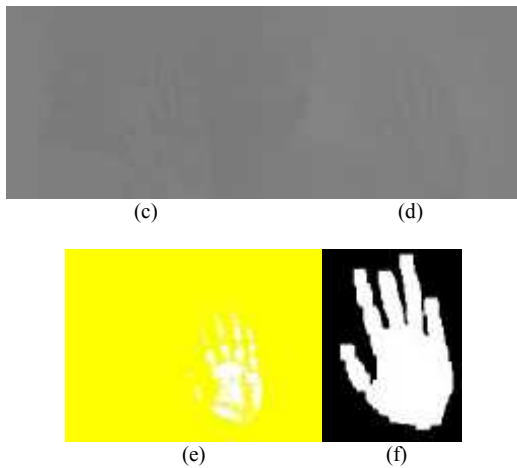
Tabel 3 Hasil Pengujian YCbCr Pada Pencahayaan Normal

| No | Jumlah Jari Yang Terdeteksi | Jarak | | | | Keterangan |
|----|-----------------------------|-------|----------|----------|----------|--------------------------|
| | | 30 cm | 35-40 cm | 40-45 cm | 45-50 cm | |
| 1 | 1 Jari | T | TS | TS | TT | Optimal pada jarak 32 cm |
| 2 | 2 Jari | T | T | T | T | Optimal pada jarak 41 cm |
| 3 | 3 Jari | T | T | T | T | Optimal pada jarak 43 cm |
| 4 | 4 Jari | T | T | TS | TS | Optimal pada jarak 36 cm |
| 5 | 5 Jari | T | T | T | TS | Optimal pada jarak 43 cm |

*T = Terdeteksi TT = Tidak Terdeteksi TS = Terdeteksi Samar

Hasil pengujian pada tabel 3 menunjukkan 2 jari dan 3 jari lebih terdeteksi daripada jari lainnya. Deteksi bentuk 1 jari masih mengalami kesulitan deteksi karena adanya bagian yang terputus yang membuat terdeteksi samar pada jarak >35 cm.





Gambar 8 Hasil Pengolahan Citra Redup YCbCr (a) Citra Original (b) Citra Y (c) Citra Cb (d) Citra Cr (e) Citra YCbCr (f) Threshold & ROI

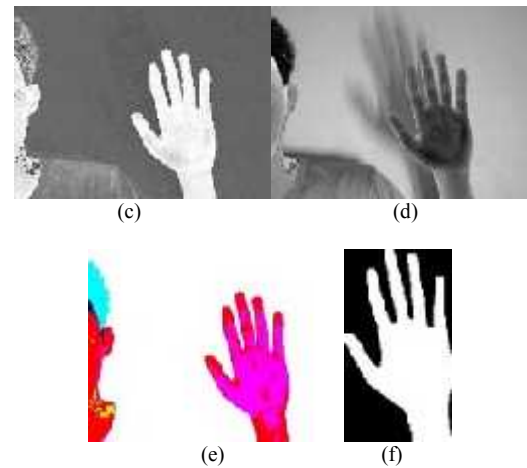
Gambar 8 menunjukkan pencahayaan redup pada menghasilkan gambar b dengan nilai inputan 32 – 255 untuk citra Y terlihatnya perbedaan citra tetapi pada hasil thresholdnya pada 5 jari terkadang masih mengalami gangguan seperti adanya jari yang terkikis.

Tabel 4 Hasil Pengujian YCbCr Pada Pencahayaan Redup

| No | Jumlah Jari Yang Terdeteksi | Jarak | | | | Keterangan |
|----|-----------------------------|-------|----------|----------|----------|---------------------------------|
| | | 30 cm | 35-40 cm | 40-45 cm | 45-50 cm | |
| 1 | 1 Jari | T | T | T | TS | Pendeteksian optimal pada dekat |
| 2 | 2 Jari | T | T | T | T | Pendeteksian optimal |
| 3 | 3 Jari | T | T | T | T | Pendeteksian optimal |
| 4 | 4 Jari | T | T | T | T | Pendeteksian optimal |
| 5 | 5 Jari | T | T | T | T | Pendeteksian optimal |

*T = Terdeteksi TT = Tidak Terdeteksi TS = Terdeteksi Samar

Hasil pengujian YCbCr pada pencahayaan redup menghasilkan pendeteksian optimal dalam 2 jari sampai 5 jari tetapi pada jarak lebih dari 47 cm terkadang mengalami pendeteksian yang terkikis.



Gambar 9 Hasil Pengolahan Citra Terang HSV (a) Citra Original (b) Citra H (c) Citra S (d) Citra V (e) Citra HSV (f) Threshold & ROI

Gambar 9 menunjukkan gambar yang tersimpan dalam perubahan HSV menunjukkan perbedaan warna pada tangan dengan Citra H, S, dan V yang dilakukan dalam proses keabuan.

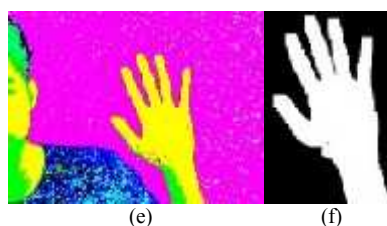
Tabel 5 Hasil Pengujian HSV Pada Pencahayaan Terang

| No | Jumlah Jari Yang Terdeteksi | Jarak | | | | Keterangan |
|----|-----------------------------|-------|----------|----------|----------|--------------------------------------|
| | | 30 cm | 35-40 cm | 40-45 cm | 45-50 cm | |
| 1 | 1 Jari | T | TS | TT | TT | Terdeteksi banyaknya noise disekitar |
| 2 | 2 Jari | T | TS | TT | TT | Terdeteksi banyaknya noise disekitar |
| 3 | 3 Jari | T | TS | TT | TT | Terdeteksi banyaknya noise disekitar |
| 4 | 4 Jari | T | TS | TT | TT | Terdeteksi banyaknya noise disekitar |
| 5 | 5 Jari | T | TS | TT | TT | Terdeteksi banyaknya noise disekitar |

*T = Terdeteksi TT = Tidak Terdeteksi TS = Terdeteksi Samar

Tabel 5 menunjukkan hasil dari jari 1 sampai 5 memiliki noise disekitar yang mengganggu proses citra pada pencahayaan terang. Batasan pendeteksian tangan tersebut tidak lebih dari jarak 32 cm.





Gambar 10 Hasil Pengolahan Citra Normal HSV (a) Citra Original (b) Citra H (c) Citra S (d) Citra V (e) Citra HSV (f) Threshold & ROI

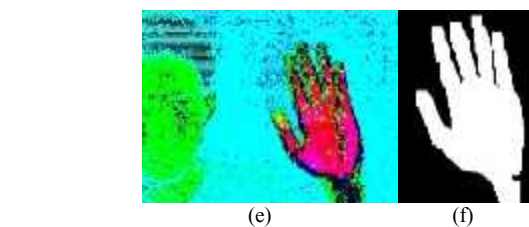
Hasil pengolahan citra normal HSV mempunyai hasil yang diharapkan yang digabungkan dengan citra dilatasi dan erosi.

Tabel 6 Hasil Pengujian HSV Pada Pencahayaan Normal

| No | Jumlah Jari Yang Terdeteksi | Jarak | | | | Keterangan |
|----|-----------------------------|-------|----------|----------|----------|-------------------------------|
| | | 30 cm | 35-40 cm | 40-45 cm | 45-50 cm | |
| 1 | 1 Jari | T | T | T | T | Optimal pada jarak 30 - 47 cm |
| 2 | 2 Jari | T | T | T | T | Optimal pada jarak 30 - 47 cm |
| 3 | 3 Jari | T | T | T | T | Optimal pada jarak 30 - 47 cm |
| 4 | 4 Jari | T | T | TS | TS | Optimal pada jarak 30 - 39 cm |
| 5 | 5 Jari | T | T | T | TS | Optimal pada jarak 30 - 41 cm |

*T = Terdeteksi TT = Tidak Terdeteksi TS = Terdeteksi Samar

Hasil pengujian pencahayaan normal jarak optimal yang rata-rata sama pada jarak 30 – 47 cm pada setiap jari dan telapak tangan yang terdeteksi.



Gambar 11 Hasil Pengolahan Citra Redup HSV (a) Citra Original (b) Citra H (c) Citra S (d) Citra V (e) Citra HSV (f) Threshold & ROI

Gambar 11 menunjukkan hasil gambarnya noise sedikit tetapi saat dimasukkannya proses dilatasi dan erosi mengalami jari yang kurang maksimal seperti hasil pada gambar f yaitu citra threshold dan ROI.

Tabel 7 Hasil Pengujian HSV Pada Pencahayaan Redup

| No | Jumlah Jari Yang Terdeteksi | Jarak | | | | Keterangan |
|----|-----------------------------|-------|----------|----------|----------|--|
| | | 30 cm | 35-40 cm | 40-45 cm | 45-50 cm | |
| 1 | 1 Jari | T | T | TS | TS | Terdeteksi tetapi jari putus-putus |
| 2 | 2 Jari | T | T | TS | TS | Jarak dekat Terdeteksi tetapi jari putus-putus |
| 3 | 3 Jari | T | T | TS | TS | Jarak dekat Terdeteksi tetapi jari putus-putus |
| 4 | 4 Jari | T | T | TS | TS | Jarak dekat Terdeteksi tetapi jari putus-putus |
| 5 | 5 Jari | T | T | TS | TS | Terdeteksi optimal pada dekat selebihnya jari tidak lengkap terdeteksi |

*T = Terdeteksi TT = Tidak Terdeteksi TS = Terdeteksi Samar

Tabel 7 pengujian HSV redup setiap jari mengalami pendeteksian yang buruk karena putus-putusnya disekitar jari.

Hasil pengujian pada tabel 2 dan 5 dapat dilihat bahwa proses ketelitian *threshold* bentuk tangan pada kondisi pencahayaan terang. Bentuk tangan dari citra YCbCr lebih optimal dengan jarak deteksi lebih jauh dan dengan hasil objek yaitu tangan lebih berkualitas dari citra HSV. Pada tabel 3 dan 6 untuk kondisi pencahayaan normal bentuk tangan yang terbaik adalah citra HSV dengan hasil jarak optimal 30 cm sampai 47 cm dari citra YCbCr. Pada table 4 dan 7 untuk kondisi pencahayaan redup bentuk tangan yang terbaik adalah citra YCbCr dengan hasil optimal pada kualitas citra.

IV. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain :

- Melakukan pengujian berdasarkan pengaruh jarak objek dan *webcam* terhadap intensitas pencahayaan dalam 3 kondisi.

- Objek terdeteksi dengan sempurna pada kondisi pencahayaan normal untuk redup kurang optimal karena adanya tangan yang terkikis.
- Citra HSV lebih unggul pada pendeteksian untuk pencahayaan ruangan yang berlampu terang tetapi Citra YCbCr juga bisa diandalkan bila HSV kurang terdeteksi.
- Pencahayaan dalam ruangan yang terang membuat pendeteksian tangan stabil dengan *background* polos.
- Proses *threshold* berguna sekali untuk membedakan antara *noise* dan objek berupa nilai minimal untuk dikatakan sebagai objek.

V. SARAN

Adapun saran pada penelitian selanjutnya dapat disarankan bahwa bisa dikembangkan untuk *tracking* gerakan tangan dalam fungsi lain atau objek dalam beberapa kondisi dan penambahan fitur lain untuk membedakan antara objek dan *background*.

REFERENSI

- I. Usuman, A. Dharmawan and A. Z. K. Frisky, "Sistem Pendeteksi Kulit Manusia Menggunakan Segmentasi Warna Kulit Pada Tipe Citra HSV (Hue Saturation Value)," *IJEIS*, vol. 2, no. 2, pp. 143-154, October 2012.
- M. Z. Talukder, A. Basak and D. M. Shoyaib, "Human Skin Detection," *Global Journal Of Computer Science And Technology Graphic & Vision*, vol. 13, no. 3, 2013.
- T. Susato, "Kombinasi Penyaring Warna Kulit Kplisit Pada Bidang Warna RGB Dan YCbCr Untuk Meningkatkan Akurasi Sistem Pendeteksi Warna Kulit," *SNASTI*, 2010.
- S. K. Singh, D. S. Chauhan, M. Vatsa and R. Singh, "A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm," *Tamkang Journal Of Science and Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 227-234, 2003.
- R. D. Kusumanto, A. N. Tompunu and W. S. Pambudi, "Klasifikasi Warna Menggunakan Pengolahan Model Warna HSV," *Jurnal Ilmiah Elite Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 83-87, September 2011.
- N. Hidayat and M. A. Rahman, "Cara Cepat Untuk Mendeteksi Keberadaan Wajah Pada Citra Yang Mempunyai Background Kompleks Menggunakan Model Warna YCbCr Dan HSV," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, vol. 2, no. 2, pp. 138-142, Oktober 2015.
- H. K. Al-Mohair, J. Mohamad-Saleh and S. A. Suandi, "Human Skin Color Detection: A Review On Neural Network Perspective," *International Journal Of Innovative Computing, Information and Control*, vol. 8, no. 12, pp. 8115-8131, December 2012.
- P. P. Adikara, A. R. Muh and E. Santosa, "Pencarian Ruang Warna Kulit Manusia Berdasarkan Nilai Karakteristik Matrik Window Citra," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIIK)*, vol. 1, no. 1, pp. 29-33, April 2014.