

OPERASI MORFOLOGI UNTUK MENDETEKSI KEBERADAAN BENDA TAJAM PADA CITRA X-RAY DI BANDARA

Oleh:
NURUL ZAINAL FANANI *)

ABSTRAK

Pemeriksaan barang bawaan penumpang adalah hal yang mutlak dilakukan sebelum seseorang memasuki kabin pesawat untuk mengantisipasi masuknya benda berbahaya kedalam pesawat. Penentuan adanya benda berbahaya dalam tas bawaan penumpang dilakukan oleh petugas *security* dengan mengamati monitor pada mesin *x-ray* bandara. Faktor kelelahan petugas sangat mempengaruhi tingkat akurasi pada proses pemeriksaan tersebut.

Sehingga pada penelitian ini dibuat perangkat lunak yang dapat diaplikasikan pada mesin *x-ray* guna membantu petugas *security* dalam menentukan adanya benda tajam yang diindikasikan sebagai barang berbahaya. Proses deteksi benda tajam diawali dengan segmentasi menggunakan *Color base*, proses *filtering* menggunakan *Morfologi* serta penentuan tajam atau tidaknya objek menggunakan *Round Value*.

Kata kunci: x-ray bandara, segmentasi berbasis warna, operasi morfologi

I. PENDAHULUAN

Keamanan dan keselamatan penumpang merupakan salah satu hal yang sangat penting dalam dunia penerbangan komersial. Barang-barang yang dianggap berbahaya (*Prohibited Item*) seperti pisau, gunting, korek api, senjata api dilarang dibawa masuk oleh penumpang kedalam kabin pesawat (Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Udara, 2010). Untuk mengantisipasi agar barang-barang berbahaya tersebut tidak masuk kedalam kabin pesawat, dilakukan proses pemindaian barang bawaan penumpang menggunakan mesin *X-Ray* atau *Body Inspection Machine* (Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Udara, 2010) di setiap bandara. Dari mesin tersebut akan dapat diketahui apakah penumpang membawa barang berbahaya atau tidak. Pemeriksaan barang bawaan penumpang menggunakan mesin *X-Ray* masih dilakukan secara manual oleh petugas keamanan di tempat pemeriksaan keamanan (*Security Check Point/SCP*). Pada jam sibuk, petugas dituntut untuk mengambil keputusan dengan cepat apakah didalam tas penumpang terdapat barang berbahaya atau tidak. Terkadang petugas melakukan kesalahan dalam pemeriksaan akibat kelelahan fisik. Untuk memperkecil kelalaian oleh petugas, diperlukan sebuah perangkat lunak yang mampu mendeteksi barang berbahaya dari citra pada mesin *X-ray* di bandara.

Penelitian mengenai pemeriksaan barang terlarang (*prohibited items*) menggunakan mesin *X-Ray* telah banyak dilakukan. Hardmeier (Hardmeier D, 2005) menggunakan *X-Ray Object recognition Test (X-Ray ORT)* untuk mengukur kemampuan visual pemeriksaan *image* hasil *screening X-Ray*. Hardmeier mempelajari kemampuan *X-Ray ORT* memvisualisasikan *prohibited items* jika berada dalam beberapa kondisi yaitu berada dalam tas kompleks, superposisi atau tumpang tindih dan berada dalam sudut pandang yang berbeda. Pada penelitian Schwaninger (Schwaninger A, 2007) menggunakan pendekatan statistik untuk mengatasi kesulitan estimasi citra pada pemeriksaan *X-Ray* menggunakan *image measurement*. Kedua penelitian tersebut hanya mempelajari apakah citra hasil *screening X-Ray* yang terdapat *prohibited items* masih dapat dikenali oleh petugas keamanan meskipun *prohibited items* tersebut berada dalam tas kompleks, superposisi atau tumpang tindih dan berada dalam sudut pandang yang berbeda (*viewpoint*). Pada kedua penelitian tersebut, penentuan adanya barang terlarang (*prohibited items*) dalam tas bawaan penumpang tetap dilakukan oleh petugas. Penelitian tersebut belum mempelajari aspek kelelahan fisik yang dapat mengakibatkan terlewatnya tas penumpang yang

*) Staf Pengajar Jurusan Teknologi Informasi, Politeknik Negeri Jember

berisi barang terlarang (*prohibited items*) terbawa kedalam kabin pesawat.

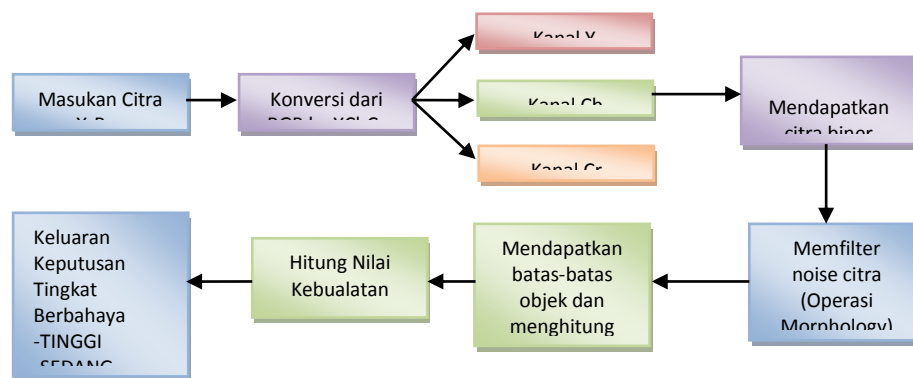
Oleh karena itu penelitian ini mempelajari bagaimana mengidentifikasi adanya barang terlarang (*prohibited items*) pada citra X-Ray hasil *screening* mesin X-Ray bandara, kemudian memberitahu petugas keamanan tentang keberadaan *prohibited items* tersebut sehingga diharapkan dapat membantu memperkecil kelalaian petugas keamanan bandara akibat kelelahan fisik.

Penelitian ini mengidentifikasi salah satu *prohibited items* yaitu benda tajam pada citra X-

Ray hasil *screening* mesin X-Ray bandara. Sebelum proses identifikasi, dilakukan proses segmentasi untuk mendapatkan benda tajam pada citra menggunakan metode *color-based segmentation* dan *morphological processing*. *Morphological processing* dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi *noise* dan memperhalus citra (Khaparde A, 2010) sehingga memudahkan pada proses selanjutnya. Pada proses identifikasi dilakukan perhitungan *round value* untuk mengetahui objek adalah benda tajam atau bukan.

II. Desain Sistem Deteksi Benda Tajam pada Citra X-Ray Bandara

Secara umum, desain sistem benda tajam pada citra x-ray bandara menggunakan *color based segmentation* dan *morphological filtering* seperti pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Seperti terlihat pada gambar 3.1, proses deteksi benda tajam dimulai dengan mengolah citra dari hasil pemindaian mesin X-Ray bandara. Citra kemudian dikonversi dari citra *RGB* ke citra *YCbCr*. Proses berikutnya adalah proses segmentasi citra serta menghilangkan *noise* menggunakan *morphological filtering*. Setelah dilakukan proses *filtering*, dari citra tersebut dicari batasnya menggunakan metode deteksi bidang batas (*boundary detection*) untuk masing-masing objek serta dilabeli untuk setiap objek yang ditemukan. Masing-masing objek dihitung tingkat kebulatannya, apabila obyek memiliki tingkat kebulatan/kebundaran yang kecil dapat diasumsikan bahwa objek tersebut adalah benda tajam. Untuk lebih detail dari tahapan proses diatas akan dijelaskan pada subbab tersendiri.

Untuk mengimplementasikan rancangan sistem pada blok diagram diatas maka dibuat diagram alur simulasi perangkat lunak seperti ditunjukkan pada gambar 3.2.

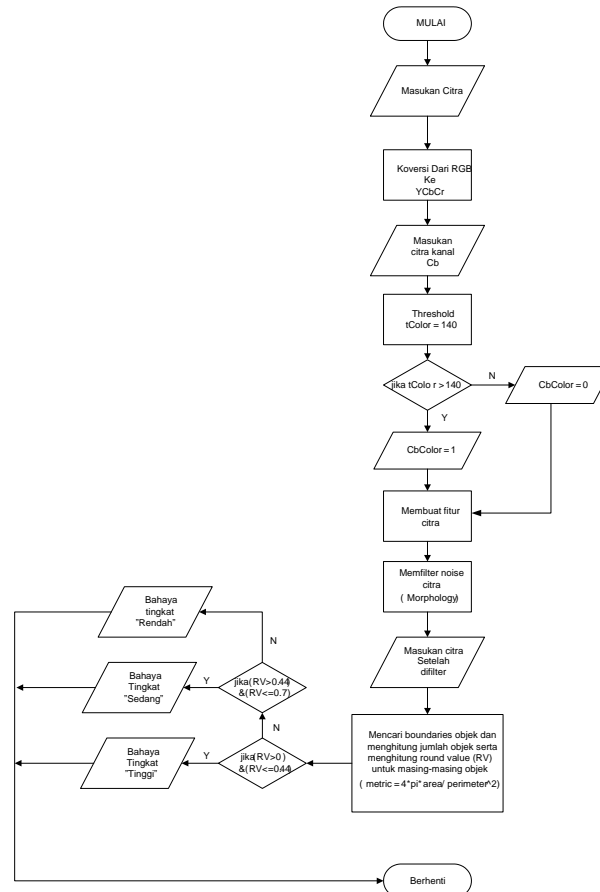
Proses deteksi benda tajam sebagai barang berbahaya (*prohibited item*) dimulai dengan memproses citra dari hasil pemindaian mesin X-Ray bandara. Benda logam pada citra X-Ray cenderung berwarna biru, sehingga untuk dapat mensegmentasi objek benda tajam dengan objek yang lain dilakukan dengan mengubah format citra yang masih berformat *RGB* kedalam format *YCbCr*.

Proses selanjutnya adalah proses *Thresholding* yaitu proses yang bertujuan untuk memisahkan objek benda tajam dengan latar belakangnya (*background*) menggunakan nilai *threshold* = 130. Nilai 130 diperoleh dari hasil pengujian. Citra yang telah diubah dalam format *YCbCr*, diambil nilai *Cb* dari tiap piksel untuk dibandingkan dengan nilai *threshold* tersebut. Jika nilai *Cb* dari suatu piksel lebih dari nilai *threshold* = 130 maka nilai piksel akan diubah menjadi 1. Dan sebaliknya, jika nilai *Cb* dari suatu piksel

kurang dari nilai *threshold* = 130 maka nilai piksel diubah menjadi 0.

Dari proses *thresholding* diperoleh citra biner (*binary image*) dan fitur dari obyek, akan tetapi masih terdapat *noise* pada citra. Untuk mengurangi *noise* tersebut, dilakukan proses *filtering* menggunakan operasi *morphology*. Setelah proses *filtering*, maka dicari batas-batas (*boundary*) untuk menentukan objek yang dicari pada citra biner. Setelah objek ditemukan, kemudian dihitung tingkat kebulatan/kebundaran

(*round value*) untuk masing-masing objek menggunakan *shape factor*. Apabila nilai *round value* (RV) kurang dari 0,44 maka obyek dianggap sebagai benda logam tajam atau barang dengan tingkat bahaya yang tinggi, apabila nilai RV antara 0,44-0,7 maka benda logam diidentifikasi sebagai barang yang tidak tajam, apabila nilai RV 0,7-1 maka benda logam diidentifikasi sebagai barang yang tidak berbahaya. Untuk nilai RV akan dicari nilai yang tepat untuk masing-masing objek yang berbeda.



Gambar 3.2 Diagram Alir Desain Sistem

Dari proses *thresholding* diperoleh citra biner (*binary image*) dan fitur dari obyek, akan tetapi masih terdapat *noise* pada citra. Untuk mengurangi *noise* tersebut, dilakukan proses *filtering* menggunakan operasi *morphology*. Setelah proses *filtering*, maka dicari batas-batas (*boundary*) untuk menentukan objek yang dicari pada citra biner. Setelah objek ditemukan, kemudian dihitung tingkat kebulatan/kebundaran (*round value*) untuk masing-masing objek menggunakan *shape factor*. Apabila nilai *round value* (RV) kurang dari 0,44 maka obyek dianggap sebagai benda logam tajam atau barang dengan tingkat bahaya yang tinggi, apabila nilai RV antara 0,44-0,7 maka benda logam diidentifikasi sebagai

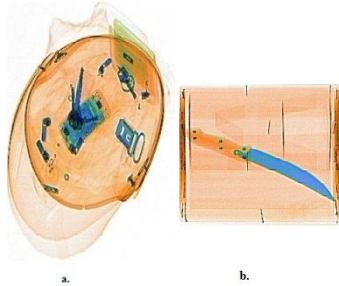
barang yang tidak tajam, apabila nilai RV 0,7-1 maka benda logam diidentifikasi sebagai barang yang tidak berbahaya. Untuk nilai RV akan dicari nilai yang tepat untuk masing-masing objek yang berbeda.

3.1 Citra Masukan Dari Hasil Mesin X-ray Bandara

Gambar yang ditampilkan pada *display* monitor mesin *X-Ray* bandara mempunyai beberapa warna berdasarkan atom material yang dideteksi yaitu warna orange menunjukkan material *organic*, warna hijau menunjukkan material *unorganik* serta warna biru menunjukkan barang/bahan dari logam.

Pada penelitian ini, benda tajam sebagai obyek yang dideteksi merupakan barang yang terbuat dari logam. Selain bertujuan untuk membedakan obyek yang terbuat dari logam,

penelitian ini juga membedakan apakah obyek tersebut merupakan benda tumpul atau benda tajam.



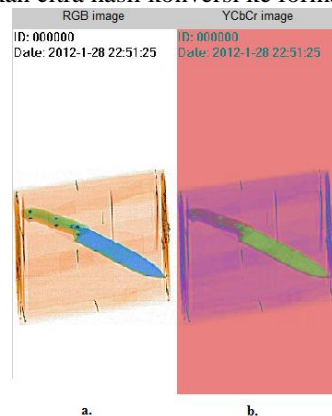
Gambar 3.3 a. Citra x-ray tanpa pisau b. citra x-ray pisau

Gambar 3.3 menunjukkan citra dari mesin X-Ray bandara. Dimana gambar 3.3a merupakan citra dengan obyek tanpa terdapat benda tajam, sedangkan gambar 3.3b merupakan citra dari obyek benda tajam yaitu pisau yang terbuat dari logam.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Konversi Citra Dari Format RGB ke YCbCr

Konversi citra ini dilakukan untuk merubah format citra dari hasil mesin x-ray bandara yang berformat RGB ke YCbCr. Dari gambar 4.1a terlihat citra yang masih berformat RGB. Sedangkan gambar 4.1b merupakan citra hasil konversi ke format YCbCr.



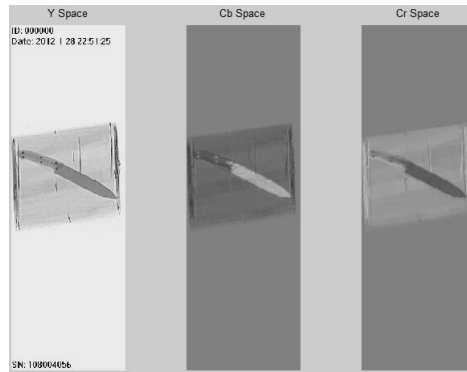
Gambar 4.1 a. Citra Format RGB. B. Citra Format YCbCr

Dari gambar 4.1 (b) terlihat objek pisau yang awalnya pada format RGB berwarna biru, terlihat berwarna hijau pada format YCbCr.

4.2 Membagi Citra Ke Masing-masing Kanal

Citra yang telah dirubah keformat YCbCr kemudian dibagi kedalam masing-masing kanal warna yaitu kanal Y, kanal Cb, dan kanal Cr. Gambar 4.2 memperlihatkan pembagian citra yang berformat YCbCr kedalam masing-masing kanal.

Karena logam dari citra mesin x-ray cenderung berwarna biru maka kanal Cb yang akan diproses lebih lanjut.



Gambar 4.2 Pembagian citra kedalam masing-masing kanal.

Dari proses pembagian citra berdasarkan kanal Y, kanal Cb, dan kanal Cr, terlihat objek pisau sangat menonjol pada citra di kanal Cb. Citra pisau pada kanal Y dan kanal Cr relative sama. Sehingga untuk proses berikutnya pengolahan citra dari kanal tersebut kurang sesuai.

4.3 Segmentasi Citra

Citra yang berasal dari kanal Cb kemudian disegmentasi menggunakan *threshold*

segmentation, dimana piksel yang mempunyai nilai lebih dari nilai *threshold* yaitu 132 maka nilai warna Cb akan diberi nilai 0, sebaliknya apabila nilai piksel yang

dimiliki kurang dari nilai *threshold* maka nilai warna Cb diberi nilai 1. Gambar 4.3 menunjukkan hasil segmentasi menggunakan proses *thresholding*



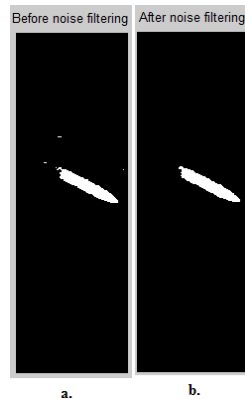
Gambar 4.3 Hasil segmentasi menggunakan proses *thresholding*.

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa citra dari kanal Cb yang telah melalui proses segmentasi berdasarkan nilai *threshold*nya sudah mulai tampak objek pisaunya. Namun apabila diamati masih terdapat noise pada citra tersebut. Hal ini terjadi karena objek dari bahan logam selain pisau masih terdeteksi, sehingga perlu proses perbaikan citra dengan teknik *filtering*.

4.4 Memfilter Citra Menggunakan Operasi Morfologi

Dari citra yang telah tersegmentasi, proses berikutnya adalah memfilter citra menggunakan operasi morfologi. Untuk

menghilangkan noise berupa objek-objek kecil yang dihasilkan dari objek bukan pisau seperti *resleting*, kunci digunakan teknik menghilangkan piksel yang mempunyai ukuran kurang dari 30 piksel. Namun pada percobaan berikutnya nilai 30 ini akan dirubah-rubah sampai diperoleh nilai yang paling tepat dimana noise dapat dihilangkan dan objek pisau itu sendiri masih dapat teridentifikasi. Proses berikutnya adalah memperhalus objek menggunakan teknik *closing*. Dari berbagai proses tersebut akan diperoleh citra dengan objek yang lebih baik. Gambar 4.4 menunjukkan proses sebelum dan sesudah filterisasi.



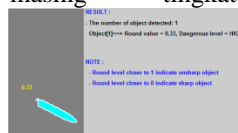
Gambar 4.4 a. Sebelum difilter. b. Setelah difilter.

Citra yang telah mengalami proses *filtering* terlihat lebih *smooth* dan noise yang dihasilkan oleh benda-benda logam kecil selain pisau telah hilang.

4.5 Pencarian Batas-batas Objek dan Penghitungan Tingkat Kebulatan Objek.

Setelah proses filterisasi menggunakan operasi morfologi, proses berikutnya adalah mencari batas-batas untuk masing-masing objek. Dari proses ini akan diperoleh jumlah objek yang terdapat pada citra tersebut. Dari masing-masing

objek yang ditemukan akan diberi warna yang berbeda untuk masing-masing objek. Kemudian dilanjutkan dengan menghitung tingkat kebulatan dari masing-masing objek yang ditemukan, serta member kesimpulan apakah objek yang ditemukan tersebut merupakan barang berbahaya dengan tingkat bahaya yang tinggi, sedang atau rendah.



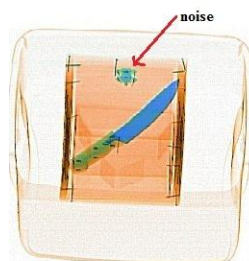
Gambar 4.5 Hasil identifikasi objek pisau.

Gambar 4.5 menunjukkan, terdeteksinya sebuah objek dengan nilai kebulatan 0,33, sehingga dapat disimpulkan bahwa objek tersebut diindikasikan sebuah pisau dengan tingkat bahaya yang tinggi. Nantinya tidak menutup kemungkinan terdapat lebih dari satu objek yang terdeteksi. Dan untuk masing-masing objek yang terdeteksi dapat dilihat tingkat kebulatan serta tingkat bahayanya.

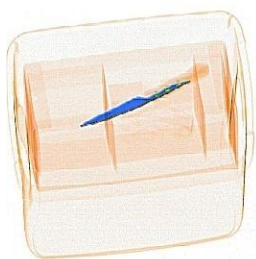
4.6 Perubahan Piksel Minimal Pada Proses *Filtering*

Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai piksel minimal yang

paling efektif untuk menghilangkan noise objek yang tidak diperlukan, namun informasi objek pisaunya sendiri tidak hilang. Gambar 4.6 menunjukkan contoh citra dengan noise yang cukup besar. Gambar 4.7 menunjukkan citra pisau dengan posisi miring. Saat posisi miring citra dengan objek pisau setelah melalui proses segmentasi mempunyai nilai piksel cenderung lebih kecil, sehingga perlu dicari nilai piksel minimal untuk menghilangkan noise pada proses *filtering*, namun objek pisau itu sendiri juga tidak hilang.



Gambar 4.6 Contoh citra dengan noise cukup besar



Gambar 4.7 Contoh citra pisau dengan posisi miring.

Tabel 4.1 menunjukkan perubahan nilai piksel minimal pada proses *filtering* dimana dicari nilai piksel minimal namun tidak menghilangkan informasi dari objek pada proses *filtering*.

Tabel 4.1 Perubahan nilai piksel minimal pada proses *filtering*.

No.	Objek	Nilai piksel minimal	Jumlah Objek teridentifikasi
1	1	30	2
2	1	50	2
3	1	70	2
4	1	90	2
5	1	110	1
6	1	130	1
7	2	30	2
8	2	50	1
9	2	70	1
10	2	90	1
11	2	110	1
12	2	130	1

Dari tabel 4.1 dapat dilihat bahwa perubahan nilai piksel minimal pada proses *filtering* sangat mempengaruhi jumlah objek yang terdeteksi dimana semakin besar nilai pikselnya maka objek yang terdeteksi akan berkurang. Nilai

4.7 Tingkat Akurasi Pada Setiap Perubahan Objek

Percobaan kali ini bertujuan untuk mengetahui seberapa akurat perangkat lunak dapat mengidentifikasi objek dengan posisi objek dirubah dan objek pisau juga diganti dengan pisau yang lain. Tabel 4.2 menunjukkan tingkat akurasi perangkat lunak terhadap perubahan posisi serta perubahan objek pisau.

Tabel 4.2 Tingkat akurasi perangkat lunak

Dari tabel 4.2 terlihat bahwa semua objek pisau dapat dikenali dengan tingkat bahaya tinggi walaupun posisi pisau dipindah serta model pisau yang diganti.

No.	Model Pisau	Posisi pisau	Jumlah Objek Teridentifikasi	Tingkat Bahaya		
				Rendah	Sedang	Tinggi
1	1	1	2	0	0	2
2	1	2	1	0	0	1
3	1	3	1	0	0	1
4	1	4	1	0	0	1
5	1	5	2	0	0	2
6	2	1	1	0	0	1
7	2	2	1	0	0	1
8	2	3	1	0	0	1
9	2	4	1	0	0	1
10	2	5	1	0	0	1
11	3	1	1	0	0	1
12	3	2	1	0	0	1
13	3	3	1	0	0	1
14	3	4	1	0	0	1
15	3	5	1	0	0	1
16	4	1	1	0	0	1
17	4	2	1	0	0	1
18	4	3	1	0	0	1
19	4	4	1	0	0	1
20	4	5	1	0	0	1

ideal piksel minimal yang digunakan pada proses *filtering* adalah 110 piksel. Dimana jumlah objek noise yang terdeteksi berkurang namun objek pisau itu sendiri masih terlihat.

4.8 Identifikasi Objek Pisau Yang Digabungkan Objek Lain

Pada pengujian kali ini akan dicari seberapa efektif perangkat lunak masih dapat mendeteksi objek pisau yang digabung dengan objek lain namun yang tidak terbuat dari logam. Tabel 4.3 menunjukkan hasil dari perangkat lunak terhadap objek pisau yang digabung dengan objek lain bukan logam.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Perangkat Lunak Pada Objek Pisau Yang Dicampur Dengan Objek Lain

Sampel	Hasil
1	Teridentifikasi
2	Teridentifikasi
3	Teridentifikasi
4	Teridentifikasi
5	Teridentifikasi
6	Teridentifikasi
7	Teridentifikasi
8	Teridentifikasi
9	Teridentifikasi
10	Teridentifikasi

Pada tabel 4.3 terlihat, dari 10 kali proses identifikasi objek pisau yang digabung dengan objek lain, 10 kali juga objek pisau teridentifikasi. Sehingga dapat dikatakan bahwa perangkat lunak sangat efektif untuk mengidentifikasi pisau walaupun objek pisau dicampur dengan objek lain yang tidak terbuat dari logam.

4.9 Identifikasi Objek Pisau Bukan Logam

Pada percobaan ini dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat lunak mampu mengidentifikasi objek pisau yang terbuat dari bahan bukan logam, atau benda mirip pisau seperti pedang-pedangan yang terbuat dari plastik. Tabel 4.4 menunjukkan hasil identifikasi perangkat lunak terhadap objek pisau bukan logam.

4.4 Identifikasi Pada Objek Pisau Bukan Logam

Sampel	Hasil
1	Tidak Teridentifikasi
2	Tidak Teridentifikasi
3	Tidak Teridentifikasi
4	Tidak Teridentifikasi
5	Tidak Teridentifikasi
6	Tidak Teridentifikasi
7	Tidak Teridentifikasi
8	Tidak Teridentifikasi
9	Tidak Teridentifikasi
10	Tidak Teridentifikasi

Dari tabel 4.4 terlihat bahwa perangkat lunak tidak mampu mengidentifikasi pisau yang terbuat bukan dari bahan logam. Hal ini disebabkan karena pada proses segmentasi menggunakan acuan warna biru dari citra yang menunjukkan bahwa objek tersebut terbuat dari bahan logam.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil uji coba dan analisa pada perangkat lunak yang menggunakan proses segmentasi berbasis citra, operasi morfologi pada proses *filtering* dan tingkat kebulatan untuk mendeteksi objek pisau dari citra mesin x-ray bandara, dapat diambil beberapa kesimpulan. Serta ditambahkan saran dalam pengembangan penelitian berikutnya.

5.1 Kesimpulan

1. Nilai ideal piksel minimal yang digunakan pada proses *filtering* adalah 110 piksel. Dimana jumlah objek *noise* yang terdeteksi dapat berkurang namun objek pisau itu sendiri masih terlihat.
2. Dengan perangkat lunak yang dikembangkan, objek pisau dari bahan logam dapat dikenali dengan tingkat bahaya tinggi walaupun posisi pisau dipindah serta model pisau diganti.

3. Perangkat lunak dengan algoritma yang ditawarkan dinilai sangat efektif untuk mengidentifikasi pisau walaupun objek pisau dicampur dengan objek lain yang tidak terbuat dari logam.
4. Perangkat lunak dengan algoritma yang ditawarkan, tidak mampu mengidentifikasi pisau yang terbuat bukan dari bahan logam. Hal ini disebabkan karena pada proses segmentasi menggunakan acuan warna biru dari citra yang menunjukkan bahwa objek tersebut terbuat dari bahan logam.

5.2 Saran

1. Untuk penelitian berikutnya selain parameter warna pada proses segmentasi, bisa ditambahkan juga parameter bentuk. Sehingga bahaya berbahaya lain dapat diidentifikasi dalam satu proses saja.

2. Pada proses identifikasi dapat ditambahkan algoritma cerdas untuk mengidentifikasi objek berbahaya dari citra x-ray bandara.

Perangkat lunak yang dikembangkan untuk identifikasi barang berbahaya dari citra x-ray bandara dapat menjadi kesatuan dengan sistem di mesin x-ray itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Udara. (2010). *Tata Cara Pemeriksaan Keamanan, Penumpang, Personel Pesawat udara dan Barang Bawaan yang Diangkut dengan Pesawat udara dan Orang Perseorangan*. Nomor: SKEP/2765/XII/2010
- [2] Hardmeier D. (2005) *The X-Ray Object Recognition Test (x-ray ort) – A Reliable and Valid Instrument for Measuring Visual Abilities Needed in X-Ray Screening*. Department of Psychology, University of Zurich, Switzerland.
- [3] Schwaninger A. (2007) *A Statistical Approach for Image Difficulty Estimation in X-Ray Screening Using Image Measurements*. Department of Psychology, University of Zurich, Switzerland Max Planck Institute for Biological Cybernetics, Tübingen, Germany
- [4] Khaparde A. (2010) *Face Detection Using Color Based Segmentation and Morphological Processing – A Case Study*. Bharath Institute of Science and Technology Aurora's Technological and Research Institute, Hyderabad.
- [5] H.J.C Liujten (2005). *Basic of Color based Computer Vision Implement in Matlab* DCT 2005.87.
- [6] Murinto Eko Aribowo, Wahyu N. (2001). *Deteksi Jenis Warna Kulit Wajah untuk Klasifikasi Ras Manusia menggunakan Transformasi Warna*. Universitas Ahmad Dahlan Jogjakarta
- [7] Linda G Shapiro, George C Stockman (2001). *Computer Vision*. pp. 279-325, New Jersey, Prentice Hall.
- [8] Alan Bovic.(2009). *The Essential Guide to Image Processing*.
- [9] Indah Susilawati. (2012) *Teknik Pengolahan Citra. Mathematical Morphology*. Universitas Mercu Buana, Yogyakarta