

IDENTIFIKASI OBYEK BENDA TAJAM DI BANDARA MENGUNAKAN PENGOLAHAN CITRA DIGITAL PADA CITRA X-RAY

Gambhi Bintang Nugroho^{1*}, Risma Ananda², Perani Rosyani³

¹⁻³Fakultas Ilmu Komputer, Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Raya Puspiptek No. 46,
Kel. Buaran, Kec. Serpong, Kota Tangerang Selatan. Banten 15310, Indonesia
Email: [1*nugrahaintang43@gmail.com](mailto:nugrahaintang43@gmail.com), [2>rismanananda203@gmail.com](mailto:rismanananda203@gmail.com), [3dosen00837@unpam.ac.id](mailto:dosen00837@unpam.ac.id)
(* : coresponding author)

Abstrak– Kemunculan teknologi pencitraan digital telah merevolusi diagnostik medis, khususnya dengan penggunaan mesin sinar-X. Makalah ini mengeksplorasi prinsip-prinsip dan kemajuan dalam pencitraan sinar-X digital, yang menekankan manfaat teknis dan klinisnya dibandingkan metode analog tradisional. Sistem sinar-X digital menggunakan berbagai sensor dan teknik pemrosesan untuk mengubah foton sinar-X menjadi sinyal elektronik, yang kemudian diproses menjadi gambar beresolusi tinggi. Sistem ini menawarkan keuntungan yang signifikan, termasuk kualitas gambar yang ditingkatkan, paparan radiasi yang berkurang, dan ketersediaan gambar langsung, sehingga memudahkan diagnosis dan perawatan yang lebih cepat. Selain itu, gambar sinar-X digital dapat dengan mudah disimpan, diambil, dan dibagikan, sehingga meningkatkan efisiensi perawatan pasien dan kolaborasi di antara para profesional kesehatan. Integrasi algoritma pemrosesan gambar yang canggih dan teknik pembelajaran mesin semakin meningkatkan kemampuan diagnostik, memungkinkan deteksi dan analisis kondisi patologis yang lebih tepat. Makalah ini memberikan analisis mendalam tentang kerangka kerja teknologi yang mendasari pencitraan sinar-X digital dan mengevaluasi dampaknya terhadap praktik klinis, menyoroti inovasi yang sedang berlangsung dan prospek masa depan di lapangan.

Kata Kunci: Pencitraan Digital, X-Ray, Diagnostik Medis, Image Processing, Machine Learning, Paparan Radiasi, Efisiensi Perawatan Kesehatan

Abstract– The advent of digital imaging technology has revolutionized medical diagnostics, particularly with the use of X-ray machines. This paper explores the principles and advancements in digital X-ray imaging, emphasizing its technical and clinical benefits over traditional analog methods. Digital X-ray systems utilize a range of sensors and processing techniques to convert X-ray photons into electronic signals, which are then processed into high-resolution images. These systems offer significant advantages, including enhanced image quality, reduced radiation exposure, and immediate image availability, facilitating quicker diagnosis and treatment. Furthermore, digital X-ray images can be easily stored, retrieved, and shared, improving the efficiency of patient care and the collaboration among healthcare professionals. The integration of advanced image processing algorithms and machine learning techniques has further augmented the diagnostic capabilities, enabling more precise detection and analysis of pathological conditions. This paper provides an in-depth analysis of the technological frameworks underpinning digital X-ray imaging and evaluates its impact on clinical practices, highlighting ongoing innovations and future prospects in the field.

Keywords: Digital Imaging, X-ray, Medical Diagnostics, Image Processing, Machine Learning, Radiation Exposure, Healthcare Efficiency

1. PENDAHULUAN

Keamanan bandara merupakan prioritas utama dalam menjaga keselamatan penumpang dan mencegah terjadinya tindakan terorisme serta kegiatan ilegal lainnya. Salah satu ancaman signifikan yang dihadapi adalah penyelundupan benda tajam yang dapat digunakan sebagai senjata oleh pelaku teror atau kriminal. Deteksi manual oleh petugas keamanan sering kali tidak efektif karena keterbatasan manusia dalam memproses informasi visual secara cepat dan akurat dalam situasi yang penuh tekanan. Oleh karena itu, diperlukan solusi teknologi yang dapat membantu meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pemeriksaan keamanan di bandara.

Proses identifikasi benda tajam dalam bagasi atau barang bawaan penumpang melalui citra X-ray adalah tugas yang menantang. Benda tajam sering kali memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi, serta dapat terbuat dari berbagai jenis material, yang membuat deteksinya semakin kompleks. Selain itu, kondisi pencahayaan dan kualitas citra X-ray yang bervariasi juga dapat mempengaruhi akurasi deteksi. Petugas keamanan harus dapat mengidentifikasi benda-benda ini dengan cepat dan tepat untuk mencegah potensi ancaman, namun kemampuan manusia dalam mendeteksi objek yang tersembunyi atau tersamarkan sering kali terbatas.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan teknologi keamanan di bandara. Dengan sistem identifikasi otomatis yang lebih canggih, diharapkan deteksi benda tajam dapat dilakukan dengan lebih cepat dan akurat, sehingga mengurangi risiko kesalahan deteksi dan meningkatkan keselamatan penumpang. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang pengolahan citra dan keamanan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan melibatkan beberapa tahapan utama, yaitu pengumpulan dan preprocessing data citra X-ray, pengembangan dan penerapan algoritma pengolahan citra, pelatihan dan evaluasi model CNN, serta implementasi dan pengujian sistem dalam lingkungan simulasi yang menyerupai kondisi nyata di bandara. Dataset yang digunakan akan mencakup berbagai jenis benda tajam dan non-tajam untuk memastikan sistem dapat mengenali berbagai variasi objek yang mungkin ditemukan di bandara.

Dengan pendekatan yang sistematis dan teknologi terkini, penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi yang efektif dan praktis dalam menghadapi tantangan keamanan di bandara, serta memastikan keselamatan dan kenyamanan bagi semua penumpang.



Gambar 1. Hasil X-Ray

Beberapa jenis sistem X-ray yang umum digunakan di bandara:

1. Sistem X-ray Dual-Energy

- **Prinsip Kerja:** Menggunakan dua tingkat energi yang berbeda dari sinar X untuk memindai objek. Sistem ini dapat membedakan antara bahan organik dan anorganik berdasarkan penyerapan sinar X pada dua energi yang berbeda.
- **Penggunaan:** Digunakan untuk memeriksa bagasi terdaftar dan memberikan informasi lebih lanjut tentang komposisi bahan dalam objek yang dipindai.

2. Sistem X-ray Computed Tomography (CT)

- **Prinsip Kerja:** Menggunakan teknologi pencitraan tomografi komputer untuk menghasilkan gambar tiga dimensi dari objek. Sistem ini memberikan pandangan lebih mendetail tentang isi bagasi dan memungkinkan analisis lebih akurat.
- **Penggunaan:** Semakin banyak digunakan untuk memeriksa bagasi terdaftar karena kemampuannya memberikan detail yang lebih tinggi dan kemampuan deteksi yang lebih baik.

3. Sistem X-ray Backscatter

- **Prinsip Kerja:** Memanfaatkan sinar X yang tersebar balik dari objek yang dipindai untuk menghasilkan gambar. Sistem ini sangat sensitif terhadap bahan organik seperti plastik, cairan, dan bahan peledak.
- **Penggunaan:** Sering digunakan untuk memeriksa penumpang dan barang bawaan mereka, terutama untuk mendeteksi bahan peledak dan senjata yang tersembunyi.

4. Sistem X-ray Scatter

- **Prinsip Kerja:** Memanfaatkan hamburan sinar X dari objek untuk mengidentifikasi bahan dengan menghasilkan spektrum hamburan yang unik.
- **Penggunaan:** Biasanya digunakan untuk mendeteksi bahan tertentu yang mungkin tersembunyi dalam bagasi atau barang bawaan.



Gambar 2. Pemeriksaan X-Ray

Keunggulan dan Keterbatasan

- **Keunggulan:** Sistem X-ray ini mampu mendeteksi berbagai jenis benda dan bahan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dual-energy dan CT scan menawarkan kemampuan deteksi yang lebih baik dan lebih detail dibandingkan sistem transmisi biasa.
- **Keterbatasan:** Biaya dan kompleksitas teknis dari sistem CT dan high-energy lebih tinggi, dan beberapa sistem mungkin menghadapi tantangan dalam hal kecepatan dan throughput dalam lingkungan bandara yang sibuk

Di bandara, sistem X-ray biasanya ditempatkan di beberapa lokasi, seperti di pos pemeriksaan keamanan untuk barang bawaan tangan dan di area pengecekan bagasi untuk bagasi terdaftar. Kombinasi dari berbagai sistem ini memungkinkan deteksi yang komprehensif terhadap berbagai ancaman keamanan.

3. ANALISA DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengolahan Citra Digital

pengolahan citra digital adalah istilah umum yang mencakup berbagai teknik untuk memanipulasi dan menganalisis citra digital dengan tujuan meningkatkan kualitas, mengidentifikasi objek, dan mengekstrak informasi penting dari citra tersebut. Proses pengolahan citra melibatkan beberapa tahapan, termasuk akuisisi citra, preprocessing untuk meningkatkan kualitas citra, segmentasi untuk memisahkan objek dari latar belakang, ekstraksi fitur untuk mengenali karakteristik objek, serta klasifikasi menggunakan algoritma pembelajaran mesin.

3.2 Segmentasi

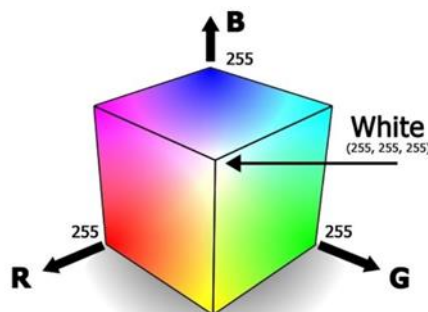
Dalam visi komputer, segmentasi adalah proses mempartisi citra digital menjadi beberapa bagian yang lebih kecil dan lebih mudah dianalisis. Tujuan dari segmentasi adalah untuk menyederhanakan dan/atau mengubah penyajian gambar ke dalam bentuk yang lebih bermakna dan mudah dipahami, baik untuk analisis lanjutan maupun untuk interpretasi visual oleh manusia. Dengan memisahkan objek penting dari latar belakang dan bagian lainnya, segmentasi memungkinkan identifikasi dan pengenalan objek atau fitur tertentu dalam citra, yang merupakan langkah penting dalam berbagai aplikasi pengolahan citra seperti pengenalan objek, deteksi tepi, dan analisis kontur.

Hasil segmentasi citra adalah seperangkat segmen yang secara kolektif mencakup seluruh gambar atau satu set kontur yang diekstrak dari citra. Setiap piksel dalam suatu wilayah memperhatikan beberapa karakteristik properti atau dihitung, seperti warna, intensitas, atau tekstur. Daerah yang berdekatan sangat berbeda sehubungan dengan karakteristik yang sama.

3.3 Ruang Warna

Ruang warna adalah sistem yang menggambarkan rentang warna yang dapat dikenali dan direpresentasikan oleh kamera atau perangkat lainnya. Ruang warna merupakan kumpulan dari berbagai kode atau nilai numerik yang digunakan untuk mendefinisikan warna tertentu dalam model warna tertentu. Contoh ruang warna yang umum termasuk RGB (Red, Green, Blue), CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Black), dan HSV (Hue, Saturation, Value). Setiap ruang warna memiliki cara unik untuk merepresentasikan warna dan digunakan dalam berbagai aplikasi pengolahan citra untuk memastikan bahwa warna-warna dalam citra dapat diidentifikasi, dianalisis, dan direproduksi dengan akurat.

Setiap warna dalam ruang warna RGB ditunjukkan dengan kombinasi dari tiga warna utama, yaitu merah, hijau, dan biru. Dalam model ini, warna-warna dapat direpresentasikan sebagai vektor tiga dimensi dengan masing-masing komponen (merah, hijau, dan biru) bernilai antara 0 dan 255. Ruang warna RGB dapat digambarkan sebagai kubus di mana setiap sumbu mewakili intensitas salah satu dari ketiga warna utama, dengan titik asal (0,0,0) sebagai warna hitam dan titik (255,255,255) sebagai warna putih. Warna-warna lain berada di dalam kubus ini berdasarkan kombinasi proporsional dari ketiga warna utama.



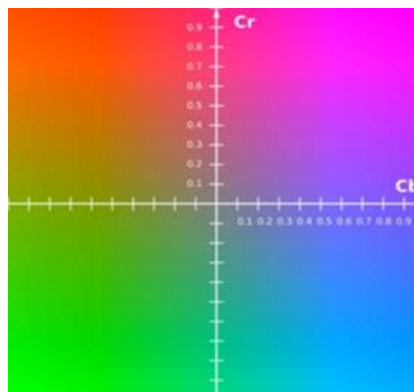
Gambar 3. Contoh Ruang Warna RGB

Nilai RGB terletak pada satu sudut dan nilai cyan, magenta, dan yellow berada di sudut lainnya. Warna hitam berada pada titik asal (0,0,0), sedangkan warna putih terletak pada titik terjauh dari titik asal (255,255,255).

YCbCr, juga dikenal sebagai Y'CbCr atau Y Pb/Cb Pr/Cr, adalah ruang warna yang digunakan terutama dalam kompresi dan pemrosesan gambar dan video digital. Dalam ruang warna ini:

- **Y** (luminance) mewakili kecerahan gambar.
- **Cb** (blue-difference chroma) dan **Cr** (red-difference chroma) mewakili informasi warna.

Ruang warna YCbCr memisahkan informasi kecerahan dari informasi warna, memungkinkan kompresi data yang lebih efisien karena mata manusia lebih sensitif terhadap perubahan kecerahan dibandingkan dengan perubahan warna. Ini sangat berguna dalam standar video digital seperti JPEG, MPEG, dan lainnya.



Gambar 4. Ruang Warna YCbCr

3.4 Pencarian Batas

Pencarian Batas/Kontur adalah operasi yang digunakan untuk menentukan batas atau kontur dari segmen objek dalam sebuah citra digital. Operasi ini dilakukan dengan memeriksa titik-titik objek untuk menentukan apakah titik tersebut merupakan bagian dari batas atau kontur. Proses ini melibatkan identifikasi titik-titik objek yang tidak dikelilingi sepenuhnya oleh titik-titik objek lainnya. Jika titik objek tersebut bukan merupakan titik batas, maka ia dikelompokkan sebagai bagian dari interior objek. Sebaliknya, jika titik objek tersebut berbatasan dengan latar belakang atau area non-objek, maka ia dianggap sebagai titik batas atau kontur.

3.5 Dilasi

Operasi dilasi dalam pengolahan citra dilakukan untuk memperbesar ukuran segmen objek dengan menambahkan lapisan di sekeliling objek. Tujuannya adalah untuk mengisi celah-celah kecil atau lubang-lubang kecil di dalam objek, sehingga objek menjadi lebih terhubung atau lebih tebal. Operasi ini sering digunakan untuk memperbaiki bentuk objek yang tidak terlalu halus atau untuk memisahkan objek dari latar belakang dengan lebih jelas dalam proses analisis citra.

3.6 Operasi Erosi

Operasi erosi dalam pengolahan citra adalah kebalikan dari operasi dilasi. Erosi dilakukan dengan menghapus titik-titik objek (disebut nilai 1) sehingga mereka menjadi bagian dari latar belakang (disebut nilai 0), berdasarkan struktur elemen (structuring element) S yang digunakan. Pada proses erosi, struktur elemen ini bergerak melintasi citra dan setiap bagian citra yang cocok dengan struktur elemen S akan dihapuskan, mengurangi ukuran objek dan memperhalus batasnya. Erosi berguna untuk menghilangkan detail kecil dari objek, memisahkan objek yang saling terhubung, atau memperkecil area objek yang dianggap tidak relevan dalam analisis citra.

3.7 Opening

Opening dalam pengolahan citra adalah sebuah operasi yang terdiri dari dua tahap: erosi yang diikuti oleh dilasi. Pada tahap pertama, citra asli didilasi dengan menggunakan sebuah elemen struktur (structuring element). Setelah itu, hasil dari tahap dilasi tersebut dierosi menggunakan elemen struktur yang sama. Efek yang dihasilkan dari operasi opening adalah menghilangkan atau menutupi objek-objek kecil dalam citra, memungkinkan untuk memisahkan objek yang terhubung atau menghilangkan detail-detail yang tidak diinginkan. Opening sering digunakan dalam pengolahan citra untuk menghaluskan tepi objek dan mempersiapkannya untuk operasi analisis yang lebih lanjut.

3.8 Closing Operasi

penutupan (Closing) juga merupakan kombinasi antara operasi erosi dan dilasi yang dilakukan secara berurutan, tetapi citra asli dierosi terlebih dahulu baru kemudian hasilnya didilasi. Efek yang dihasilkan adalah mengisi lubang kecil pada obyek, menggabungkan obyek-obyek yang berdekatan, dan secara umum men-smooth-kan batas dari obyek besar tanpa mengubah area obyek secara signifikan.



Gambar 5. Penjumlahan Warna Pada RGB

4. KESIMPULAN

Keamanan bandara merupakan prioritas utama dalam menjaga keselamatan penumpang dan mencegah terjadinya tindakan terorisme serta kegiatan ilegal lainnya. Salah satu ancaman signifikan yang dihadapi adalah penyelundupan benda tajam yang dapat digunakan sebagai senjata oleh pelaku teror atau kriminal. Deteksi manual oleh petugas keamanan sering kali tidak efektif karena keterbatasan manusia dalam memproses informasi visual secara cepat dan akurat dalam situasi yang penuh tekanan. Oleh karena itu, diperlukan solusi teknologi yang dapat membantu meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses pemeriksaan keamanan di bandara.

Proses identifikasi benda tajam dalam bagasi atau barang bawaan penumpang melalui citra X-ray adalah tugas yang menantang. Benda tajam sering kali memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi, serta dapat terbuat dari berbagai jenis material, yang membuat deteksinya semakin kompleks. Selain itu, kondisi pencahayaan dan kualitas citra X-ray yang bervariasi juga dapat mempengaruhi akurasi deteksi. Petugas keamanan harus dapat mengidentifikasi benda-benda ini dengan cepat dan tepat untuk mencegah potensi ancaman, namun kemampuan manusia dalam mendeteksi objek yang tersembunyi atau tersamarkan sering kali terbatas.