

Tinjauan Literatur Sistematis tentang Structural Similarity Index Measure untuk Deteksi Anomali Gambar

Systematic Literature Review of Structural Similarity Index Measure for Image Anomaly Detection

Halim Bayuaji Sumarna¹, Ema Utami², Anggit Dwi Hartanto³

^{1,2,3} Magister Teknik Informatika Universitas AMIKOM Yogyakarta

E-mail: *¹halim.chuy@amikom.ac.id, ²emma@nrar.net, ³anggit@amikom.ac.id

Abstrak

Image enhancement merupakan prosedur yang digunakan untuk memproses gambar sehingga dapat memperbaiki atau meningkatkan kualitas gambar agar selanjutnya dapat dianalisis untuk tujuan tertentu. Ada banyak algoritma image enhancement yang dapat diterapkan pada suatu gambar, salah satunya dapat menggunakan algoritma structural similarity index measure (SSIM), algoritma ini berfungsi sebagai alat ukur dalam menilai kualitas gambar, bekerja dengan membandingkan fitur structural dari gambar, dan kualitas gambar dijelaskan oleh kesamaan structural. Selain untuk menilai kualitas suatu gambar, SSIM dapat menjadi metode dalam menganalisis perbedaan gambar, sehingga diketahui anomali dari perbandingan dua gambar berdasarkan data structural dari sebuah gambar. Tinjauan literature sistematis ini digunakan untuk menganalisis dan fokus pada algoritma SSIM dalam mengetahui anomaly 2 gambar yang terlihat mirip secara human visual system. Hasil sistematis review menunjukkan bahwa penggunaan algoritma SSIM dalam menilai kualitas gambar berkorelasi kuat dengan HVS (Human Vision System) dan dalam deteksi anomaly gambar menghasilkan akurasi yang berbeda, karena terpengaruh intensitas cahaya dan posisi kamera dalam mengambil gambar sebagai dataset.

Kata Kunci— SSIM, anomaly, gambar, deteksi

Abstract

Image enhancement is a procedure used to process images so that they can correct or improve image quality so that they can then be analyzed for specific purposes. Many image enhancement algorithms can be applied to an image. one of the usable methods is the structural similarity index measure (SSIM) algorithm, this algorithm serves as a measuring tool in assessing image quality. It works by comparing the structural features of images, and the image quality is explained by structural similarity. In addition to assessing the quality of an image, SSIM can be a method of analyzing image differences. So, the anomalies are known from the comparison of two images based on the structural data from an image. This systematic literature review is used to analyze and focus on the SSIM algorithm in knowing anomaly 2 images that look similar to the human visual system. Systematic review results show that the use of the SSIM algorithm in assessing image quality is strongly correlated with HVS (Human Vision System). In anomaly detection of images produces different accuracy because it is affected by light intensity and camera position in taking pictures as a dataset.

Keywords— SSIM, anomaly, gambar, deteksi

1. PENDAHULUAN

Dalam kehidupan kita sehari-hari tidak pernah terlepas dari sebuah visual yang dinamakan gambar. Mata kita menangkap pantulan cahaya dari suatu benda dan mengubah cahaya menjadi gelombang elektrik. Otak kemudian memproses sinyal elektrik tersebut menjadi sebuah gambar dan dapat diartikan bahwa apa yang terlihat oleh kita telah melalui proses pengolahan otak. Gambar saat ini telah menjadi alat komunikasi yang sangat penting dalam membantu manusia memecahkan masalah dalam pemenuhan penunjang kehidupan. Seiring berkembangnya dunia komputasi yakni meningkatnya kapasitas dan kecepatan proses computer dan kamera dalam mereplikasi sistem mata manusia, kita dapat mengambil informasi dari suatu citra atau gambar. Salah satunya menggunakan teknik pengolahan citra atau gambar.

Digital Image Processing adalah suatu ilmu yang mempelajari cara menciptakan, mengolah dan menganalisis suatu gambar sehingga menghasilkan informasi yang dapat dipahami oleh manusia. Melalui teknik pengolahan gambar yang tepat diharapkan dapat bermanfaat dan mampu membantu manusia dalam berbagai kehidupan seperti pada bidang militer dalam melacak musuh yang bergerak sehingga dapat menjadi target penembakan secara tepat, bidang medis dalam menganalisis hasil scan anggota tubuh dan menganalisis fraktur pada tulang, bidang film dan fotografi dalam mengolah foto maupun video [1]. Pengolahan gambar digital dibagi menjadi beberapa kelas dengan beragam algoritma didalamnya antara lain Image Enhancement dalam memperbaiki atau meningkatkan kualitas gambar, Image Compression untuk mengurangi ukuran file gambar, Image Restoration dalam memperbaiki gambar ke kondisi semula, Feature Extraction dalam mengekstraksi ciri atau fitur dari gambar untuk dianalisis [2].

Image enhancement merupakan nama yang diberikan kepada kelas prosedur yang digunakan untuk memproses gambar sehingga dapat memperbaiki atau meningkatkan kualitas gambar agar selanjutnya dapat dianalisis untuk tujuan tertentu. Ada banyak algoritma *image enhancement* yang dapat diterapkan pada suatu gambar, salah satunya dapat menggunakan algoritma *structural similarity index measure* (SSIM), algoritma ini berfungsi sebagai alat ukur dalam menilai kualitas gambar, bekerja dengan membandingkan fitur structural dari gambar, dan kualitas gambar dijelaskan oleh kesamaan structural [3]. Sebelum menggunakan SSIM untuk mengukur kualitas gambar, dibutuhkan gambar sebagai referensi. Kemudian meletakkan gambar eksperimen dan gambar referensi untuk melakukan pengukuran kesamaan structural. Semakin tinggi kesamaan, semakin tinggi kualitas gambar, sedang semakin rendah kesamaan, semakin rendah juga kualitas gambar. Selain untuk menilai kualitas suatu gambar, SSIM dapat menjadi metode dalam menganalisis perbedaan gambar, sehingga kita dapat mengetahui anomaly perbedaan dari perbandingan dua gambar tersebut berdasarkan data structural dari sebuah gambar.

Paper ini ditulis untuk memberikan gambaran kepada peneliti tentang penggunaan Algoritma SSIM sebagai alat ukur dalam menilai kualitas gambar, mendeteksi perbedaan gambar dan persamaan gambar. Diharapkan setelah mendapatkan gambaran tentang penggunaan Algoritma SSIM dapat digunakan dalam mendeteksi anomaly video dalam bentuk sequence gambar yang hampir mirip untuk mengetahui perbedaan dari 2 gambar sequence yang dibandingkan sehingga dapat membantu industri film atau sebuah studio film dalam mendeteksi perbedaan gambar sequence antara gambar sebelum revisi dan sesudah revisi sesuai dengan akurasi dan persepsi Human Visual System (HVS) [3] sehingga dapat mempercepat proses produksi.

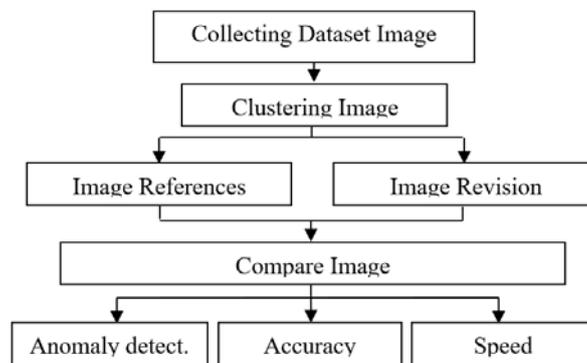
2. METODE PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan agar tujuan dari paper ini dapat tercapai adalah dengan meninjau literature yang ada. Dalam proses deteksi perbedaan gambar dan kualitas gambar tahapan pertama yang dilakukan adalah tahapan pengumpulan dataset, berbagai penelitian mengambil dataset dari berbagai sumber Open-video project, Youtube, YOUKU [4] . ORL(Olivetti Research Laboratory Cambridge), Caltech dan Face96 [5] . TID2013, LIVE, dan

FLT [6] . Multi-PIE, FEEDTUM dan AVOZES [7]. Beberapa penelitian membuat objek dataset sendiri sesuai dengan objek yang akan diteliti [8] [9][10][5][11][12] [13][14][15][16][17].

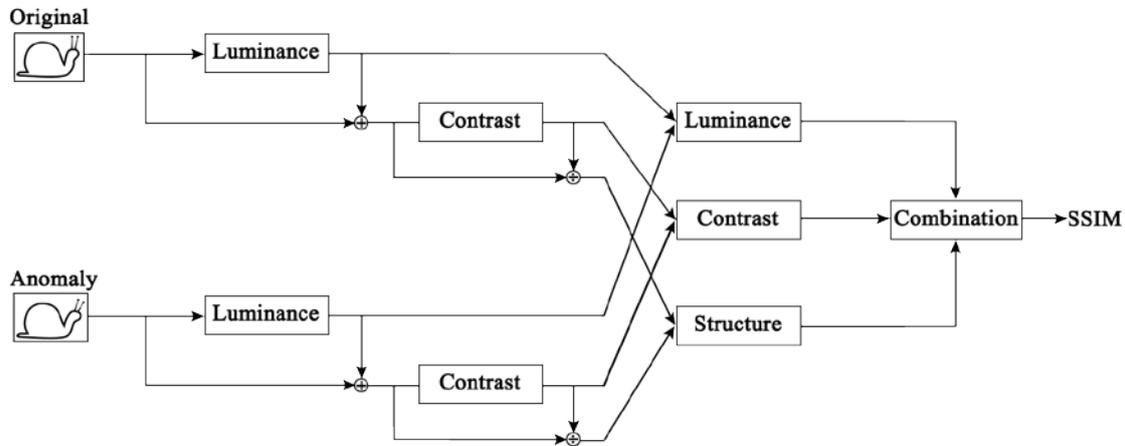
Tahapan kedua yaitu menganalisis bagaimana SSIM dapat bekerja dengan baik dalam mengetahui perbedaan gambar dan kualitas gambar, penelitian sebelumnya [5] melakukan proses mendeteksi cacat pada kaleng dengan cara mengambil gambar sebuah kaleng minuman yang diproduksi dengan baik menggunakan sebuah kamera selanjutnya mengambil gambar kaleng minuman yang terdapat cacat produksi dan menggunakan SSIM dalam mendeteksi cacat hasil printing gambar pada kaleng cacat dengan menunjukkan pada bagian manakah posisi cacat itu berada. Penelitian sebelumnya [6][12][7] juga melakukan metode yang sama yakni dengan cara membandingkan 2 gambar dalam menemukan perbedaan gambar. Sedangkan pada penelitian [10] [14] membandingkan gambar untuk mengetahui persamaan dari 2 gambar untuk selanjutnya dikelompokkan sesuai dengan gambar yang mempunyai kemiripan.

Pada tahapan ketiga adalah cara menguji tingkat akurasi dalam mendeteksi perbedaan gambar seperti pada penelitian lain yang telah dilakukan [5]. Penelitian lain sebelumnya [8] memberikan gambaran seberapa cepat SSIM dalam mendeteksi perpindahan transisi sebuah video dibandingkan dengan penggunaan Convolutional Neural Network. Dari hasil penelitian-penelitian tersebut didapatkan kesimpulan dalam menentukan metode agar sesuai dengan tujuan paper ini yakni menemukan anomaly pada sebuah gambar sequence dan mendapatkan akurasi yang tepat serta hasil kecepatan proses deteksi. Langkah pertama yang akan dilakukan antara lain pengumpulan data dengan mengambil dataset gambar sequence dari satu project film yang memiliki tingkat revisi paling banyak pada sebuah studio sehingga diharapkan akan mendapatkan banyak data yang mempunyai banyak kemiripan untuk dapat dianalisis dalam mendeteksi anomaly gambar. Kedua adalah mengelompokkan data gambar sesuai dengan kemiripan 2 buah gambar yang akan dibandingkan. Ketiga adalah membandingkan gambar dan langkah terakhir adalah menemukan anomaly, akurasi serta kecepatan dalam mendeteksi. Adapun metode yang akan dilakukan diurutkan secara sistematis dengan mengacu pada tinjauan literature yang ada dijelaskan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Method for Goals

Pada tinjauan literature langkah-langkah yang digunakan dalam menilai kualitas gambar dan mendeteksi perbedaan gambar dijelaskan dalam Gambar 2.



Gambar 2. SSIM method

Algoritma SSIM (Structural Similarity Index Measure) merupakan salah satu metode dalam mengukur kemiripan diantara 2 buah citra gambar dan berkorelasi kuat dengan kualitas persepsi Human Visual System (HVS) [3]. Algoritma SSIM adalah metode membandingkan fitur struktural dari gambar, dan kualitas gambar dijelaskan oleh kesamaan struktural. Sebelum menggunakan SSIM untuk mengukur kualitas gambar, dibutuhkan gambar sebagai referensi. Kemudian meletakkan gambar eksperimen dan gambar referensi untuk melakukan pengukuran kesamaan struktural. Semakin tinggi kesamaan, semakin tinggi kualitas gambar, sedangkan semakin rendah kesamaan, semakin rendah juga kualitas gambar. Gambar adalah distribusi intensitas cahaya yang dipantulkan dari permukaan objek. Oleh karena itu, piksel gambar terkait dengan iluminasi dan refleksi dari permukaan objek. Namun demikian struktur dari objek tidak tergantung pada luminasi dan algoritma SSIM dapat memisahkan informasi struktur dari gambar [15].

Algoritma SSIM memisahkan fitur luminasi, kontras dan struktur dari dua buah signal, kemudian membuat perbandingan fitur-fitur ini dan mendapatkan kesamaan dari kombinasi. Pada akhirnya mendapatkan tiga hasil perbandingan. Pertama, luminasi dari masing-masing gambar akan dibandingkan. Dengan asumsi sinyal diskrit sebagai intensitas rata-rata, fungsi perbandingan cahaya (x,y) adalah fungsi dari μ_x dan μ_y [3] seperti yang terlihat pada persamaan 1.

$$\mu_x = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \right) \quad (1)$$

Kedua, rata-rata intensitas dari sinyal dihilangkan. Dalam bentuk diskrit, sinyal $x - \mu_x$ yang dihasilkan sesuai dengan proyeksi vector x ke hyperplane yang didefinisikan, seperti yang terlihat pada persamaan 2.

$$\sum_{i=1}^N X_i = 0 \quad (2)$$

Menggunakan standar deviasi sebagai estimasi dari sinyal kontras. Perkiraan tidak bias dalam diskrit dengan persamaan 3.

$$\sigma_x = \left(\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_x)^2 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Ketiga, sinyal dinormalkan atau dibagi oleh standar deviasi sendiri, sehingga dua sinyal yang dibandingkan memiliki unit standar deviasi. Perbandingan kontras $C(x, y)$ adalah perbandingan σ_x dan σ_y . Perbandingan struktur $S(x, y)$ dilakukan pada sinyal yang dinormalisasi atau dibagi $(x - \mu_x) / \sigma_x$ dan $(y - \mu_y) / \sigma_y$. Pada akhirnya, tiga komponen digabungkan untuk menghasilkan ukuran kesamaan secara keseluruhan, seperti pada rumus persamaan 4.

$$S(x, y) = f(l(x, y), c(x, y), s(x, y)) \quad (4)$$

Ketiga komponen tersebut relative independen. Misalnya, perubahan luminasi ataupun kontras tidak akan mempengaruhi struktur gambar. Melengkapi definisi ukuran kesamaan yang dihasilkan akan mendefinisikan dari 3 fungsi $l(x, y)$, $c(x, y)$, $s(x, y)$ serta fungsi kombinasi $f(\cdot)$. Ukuran kesamaan harus memiliki kondisi sebagai berikut:

1. Symmetry: $S(x, y) = S(y, x)$
2. Keterbatasan: $S(x, y) \leq 1$
3. Maksimum unique: $S(x, y) = 1$ jika dan hanya jika $x = y$ (dalam representasi diskrit, $x_i = y_i$ untuk semua $i = 1, 2, \dots, N$).

Dari 3 perbandingan didefinisikan pada persamaan 5, 6, 7 sebagai berikut:

$$\text{Luminance : } L(x, y) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \quad (5)$$

$$\text{Contrast : } C(x, y) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2} \quad (6)$$

$$\text{Structure : } S(x, y) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x\sigma_y + C_3} \quad (7)$$

Dimana konstanta C_1, C_2, C_3 dimasukkan untuk menghindari ketidakstabilan ketika $\mu_x^2 + \mu_y^2, \sigma_x^2 + \sigma_y^2, \sigma_x\sigma_y$ mendekati 0 dipilih secara khusus, terlihat pada persamaan 8.

$$C_1 = (K_1L)^2, C_2 = (K_2L)^2, C_3 = C_2/2 \quad (8)$$

L adalah *dynamic range* dari data sample dimana nilai pixel (255 untuk gambar *grayscale 8-bit*) dan $K_1 \ll 1$ dan K_2 adalah 2 konstanta kecil. μ_x, σ_x^2 dan σ_{xy} adalah rata-rata dari x , varians x , dan kovarian masing-masing x dan y . Dari ketiga kombinasi perbandingan fungsi *luminance*, *Contrast* dan *Structure* persamaan hasil pengukuran SSIM index antara signal x dan y didefinisikan pada persamaan 9.

$$\text{SSIM}(x, y) = [l(x, y)]^\alpha [c(x, y)]^\beta [s(x, y)]^\gamma \quad (9)$$

Dimana α, β, γ menentukan bobot yang diberikan untuk masing-masing model yaitu luminance, Contrast, dan Struktur. Hasil akhir spesifik dari SSIM (19) index adalah seperti yang terlihat pada persamaan 10.

$$\text{SSIM}(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (10)$$

Dimana μ_x, μ_y, σ_x dan σ_y adalah rata-rata dan standar deviasi dari kedua gambar asli dan referensi masing – masing, C_1 dan C_2 adalah constanta [3].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang menggunakan SSIM sebagai alat untuk mendeteksi anomali gambar antara lain penelitian yang menerapkan algoritma SSIM ke dosis radioterapi untuk mengungkap berbagai kesalahan antara distribusi dua dosis [8]. Metode yang dilakukan dengan merancang tiga pola kesalahan pengujian yaitu kesalahan dosis absolute, dosis gradient dan dosis struktur. Dalam pengujian dosis absolute didapatkan hasil bahwa indeks luminance dalam SSIM memiliki potensi untuk mendeteksi kesalahan dosis. Pada pengujian dosis gradient didapatkan hasil bahwa indeks luminance dan contrast pada SSIM dapat digunakan sebagai indikator dalam mendeteksi perbedaan dosis gradient 2 gambar dan pada pengujian dosis struktur didapatkan hasil bahwa indeks struktur dapat mendeteksi perbedaan antara dua gambar. Dari hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa algoritma SSIM dapat mengungkapkan kesalahan dosis absolute, dosis gradient dan dosis struktur serta dapat digunakan bersama dengan analisis gamma untuk melakukan evaluasi kuantitatif distribusi dosis dalam pemberian dosis radioterapi.

Pada penelitian lain sebelumnya [9] melakukan penelitian dengan merancang dan membangun sebuah aplikasi pencarian slot parkir kosong menggunakan algoritma SSIM. Umumnya tempat parkir hanya menyediakan slot-slot parkir untuk ditempati mobil tanpa ada sistem yang memberikan informasi kepada pengendara mengenai ketersediaan slot parkir tersebut, sehingga pengendara harus mengelilingi area parkir tersebut memastikan apakah masih terdapat slot parkir yang dapat ditempati. Sistem yang dibuat menggunakan smartphone android sebagai sumber informasi dan ketika aplikasi dibuka maka akan melakukan request ke computer server mengenai ketersediaan slot, selanjutnya server akan mengirim data terakhir mengenai ketersediaan slot dari data cctv terakhir kepada pengguna. Dari hasil penelitian ini mendapatkan tingkat akurasi sebesar 60%, beberapa hal yang berpengaruh terhadap tingkat pendeteksian yaitu intensitas cahaya dan posisi kamera.

Penelitian lain dilakukan bertujuan untuk mendeteksi cut transition dan gradual transition pada sebuah video dengan dataset dari Open-video, Youtube, dan YOUKU [4]. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SSIM dan pendekatan ORB descriptor mendapatkan hasil skor F1 92,5% dan lima kali kecepatan real-time dengan satu CPU pada 106040 frame dari dataset video. Penelitian lain dilakukan bertujuan untuk mendeteksi wajah menggunakan robot pengintai [10]. Hasil dari SSIM diolah lagi dengan menggunakan Algoritma Spectral Clustering untuk dikelompokkan wajah-wajah yang memiliki kemiripan. Menggunakan dataset dari ORL (Olivetti Research Laboratory Cambridge), Caltech dan Faces96. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa SSIM memberikan ukuran kesamaan yang lebih akurat daripada ORB, SIFT atau SURF. Model yang diusulkan juga tidak berubah untuk berpose dan berekspresi (sampai batas tertentu). SSIM melampaui teknik lain seperti MSE dengan mengekstraksi fitur struktural dari gambar. Ini mengarah pada peningkatan kinerja yang signifikan karena manusia juga mengekstraksi informasi struktural dari visual. SSIM menghilangkan efek penerangan dan kemudian menggunakan atribut yang menggambarkan struktur objek untuk mendapatkan informasi struktural yang diinginkan.

Salah satu penelitian yang telah dilakukan sebelumnya untuk mendekati tentang deteksi perbedaan gambar [5]. Penelitian ini mencari cara bagaimana menemukan cacat produksi dalam mencetak gambar digital pada kaleng minuman ringan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kualitas produksi dalam mengontrol cacat gambar digital printing pada kaleng yang dibandingkan dengan kaleng dengan standar printing yang baik atau tidak ada cacat. Platform sistem hardware yang dipakai adalah menggunakan line scan camera untuk memindai gambar pada kaleng yang diputar menggunakan dinamo motor, sumber lampu coaxial untuk menghindari refleksi dan cahaya sekitar. Kemudian hasil scan diolah menggunakan software algoritma SSIM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma SSIM dapat secara efektif mencapai berbagai deteksi cacat halus, dan mengatasi motor ketidakstabilan kecepatan, gangguan cahaya sekitar dan efek lainnya, dengan ketahanan yang bagus.

Penelitian sebelumnya telah melakukan penelitian tentang penilaian gambar radiologi yang merupakan hasil dari gambar MRI dan film biasa [11]. Peneliti menggunakan 16 metrik IMA (Image Quality Metric) untuk menilai gambar radiologi tersebut. SSIM memiliki dasar

metrik berupa luminance, kontras, dan struktur. Hasil gambaran radiologi dilakukan pengujian menggunakan 16 metrik SSIM dan selanjutnya gambar tersebut dibandingkan dengan analisis ahli radiologi. Peneliti mendapatkan hasil bahwa dengan pendekatan multifaktorial dari 16 metrik terdapat 4 metrik SSIM (4-G-SSIM, 4-MS-G-SSIM, 4-G-r, dan 4-MS-G-r) yang sama dengan HVS (*Human Vision System*). Hasil tersebut menunjukkan bahwa gambar radiologi dapat dianalisis menggunakan SSIM dengan cara membandingkan dengan referensi dataset gambar dan dapat digunakan sebagai pengganti ahli radiologi untuk menganalisis gambar radiologi tersebut.

Penelitian lain yang menggunakan SSIM4 yang merupakan metode multiplikasi SSIM untuk mengukur kesamaan prediksi referensi gambar dengan gambar yang terdistorsi atau data penginderaan jarak jauh [12]. Hasil penelitian menunjukkan SSIM4 memberikan korespondensi terbaik terhadap persepsi manusia untuk dataset yang diuji. Penelitian sebelumnya telah melakukan sebuah penelitian penggunaan metode interpolasi yaitu NNI, Bilinear Interpolation, Bicubic Interpolation dan NNV untuk meningkatkan penilaian kualitas citra [6]. Tahap pertama peneliti melakukan pengujian kualitas citra menggunakan 4 interpolasi tersebut. Tahap kedua peneliti menguji menggunakan metode SSIM. Tahapan bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas gambar dari hasil tahap pertama yaitu interpolasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode Bicubic Interpolation memberikan nilai SSIM yang lebih tinggi dibandingkan metode interpolasi lainnya.

Penelitian lain telah [13] melakukan penelitian tentang implementasi algoritma ssim dalam mengevaluasi kualitas visual otomatis dari permukaan cetak 3D agar dapat menghemat bahan, daya dan waktu. Dengan melakukan percobaan pada dataset berjumlah 92 sampel yang di cetak 3D dengan warna filamen PLA dan ABS. 16 sampel pertama untuk filamen PLA dan telah di nilai sebagai sampel berkualitas tinggi atau rendah. sampel 17 hingga 92 dicetak menggunakan filamen ABS dengan beberapa diantaranya berisi beberapa sampel retakan - simbol tidak diisi dengan warna apapun. Semua sampel diklasifikasikan ke dalam empat kategori: kualitas tinggi, cukup tinggi, cukup rendah dan rendah. hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi algoritma SSIM dalam mengevaluasi kualitas visual dari permukaan cetak 3D mendapatkan hasil yang baik dan mendapat klasifikasi yang tepat dalam semua sampel yang digunakan dalam percobaan.

Peneliti lain sebelumnya telah [14] melakukan penelitian menggunakan algoritma SSIM yang digunakan sebagai metode baru dalam menemukan ekspresi wajah yang paling mirip dengan gambar yang diberikan dengan memanfaatkan aspek structural visual dari ekspresi. Hasil penelitian ini adalah SSIM dapat digunakan sebagai algoritma dalam machine learning dalam menemukan ekspresi wajah. Penelitian lain sebelumnya [7] bertujuan untuk mendeteksi pergerakan objek berdasarkan area menggunakan video dari sebuah kamera cctv. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa pertama, penggunaan SSIM merupakan pilihan baik untuk deteksi objek gerak. Nilai SSIM akan berubah dengan jelas ketika ada pergerakan objek pada sebuah video. Kedua, deteksi objek bergerak direalisasikan oleh algoritma SSIM dengan ambang batas = 0,5. Penelitian sebelumnya yang bertujuan untuk mendeteksi tepian objek menggunakan 4 operator (Robert, sobel, prewitt, canny) dan menggunakan SSIM sebagai standar alat ukur dalam mengetahui kualitas gambar. operator canny mendapatkan nilai SSIM tertinggi [15].

Penggunaan algoritma SSIM dalam bidang medis juga dilakukan oleh seorang peneliti yang meneliti tentang deteksi kanker payudara. Penelitian sebelumnya yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar mammogram dalam mendeteksi kanker payudara dan mengukur kesamaan structural SSIM [16]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma peningkatan kualitas gambar dan menggunakan SSIM dalam mengukur kesamaan structural gambar mendapatkan hasil yang optimal dalam mendeteksi kanker pada pasien. Penelitian lain yang memanfaatkan algoritma SSIM dalam menilai kualitas live video frame berdasarkan penilaian objektif berdasarkan model warna RGB, XYZ, YCbCr dan YUV dengan pendekatan Operator Edge Detection [17]. Berdasarkan hasil SSIM, model warna XYZ memiliki kesamaan kualitas yang tinggi dan menunjukkan kehilangan data yang rendah selama transformasi. Rincian perbandingan analisis dari beberapa penelitian yang digunakan sebagai ulasan dalam penggunaan algoritma SSIM sebagai dasar deteksi anomaly gambar dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Analisis Perbandingan Proses Tinjauan

Referensi Paper	Tujuan Paper	Kesimpulan	Saran/Kelemahan
[8]	Implementasi SSIM ke bidang verifikasi dosis radioterapi dan mengevaluasi kemampuannya untuk mengungkap berbagai jenis kesalahan antara distribusi dua dosis	Implementasi SSIM dapat mengungkapkan kesalahan dosis absolute, dosis gradient dan dosis struktur dari dua buah dosis	Hasil penelitian ini bukan sebagai metode utama tetapi masih sebagai pendukung analisis yang lain yaitu analisis gamma dalam mengevaluasi distribusi dosis radioterapi
[9]	Mendeteksi ketersediaan slot parkir mobil yang kosong menggunakan SSIM guna memberikan informasi kepada pengendara mengenai ketersediaan slot parkir	Penggunaan SSIM dapat menterjemahkan slot parkir kosong dan terisi dengan akurasi lebih dari 60%	Deteksi ketersediaan slot parkir ini dipengaruhi oleh intensitas cahaya dan posisi kamera ketika intensitas cahaya rendah maka deteksi akan semakin sulit
[4]	Mendeteksi cut transition dan graduation transition dalam sebuah video	Dalam penelitian ini dapat mendeteksi CT dan GT dengan SSIM	Dalam penelitian ini jika video dalam keadaan blur atau flicker akan sulit mendeteksi peralihan shot, ketika ada shot yang tiba-tiba blur akan dilihat sebagai pergantian transisi.
[10]	Mendeteksi wajah menggunakan robot pengintai	SSIM lebih unggul dalam mengenali wajah dibanding ORB dan SIFT	Penelitian ini akan kurang dalam akurasi ketika di implementasikan ke dalam kamera pengawas langsung karena masih dipengaruhi intensitas cahaya
[5]	Menemukan cacat produksi dalam mencetak gambar digital pada minuman kaleng	SSIM efektif dalam mendeteksi cacat halus pada kaleng	Penelitian ini hanya mendeteksi perbedaan satu gambar saja
[11]	Analisis kualitas gambar radiologis menggunakan metric dari keluarga SSIM untuk menilai persepsi kualitas gambar diagnosis medis dengan kualitas gambar hasil pengamatan manusia	4 komponen metric dari keluarga SSIM menunjukkan hasil yang kuat dengan HVS (Human Vision System) dan dapat digunakan sebagai pengganti ahli radiologi dalam menganalisis hasil radiologi	Pendekatan analisis gambar dari kualitas gambar radiologis masih masih bersifat umum. Belum spesifik untuk ukuran gambar tertentu
[12]	untuk mengukur kesamaan prediksi referensi gambar dengan gambar yang terdistorsi atau data pengindraan jarak jauh dengan mencoba menggunakan metode multiplikasi SSIM yaitu SSIM4 untuk dibandingkan dengan persepsi manusia	Penggunaan multiplikasi SSIM dalam memprediksi gambar yang terdistorsi dengan kesamaan persepsi dengan manusia memberikan korespondensi terbaik terhadap persepsi manusia untuk dataset yang diuji	Untuk dataset penelitiannya hanya 3 yaitu TID2013, LIVE and FLT. masih kurang meyakinkan untuk menghasilkan kesimpulan yang kuat
[6]	Mengetahui kualitas gambar menggunakan metode SSIM setelah gambar diuji dengan metode interpolasi NNI, Bilinear, Bicubic dan NNV	Pengukuran SSIM citra hasil interpolasi dengan citra asli mencapai nilai paling baik dengan metode Bicubic Interpolation 90%	Penerapan SSIM hanya sebatas menguji kualitas gambar setelah gambar tersebut dilakukan uji interpolasi

Referensi Paper	Tujuan Paper	Kesimpulan	Saran/Kelemahan
[13]	Penelitian ini menggunakan algoritma ssim dalam mengevaluasi kualitas visual otomatis dari permukaan cetak 3D agar dapat menghemat bahan, daya dan waktu.	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi algoritma SSIM dalam mengevaluasi kualitas visual dari permukaan cetak 3d mendapatkan hasil yang baik dan mendapat klasifikasi yang tepat dalam semua sampel yang digunakan dalam percobaan	penelitian selanjutnya dapat menambah parameter evaluasi penilaian kualitas tranparansi atau gradien pencahayaan
[14]	Penelitian ini menggunakan algoritma SSIM sebagai metode baru dalam menemukan ekspresi wajah yang paling mirip dengan gambar yang diberikan dengan memanfaatkan aspek struktur visual dari ekspresi	Poin dari penelitian ini adalah SSIM dapat digunakan sebagai algoritma dalam machine learning dalam menemukan ekspresi wajah	Peningkatan akurasi dalam menemukan kemiripan ekspresi wajah masih harus ditingkatkan
[7]	Penggunaan algoritma SSIM dalam mendeteksi objek bergerak pada suatu tempat	Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa penggunaan SSIM merupakan pilihan baik untuk deteksi objek gerak	Penelitian ini dapat dilanjutkan dalam deteksi gerak sekaligus dalam pengenalan objek bergerak
[15]	Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi tepian objek menggunakan 4 operator (Robert, sobel, prewitt, canny) dan menggunakan SSIM sebagai standar alat ukur dalam mengetahui kualitas gambar	operator canny mendapatkan nilai SSIM tertinggi	Penelitian selanjutnya dapat menggunakan dataset gambar dengan objek yang lebih kompleksehingga didapatkan informasi yang lebih banyak untuk dianalisis
[16]	Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas gambar mammogram dalam mendeteksi kanker payudara dan mengukur kesamaan structural SSIM	Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma peningkatan kualitas gambar dan menggunakan SSIM dalam mengukur kesamaan structural gambar mendapatkan hasil yang optimal dalam mendeteksi kanker pada pasien	Penelitian selanjutnya dapat menggunakan objek jenis kanker lainnya seperti kanker otak, kanker tulang, dan lain-lain
[17]	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menilai kualitas live video frame berdasarkan penilaian objektif menggunakan SSIM berdasarkan model warna RGB, XYZ, YCbCr dan YUV dengan pendekatan Operator Edge Detection	Berdasarkan hasil SSIM model warna XYZ memiliki kesamaan kualitas yang tinggi dan menunjukkan kehilangan data yang rendah selama transformasi	Penelitian selanjutnya dapat ditambahkan menggunakan model warna YIQ dan xvYCC untuk lebih mengetahui hasil yang lebih lengkap

Pada bagian ini, dari hasil penelitian berdasarkan tinjauan literature dapat dianalisis tentang algoritma SSIM dalam menilai kualitas gambar, mengetahui persamaan dan perbedaan gambar. Pada penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mendeteksi cut transition dan gradual

transition pada sebuah video dengan dataset dari Open-video [4] dapat dijadikan referensi mengenai kecepatan dalam mendeteksi perbedaan gambar dan menunjukkan bahwa SSIM mendapatkan hasil yang lebih efektif dibandingkan penggunaan Convolutional Neural Network dalam mendeteksi perpindahan transisi gambar. Penelitian yang lain mendapatkan hasil yang lebih akurat dalam implementasi algoritma SSIM di bandingkan penggunaan algoritma ORB, SIFT, SURF dan MSE dalam mengekstraksi fitur structural dari gambar. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan algoritma SSIM dalam menilai kualitas gambar menunjukkan hasil yang berkorelasi kuat dengan HVS (Human Vision System) dan dalam deteksi anomaly gambar menghasilkan akurasi yang berbeda, karena terpengaruh intensitas cahaya dan posisi kamera dalam mengambil gambar sebagai dataset.

Hasil deteksi anomaly gambar berdasarkan tinjauan literature yang digunakan untuk membuat desain model deteksi anomaly adalah menggunakan algoritma SSIM. Dengan demikian penggunaan SSIM dapat menjadi acuan dalam deteksi anomaly gambar.

4. KESIMPULAN

Paper ini menganalisis penggunaan algoritma SSIM diberbagai bidang dalam pemanfaatan sebagai metode untuk menilai kualitas gambar, mendeteksi persamaan gambar dan perbedaan gambar. Dapat diambil kesimpulan bahwa algoritma SSIM dapat digunakan secara efektif dalam mendeteksi anomaly gambar dan menunjukkan hasil yang berkorelasi kuat dengan Human Vision System sehingga dapat membantu proses produksi pada studio film dan diharapkan dapat meningkatkan produktivitas, mempercepat produksi film dalam proses pengecekan suatu gambar.

5. SARAN

Penggunaan SSIM untuk mendeteksi anomaly berdasarkan skala warna abu-abu sehingga perlu meninjau literature yang lain berkenaan dengan deteksi anomaly gambar berdasarkan warna agar manfaatnya lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Easton, R. L., 2010, *Fundamentals of Digital Image Processing*, Wiley and Son, New Jersey.
 - [2] da Silva, E. A. B, Mendonca GV., 2005, *Digital Image Processing*, Academic Press, USA.
 - [3] Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., Simoncelli, E.P., 2004, Image quality assessment: from error visibility to structural similarity, *IEEE Transactions on Image Processing*, No. 4, Vol. 13, Hal. 600–612.
 - [4] Liu, H., Tan, T., Kuo, T., 2020, A novel shot detection approach based on ORB fused with structural similarity, *IEEE Access*, Vol. 8, Hal. 2472-2481.
 - [5] Vinay, A., Singh, A., Anand, N., Raj, M., Bharati, A., Murthy, K. N. B., 2018, Surveillance Robots based on Pose Invariant Face Recognition SSIM and Spectral Clustering, *Procedia Computer Science*, Hal. 940–51.
 - [6] Ponomarenko, M., Egiazarian, K., 2018, Structural Similarity Index with Predictability of Image Blocks, 2018 IEEE 17th International Conference Mathematical Methods Electromagnetic Theory, Hal. 115–118.
-

-
- [7] Dhall. A., Asthana,A., Goecke. R., 2011, A SSIM-Based Approach for Finding Similar Facial Expressions, 2011 IEEE International Conference on Automatic Face Gesture Recognition and Workshop, Santa Barbara, 21 - 25 Maret
- [8] Peng, J., Shi, C., Leugeman, E., Hu, W., Zhang, Z., Mutic, S., Cai, B., 2020, Implementation of the Structural SIMilarity (SSIM) Index as a quantitative evaluation tool for dose distribution error detection, Medical Physics, No. 4, Vol. 47.
- [9] Mauludy, A. T., Khrisne, D. C., Saputra K. O., 2020, Rancang bangun aplikasi slot parkir kosong untuk kendaraan roda empat dengan pendekatan computer vision, Jurnal SPEKTRUM, No. 1, Vol. 7, Hal. 36–40.
- [10] Jahan, M., Rushu, F. R., Tabassum, S., Ferdous, J., 2018, Detecting anomalies in human eyes using structural similarity index measurement. School of Engineering and Computer Science. 2018.
- [11] Zhou M, Wang G, Wang J, Hui C, Yang W., 2017, Defect Detection of Printing Images on Cans Based on SSIM and Chromatism, 2017 3rd IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC), Chengdu - China, 13 - 16 Desember.
- [12] Renieblas, G. P., González, A. M., Guibelalde, E., Renieblas, G. P., Nogués, A. T., González, A. M., et al., 2017, Structural similarity index family for image quality assessment in radiological images assessment in radiological images, Journal of Medical Imaging, No. 3, Vol. 4, Hal. 1-11.
- [13] Wulandari, M., 2017, Pengukuran SSIM dan analisis kinerja metode interpolasi untuk peningkatan kualitas citra digital, Jurnal Muara Sains Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan, No. 1, Vol. 1, Hal. 184–195.
- [14] Fastowicz, J., Okarma. K., 2018, Fast quality assessment of 3D printed surfaces based on structural similarity of image regions, 2018 International Interdisciplinary PhD Workshop (IIPhDW), Swinoujście, 9 - 12 Mei.
- [15] Chen, G., Shen. Y., Yao, F., Liu, P., Liu Y., 2015, Region-based Moving Object Detection Using SSIM, 2015 4th International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT 2015), Harbin, 19 - 20 Desember.
- [16] Win, H. L., Soe, Y. Y., Lwin D. Y. Y., 2018, Results Analysis of Real-Time Edge Detection Techniques using LabView, International Journal of Science and Engineering Applications, No. 8, Vol. 7, Hal. 203–7.
- [17] Al-ghaib, H., 2016, Morphological Procedure for Mammogram Enhancement and Registration, 2016 IEEE Applied Imagery Pattern Recognition Workshop (AIPR), Washington DC, 18 - 20 Oktober.
-