

Peningkatan Kualitas Citra Digital Menggunakan Metode Super Resolusi Pada Domain Spasial

Nailul Mustaqim Abdi¹, Siti Aisyah² dan Fitri Arnia¹

¹Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Unsyiah
Jl. T Syech Abdurrauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh, Indonesia

²Politeknik Negeri Batam
Parkway Street Batam Centre 29461, Batam, Kepulauan Riau
Email: fitriarnia@elektro.unsyiah.ac.id

Abstrak—Citra merupakan salah satu komponen dari *multimedia* yang memegang peranan penting karena mengandung informasi dalam bentuk visual. Tetapi tidak semua citra dapat menampilkan informasi secara jelas dan detail seperti halnya citra resolusi rendah. Citra resolusi rendah memiliki kepadatan piksel yang rendah. Untuk itu diperlukan peningkatan kualitas citra menggunakan metode super resolusi agar dihasilkan citra resolusi tinggi dari citra resolusi rendah. Penelitian ini menggunakan teknik super resolusi yang melalui tiga tahapan umum yaitu registrasi, interpolasi (bilinear dan bikubik), dan rekonstruksi (*smoothing* dan *denoising*). Teknik ini diterapkan pada domain spasial menggunakan citra *grayscale* resolusi rendah. Teknik super resolusi ini diaplikasikan pada citra satu *frame* dan citra *multiframe*. Hasil *Mean Opinion Score* (MOS) menunjukkan bahwa citra *multiframe* yang melalui proses registrasi menghasilkan citra resolusi tinggi yang lebih baik dibandingkan dengan citra satu *frame* tanpa proses registrasi.

Kata Kunci. *citra super resolusi, registrasi, interpolasi, rekonstruksi, Mean Opinion Score (MOS)*

I. PENDAHULUAN

Citra merupakan salah satu komponen dari *multimedia* yang memegang peranan penting karena mengandung informasi dalam bentuk visual. Citra memiliki lebih banyak informasi yang dapat disampaikan dibandingkan dengan informasi dalam bentuk teks. Akan tetapi tidak semua citra memiliki kualitas yang bagus, sehingga citra tersebut tidak bisa menampilkan informasi yang jelas. Hal ini biasanya terjadi pada citra yang memiliki resolusi rendah, citra seperti ini memiliki gangguan seperti bintik pada citra (*noise*), kabur (*blur*), dan lain-lain. Secara umum, citra resolusi rendah diartikan sebagai citra yang memiliki kerapatan piksel yang rendah. Citra yang memiliki resolusi rendah memerlukan perbaikan agar menghasilkan citra yang memiliki resolusi lebih tinggi [1]. Citra resolusi tinggi biasanya dapat digunakan dalam berbagai bidang ilmu seperti dalam bidang kedokteran, penginderaan satelit, dan bidang lainnya [2].

Salah satu cara untuk menghasilkan citra resolusi tinggi adalah menggunakan metode super resolusi. Metode ini secara umum melakukan peningkatan kualitas citra dengan 3 tahapan, yaitu registrasi, interpolasi, dan rekonstruksi citra (*smoothing* dan *denoising*). Penelitian ini menerapkan metode tersebut pada domain spasial.

II. LATAR BELAKANG

A. Citra Digital

Citra merupakan nama lain dari *Gasmbar*, istilah citra biasanya digunakan dalam bidang pengolahan citra. Dalam bidang pengolahan citra, citra diartikan sebagai fungsi dua variabel $f(x,y)$, x dan y adalah koordinat spasial dan nilai $f(x,y)$ adalah intensitas citra pada koordinat tersebut. Sedangkan citra digital adalah citra yang telah mengalami proses digitalisasi yang digunakan sebagai masukan pada proses pengolahan citra menggunakan komputer [3].

Dalam format digital, citra direpresentasikan sebagai sebuah matriks dengan baris dan kolom yang dibentuk dari piksel-piksel. Semakin banyak jumlah piksel dan variasi nilai piksel dari suatu citra, maka semakin tinggi nilai resolusinya. Resolusi merupakan ukuran dari banyaknya titik untuk setiap satuan panjang. Resolusi citra menggambarkan kedetailan dari sebuah citra, semakin tinggi resolusi citra maka semakin tinggi kedetailan atau ketajamannya. Dengan penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa citra resolusi rendah (LR) adalah citra dengan jumlah piksel dan variasi nilai piksel rendah dan citra resolusi tinggi (HR) adalah citra dengan jumlah piksel dan variasi nilai piksel tinggi.

B. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital bertujuan untuk mempermudah dalam proses penelitian terhadap sebuah citra digital. Secara umum metode-metode yang dipakai pada pengolahan citra digital bisa dibedakan menjadi dua yaitu metode domain frekuensi dan metode domain spasial [3]. Penelitian ini membahas tentang pengolahan citra digital pada domain spasial menggunakan metode super resolusi.

C. Domain Spasial

Pengolahan citra digital pada domain ini dilakukan dengan memanipulasi nilai piksel secara langsung yang dipengaruhi oleh nilai-nilai piksel lainnya secara spasial. Persamaan dari metode domain spasial adalah sebagai berikut :

$$g(x,y) = T[f(x,y)] \quad (1)$$

$f(x,y)$ adalah fungsi citra masukan, $g(x,y)$ adalah citra keluaran, sedangkan T adalah operator atas f , yang didefinisikan terhadap kumpulan dari tetangga-tetangga (x,y) [3].

D. Super Resolusi

Teknik citra super resolusi adalah salah satu teknik untuk mendapatkan citra yang beresolusi tinggi dari sekumpulan citra yang beresolusi rendah. Resolusi tinggi yang dihasilkan dapat berupa citra tunggal atau lebih. Citra resolusi tinggi didapat dari sekumpulan resolusi rendah yang diambil dari *scene* (adegan) yang sama. Karena dari *scene* yang sama akan menyediakan informasi yang mungkin dapat digunakan untuk merekonstruksi citra resolusi tinggi [4]. Berdasarkan *output* yang dihasilkan (*High Resolution*), super resolusi dibedakan menjadi 2, yaitu super resolusi statis dan super resolusi dinamis. Super resolusi statis adalah metode super resolusi yang menghasilkan citra keluaran resolusi tinggi tunggal dan super resolusi dinamis adalah metode super resolusi yang menghasilkan citra keluaran resolusi tinggi yang lebih dari satu [2]. Super resolusi secara umum terdiri dari tiga tahap algoritma yaitu registrasi, interpolasi dan rekonstruksi [4].

1) Registrasi

Registrasi citra adalah proses menemukannya kembali titik-titik yang bersesuaian antara citra I_1 dengan citra I_2 di mana citra I_2 adalah citra I_1 yang mengalami transformasi geometri. Registrasi citra pada domain spasial dapat dilakukan dengan metode *average*, *median*, atau ukuran statistika lainnya pada setiap nilai derajat keabuan (*grayscale*) atau RGB citra [5,6]. Penelitian ini menggunakan registrasi *average* dan registrasi *median*.

a) Registrasi Average

Registrasi *average* adalah salah satu metode registrasi sederhana yang melakukan pencarian nilai rata-rata pixel dari beberapa frame citra pada posisi pixel yang bersesuaian [5]. Pencarian nilai rata-rata pixel dilakukan dengan menjumlahkan nilai pixel yang bersesuaian pada beberapa frame citra yang mengalami transformasi geometri, kemudian membaginya dengan banyaknya frame citra. Persamaan pencarian nilai rata-rata pixel ditunjukkan pada persamaan (2).

$$\text{Nilai average} = (\text{nilai pixel frame1} + \dots + \text{nilai pixel frame n})/n \quad (2)$$

b) Registrasi Median

Registrasi *median* adalah metode registrasi citra yang melakukan pencarian nilai pixel tengah dari beberapa frame citra pada posisi pixel yang bersesuaian dengan melakukan pengurutan terlebih dahulu. Pengurutan nilai dimulai dari nilai piksel terkecil hingga nilai piksel terbesar [3]. Registrasi median ini hanya menghasilkan bilangan bulat tanpa menghasilkan bilangan pecahan [6].

2) Interpolasi

Interpolasi (biasa disebut *resampling*) adalah sebuah metode pencitraan untuk meningkatkan (atau mengurangi) jumlah piksel dalam citra digital [3]. Interpolasi citra bekerja dalam dua arah dan mencoba untuk mencapai pendekatan yang terbaik dari sebuah piksel yang warna dan intensitasnya didasarkan pada nilai-nilai di sekitar piksel. Penelitian ini menggunakan interpolasi bilinear dan bikubik untuk proses pembesaran (*zooming*) citra.

a) Interpolasi Bilinear

Interpolasi bilinear menentukan nilai piksel baru berdasarkan rata-rata (dengan memberi bobot) dari 4 piksel dari ukuran 2×2 piksel tetangga terdekat dalam gambar asli. Persamaan dari interpolasi bilinear dapat dituliskan seperti pada persamaan (3).

$$f(x, y) \approx \frac{f(Q_{11})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x_2 - x)(y_2 - y) + \frac{f(Q_{12})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x_2 - x)(y_2 - y) + \frac{f(Q_{21})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x_2 - x)(y_2 - y) + \frac{f(Q_{22})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x_2 - x)(y_2 - y) \quad (3)$$

b) Interpolasi Bikubik

Interpolasi bikubik adalah bagian dari interpolasi kubik untuk interpolasi data dalam bentuk dua dimensi. Interpolasi ini menghasilkan pembesaran citra lebih halus pada bagian tepi-tepinya daripada interpolasi bilinear. Bikubik menggunakan 4×4 piksel tetangga untuk mengambil informasi. Persamaan interpolasi konvolusi bikubik dituliskan sebagai berikut.

$$P(x, y) = \frac{1}{16} \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{i,j} u(s_x) u(s_y) \quad (4)$$

Di mana $u()$ adalah fungsi interpolasi konvolusi kubik satu dimensi yang persamaannya dituliskan sebagai berikut.

$$u(s) = \begin{cases} \frac{3}{2}|s|^3 - \frac{5}{2}|s|^2 + 1 & \text{untuk } 0 \leq |s| \leq 1 \\ -\frac{1}{2}|s|^3 + \frac{5}{2}|s|^2 - 4|s| + 2 & \text{untuk } 1 \leq |s| < 2 \\ 0 & 2 < |s| \end{cases} \quad (5)$$

Di mana s adalah jarak antara piksel hasil interpolasi dengan piksel tetangganya.

3) Smoothing

Proses ini dilakukan dengan menggunakan metode *median filter*. Metode *median filter* adalah salah satu teknik *filtering* citra tidak linier yang berfungsi untuk memperhalus citra dan menghilangkan *noise* atau gangguan yang berupa bintik putih. *Median* dicari dengan melakukan pengurutan terhadap nilai piksel dari *mask* yang sudah ditentukan, kemudian dicari nilai tengahnya [3].

E. MOS (Mean Opinion Score)

Mean Opinion Score (MOS) merupakan metode penilaian subjektif oleh responden pada data digital baik berupa data audio [7] maupun image/video [8]. Penilaian MOS diekspresikan dengan sebuah nilai pada skala 1 sampai dengan 5 seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Dikarenakan penilaian ini berdasarkan dari pengamatan mata manusia, maka hasilnya akan sangat subjektif karena baik buruknya citra hasil rekonstruksi ini bergantung pada penilaian masing-masing koresponden.

TABEL I
SKALA PENILAIAN MOS

Skala Penilaian	Kualitas	Persepsi Citra
5	Sempurna	Citra terinterpretasi sangat baik
4	Baik	Citra terinterpretasi baik, tidak ada kerusakan
3	Cukup	Citra masih dapat dikenali, terdapat kerusakan
2	Kurang	Citra kurang dimengerti, kerusakan cukup berarti
1	Buruk	Citra tidak dapat diinterpretasi

III. METODOLOGI

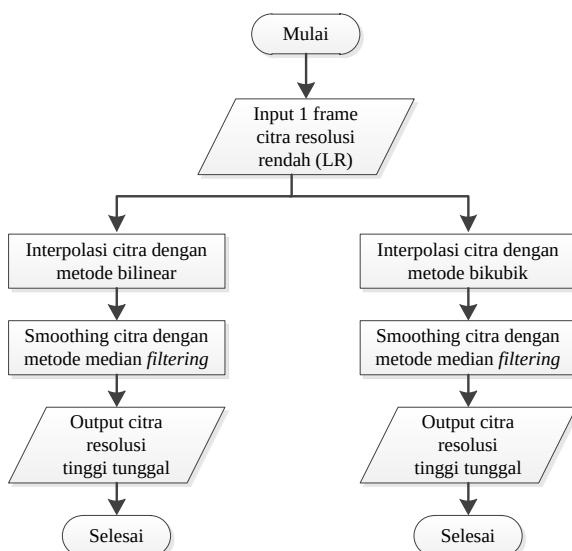
A. Metode Super Resolusi Domain Spasial Citra Satu Frame

Metode pertama menggunakan satu *frame* citra sebagai masukan, sehingga proses registrasi tidak diperlukan pada metode ini. Untuk setiap *frame* citra resolusi rendah yang sama dilakukan teknik interpolasi bilinear dan bikubik untuk menghasilkan citra resolusi tinggi. Proses secara detail direpresentasikan pada diagram alir Gambar 1.

B. Metode Super Resolusi Domain Spasial Citra Multiframe

Metode ini menggunakan rangkaian *frame* citra sebagai masukan. Dikarenakan masukan citra merupakan citra *multiframe* maka digunakan metode registrasi untuk menghasilkan satu buah citra dengan resolusi lebih tinggi dibanding dengan citra masukan. Pada citra *multiframe* akan digunakan dua metode registrasi yang berbeda yaitu metode registrasi *average* dan metode registrasi *median*.

1) Super Resolusi Citra Multiframe dengan Metode Registrasi Average

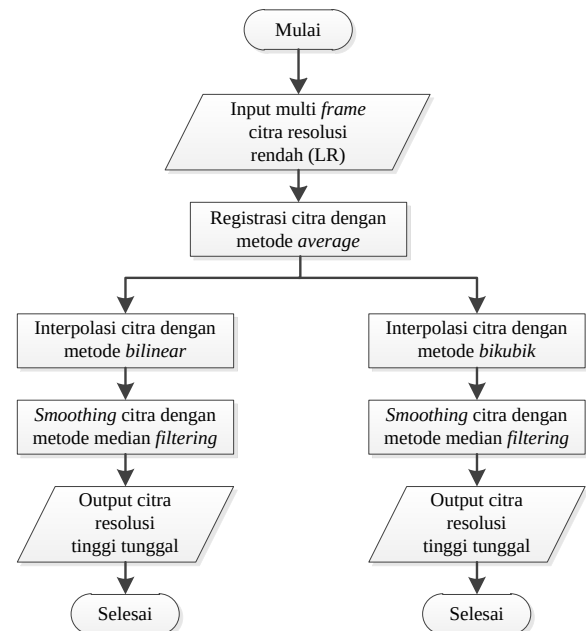


Gambar 1. Skema teknik super resolusi domain spasial citra satu *frame*

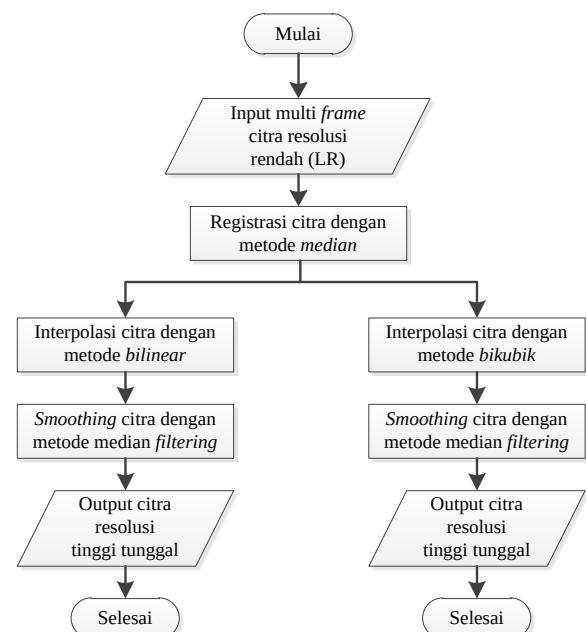
Metode registrasi *average* digunakan pada jumlah *frame* citra masukan yang berbeda yaitu 2, 16 dan 32 *frame* citra. Masing-masing citra output yang dihasilkan diinterpolasi dengan metode bikubik dan bilinear untuk menghasilkan citra resolusi lebih tinggi. Proses secara lengkap direpresentasikan oleh diagram alir pada Gambar 2.

2) Super Resolusi Citra Multiframe dengan Metode Registrasi Median

Metode ini diaplikasikan pada jumlah *frame* citra masukan yang berbeda yaitu 3, 15 dan 31 *frame* citra. Sama



Gambar 2. Skema teknik super resolusi menggunakan rangkaian *frame* citra masukan dengan metode registrasi *average*.



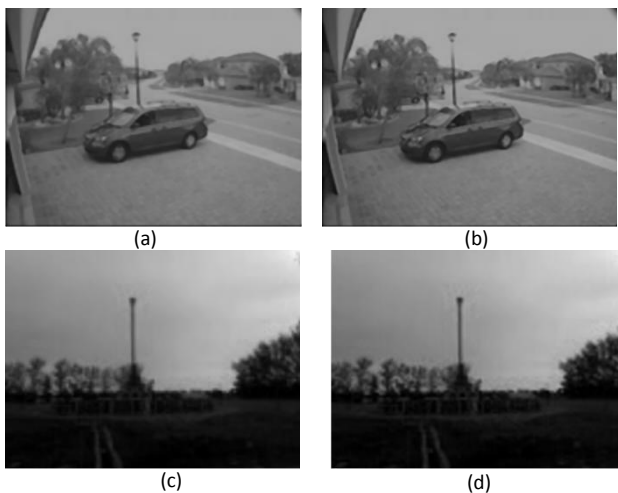
Gambar 3. Skema sistem super resolusi menggunakan rangkaian *frame* citra masukan dengan metode registrasi *median*



Gambar 4. (a). Citra cctv ukuran 160x120 berformat tiff dan (b). Citra tugu ukuran 128x96 berformat tiff



Gambar 5. (a). Citra cctv ukuran 160x120 dengan pembesaran 150% dan (b). Citra tugu ukuran 128x96 dengan pembesaran 150%



Gambar 6. Hasil penggunaan teknik super resolusi citra satu frame pada (a). citra cctv dengan interpolasi bilinear dan (b). citra cctv dengan interpolasi bikubik (c). citra tugu dengan interpolasi bilinear (d). citra tugu dengan interpolasi bikubik

halnya seperti pada metode *average*, masing-masing citra hasil registrasi median selanjutnya diinterpolasi dengan metode bikubik dan bilinear untuk menghasilkan citra resolusi lebih tinggi. Diagram alir Gambar 3 merepresentasikan proses ini.

IV. EKSPERIMEN

Citra yang digunakan pada penelitian ini adalah citra masukan CCTV dan citra masukan tugu seperti terlihat pada Gambar 4.a dan 4.b yang berformat tiff dan masing-masing berukuran 160x120 dan 128x96.

Tetapi yang akan dianalisa selanjutnya adalah citra cctv dan citra tugu yang sudah mengalami pembesaran hingga

150% seperti direpresentasikan pada gambar 5.a dan 5.b. Tujuan dilakukannya pembesaran adalah untuk mengidentifikasi perbedaan secara visual antara citra sebelum dan sesudah digunakannya teknik super resolusi domain spasial.

A. Super Resolusi Domain Spasial Citra Satu Frame

Super resolusi domain spasial citra satu frame dilakukan pada citra cctv dan citra tugu hasil pembesaran. Perbedaan hasil penggunaan teknik super resolusi dengan interpolasi bilinear dan bikubik pada citra satu frame dapat dilihat pada Gambar 6. Dari Gambar 6 terlihat bahwa masing-masing citra cctv dan citra tugu dengan interpolasi bikubik terlihat lebih halus dan tajam dibandingkan dengan citra cctv dan citra tugu dengan interpolasi bilinear. Selain itu, citra cctv dengan interpolasi bilinear juga terlihat lebih gelap dibandingkan dengan citra cctv dengan interpolasi bikubik.

B. Super Resolusi Domain Spasial Citra Multiframe

1) Super Resolusi Citra Multiframe dengan Metode Registrasi Average

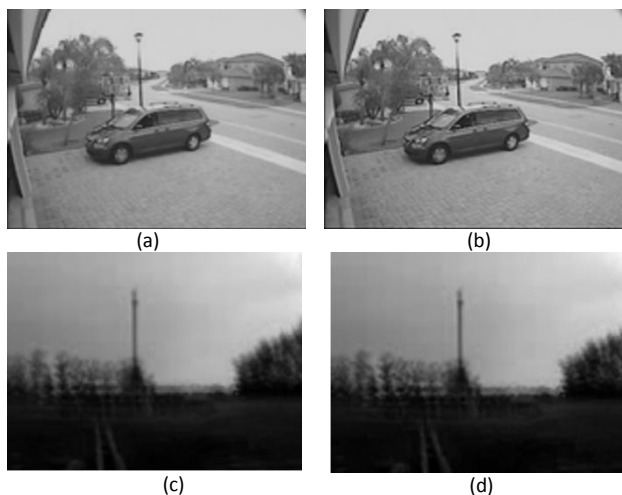
Super resolusi citra multiframe dengan metode registrasi average ini digunakan pada 2 *frame* citra sebagai citra masukan. Hasil penggunaan metode registrasi average dari 2 *frame* citra cctv dan citra tugu hasil pembesaran 150% terlihat pada Gambar 7. Pada citra hasil metode registrasi average ini dilakukan teknik super resolusi interpolasi bilinear dan bikubik, yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8.

Dari Gambar 7 dan 8 terlihat perbedaan antara citra cctv dan citra tugu hasil metode registrasi *average* sebelum dan sesudah dilakukan interpolasi bilinear dan bikubik. Citra cctv dan citra tugu hasil metode *average* sebelum dilakukan interpolasi menampilkan citra berupa kotak-kotak yang merupakan interpretasi piksel citra tersebut. Citra hasil teknik super resolusi interpolasi bilinear dan bikubik memiliki resolusi lebih tinggi sehingga terlihat lebih halus dan representasi dari piksel tidak terlihat lagi. Hal ini dikarenakan jumlah piksel yang dimiliki citra hasil interpolasi bilinear dan bikubik lebih banyak dibandingkan citra masukan sebelum dilakukan teknik interpolasi. Perbedaan juga terlihat pada kedua citra hasil interpolasi yang berbeda. Masing-masing citra cctv dan citra tugu hasil interpolasi bikubik terkesan lebih halus, tajam dan memiliki kecerahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra cctv dan citra tugu hasil interpolasi bilinear. Hal ini menunjukkan bahwa citra hasil interpolasi bikubik lebih baik dan lebih detail dibandingkan dengan citra hasil interpolasi bilinear.

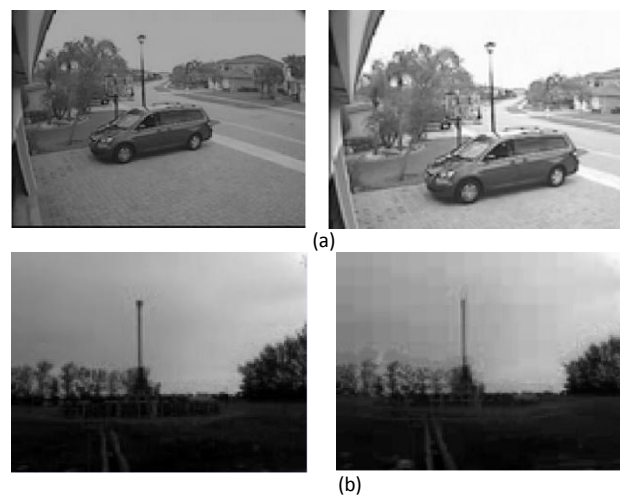
2) Super Resolusi Citra Multiframe dengan Metode Registrasi Median

Super resolusi citra multiframe dengan metode registrasi median ini digunakan pada 3 *frame* citra sebagai citra masukan. Hasil perbedaan penggunaan metode registrasi median dari 3 *frame* citra cctv dan citra tugu hasil pembesaran 150% sebelum dan sesudah dilakukan registrasi terlihat pada Gambar 9. Pada citra hasil metode registrasi median ini juga dilakukan teknik super resolusi interpolasi bilinear dan bikubik, yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 10.

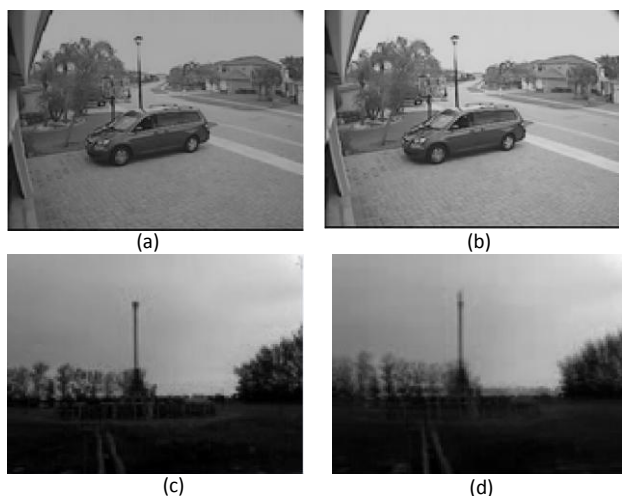
Dari Gambar 9 dan 10 terlihat bahwa perbedaan yang cukup signifikan terlihat antara citra cctv dan citra tugu hasil registrasi median sebelum dan sesudah dilakukan teknik interpolasi. Citra hasil interpolasi bilinear dan bikubik tidak terdapat kesan *judgies* dan citra tersebut



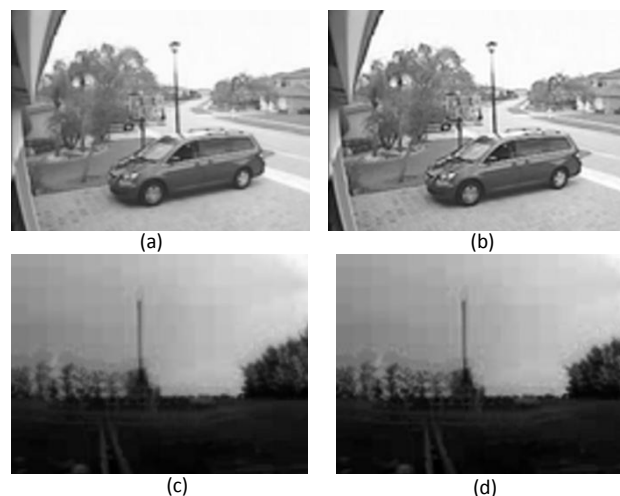
Gambar 7. (a). Hasil penggunaan metode registrasi *average* pada 2 frame citra cctv ukuran 160x120 (b). Hasil penggunaan metode registrasi *average* pada 2 frame citra tugu ukuran 128x96



Gambar 9. (a). Hasil penggunaan metode registrasi *median* pada 3 frame citra cctv ukuran 160x120 (b). Hasil penggunaan metode registrasi *average* pada 3 frame citra tugu ukuran 128x96



Gambar 8 Hasil penggunaan teknik super resolusi citra dua frame dengan metode registrasi *average* (a). pada citra cctv menggunakan interpolasi bilinear (b). pada citra cctv menggunakan interpolasi bikubik (c). pada citra tugu menggunakan interpolasi bilinear (d).



Gambar 10. Hasil penggunaan teknik super resolusi citra tiga frame dengan metode registrasi *median* (a). pada citra cctv menggunakan interpolasi bilinear (b). pada citra cctv menggunakan interpolasi bikubik (c). pada citra tugu menggunakan interpolasi bilinear (d).

terlihat lebih halus dan tajam. Citra hasil interpolasi bikubik juga terlihat lebih halus, tajam dan terang dibandingkan dengan citra hasil interpolasi bilinear.

Dari hasil metode super resolusi yang dilakukan, diperoleh penilaian berdasarkan 60 koresponden dengan ruang sampel mahasiswa dan masyarakat umum yang dilakukan di dalam kampus Teknik Unsyiah dan di luar kampus Teknik Unsyiah menggunakan metode MOS (*Mean Opinion Score*) yang ditunjukkan pada Tabel II dengan range nilai minimum 1 dan nilai maksimum 5.

Dari data hasil penilaian MOS di atas diperoleh bahwa citra resolusi tinggi yang dihasilkan dari metode registrasi lebih baik dibandingkan dengan tanpa registrasi dan metode registrasi *average* lebih baik di bandingkan dengan registrasi *median* serta interpolasi bikubik lebih unggul dibandingkan dengan interpolasi bilinear.

TABEL II
PENILAIAN MOS DARI CITRA CCTV DENGAN METODE SUPER RESOLUSI SATU FRAME DAN MULTI FRAME MENGGUNAKAN TEKNIK INTERPOLASI BILINIER DAN BIKUBIK

Citra Masukan cctv.tiff					
Tanpa Registrasi		Registrasi Average		Registrasi Median	
Jumlah Frame Citra Masukan					
1	1	2	2	3	3
Jenis Interpolasi					
Bilinier	Bikubik	Bilinier	Bikubik	Bilinier	Bikubik
2 3	2 4	2 9	3 8	1 3	3 3

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode super resolusi dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk memperoleh citra resolusi tinggi (HR)
2. Berdasarkan nilai MOS diperoleh bahwa citra hasil registrasi akan menghasilkan citra resolusi tinggi (HR) yang lebih baik dan interpolasi bikubik lebih unggul dibandingkan dengan interpolasi bilinier

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karina, "Super-Resolusi menggunakan Algoritma Papoulis-Gerchberg", Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2009.
- [2] Robert Ari Sandi, "Super-Resolusi Berdasar Pada Fast Registrasi dan Rekonstruksi Maximum Posteriori", Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2009.
- [3] R.C. Gonzales and R.E. Woods, *Digital Image Processing*. Prentice-Hall Inc, New Jersey, 2002.
- [4] S. Chauduri, N.P. Galatsanos and B.C. Tom, *Super Resolution Imaging in Reconstruction of a High Resolution Image From Low Resolution image*. Kluwer Academic Publisher, London, 2001.
- [5] S. Mann, and R. Picard, "Virtual Bellows: Constructing High Quality Stills from Video", *Proc. IEEE Int'l Conf. Image Processing*, 1994.
- [6] P.A. Legg, P.L. Rosin, D. Marshall and J.E. Morgan. "A Robust Solution to Multi-modal Image Registration by Combining Mutual Information with Multi-scale Derivatives". *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2009* [Lecture Notes in Computer Science, 2009, Volume 5761/2009, 616-623].
- [7] ITU-T P.800.1. Methods for objective and subjective assessment of quality, Mean Opinion Score (MOS) terminology. 2006.
- [8] ITU-R BT.500-11. Methodology for The Subjective Assessment of The Quality of Television Pictures. 2002.