

PEMBESARAN CITRA DIGITAL BERWARNA MENGGUNAKAN MODIFIKASI ALGORITMA *NEW EDGE DIRECTED INTERPOLATION*

Fransiscus Priharsono, Marji*, Nurul Hidayat
Program Studi Ilmu Komputer
Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya, Malang
email: * xijramy@yahoo.com

Abstract

Interpolation has used as a method for digital image magnifying. When digital image magnified, that image gets increasing in its total pixel. The new pixels which appear when digital image magnified don't have any value. A method which can be used to give a value for this new pixel is interpolation. Interpolation can estimate a value for those new pixel based on pixels around them which have value.

Many interpolation algorithm have used. One of them is New Edge Directed Interpolation which has founded by Xin Li and Michael Orchard in 2001. This algorithm more populer known as NEDI. The former experiment with NEDI was done by its founder in magnifying grayscale image with NEDI.

In this research, a modification of NEDI used for digital color image magnifying. Modification is done to solve the problem lack of ability of NEDI to produce a interpolation value when singular matrix formed. When singular matrix formed, inverse matrix which is a part from calculation NEDI, can not be done. Modification is done by using bilinear interpolation to produce a interpolation value.

In addition, the application will be made used for evaluate digital image which resulted by this application. Through this experiment, can be known the effectiveness modification of NEDI in magnify digital color image.

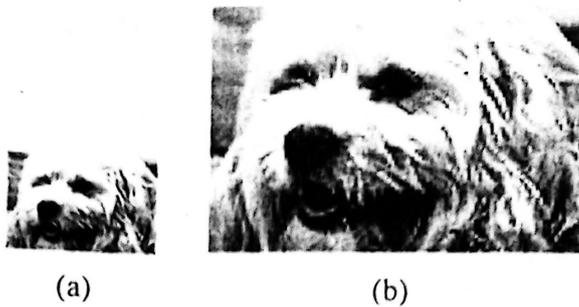
Results in this experiment are digital color image magnified using modification NEDI can be done by applying this algorithm for each color channel (Red, Green, and Blue), the resulted image depends on amount neighbor which used. The more total neighbor used the better result can be obtained. The resulted image also depends on the number of pixels which have big differences value with the other neighbor pixel. More the number of pixel which have big differences value with the other neighbor pixel which had by a digital image more worst the resulted image can be obtained.

Keywords: NEDI, Image Magnifying, Edge Directed Interpolation

1. Pendahuluan

Fasilitas pembesaran citra digital telah disediakan oleh *software* pengolah citra digital. Fasilitas ini disediakan untuk mengatasi permasalahan yang timbul saat sebuah citra diperbesar ukurannya. Masalah yang akan timbul saat citra digital diperbesar adalah hasil pembesarannya akan terlihat seperti "pecah-pecah" atau terlihat "kotak-kotak". Citra terlihat "pecah-pecah" atau terlihat "kotak-kotak" dapat terjadi karena citra digital akan mengalami penambahan jumlah piksel saat diperbesar dan piksel-piksel tersebut mempunyai nilai yang sama dengan tetangga terdekatnya. Gambar 1 mengilustrasikan perbesaran citra berukuran kecil dan masalah yang timbul pada hasil citra setelah diperbesar.

Beberapa algoritma interpolasi citra digital yang telah ditemukan antara lain interpolasi *Nearest Neighbourhood*, interpolasi *bilinear*, interpolasi *bicubic*, interpolasi *fractal*, *Edge Directed Interpolation* atau sering disebut EDI, *New Edge Directed Interpolation* atau dapat disingkat NEDI yang merupakan pengembangan dari algoritma EDI, *Data-Dependent Triangulation Interpolation*, dan masih banyak yang lain.



Gambar 1. Perbesaran citra digital berukuran kecil:
 (a) citra digital asli; (b) citra digital yang telah dibesarkan.

Setiap algoritma interpolasi akan menghasilkan citra hasil interpolasi yang mempunyai hasil dan kualitas yang berbeda jika diaplikasikan pada citra digital yang sama. Xin Li menegaskan bahwa kualitas sebuah citra hasil interpolasi sangat bergantung pada kemulusan sepanjang tepi dan ketajaman di semua tepi. Untuk menghasilkan kemulusan sepanjang tepi dan ketajaman untuk semua tepi Xin Li and Michael Orchard menemukan sebuah algoritma baru yang diberi nama NEDI yang diteapkan pada citra *grayscale*.

Dalam makalah ini dipaparkan pembuatan aplikasi pembesar citra digital menggunakan algoritma interpolasi NEDI yang diaplikasikan pada citra berwarna (model warna RGB). Dalam perhitungan algoritma interpolasi NEDI terdapat perhitungan invers matriks. Invers matriks tidak dapat dilakukan jika matriks yang akan diinvers merupakan matriks singular dan mengakibatkan nilai interpolasi NEDI juga tidak dapat diperoleh. Untuk mengatasi permasalahan apabila ditemukan matriks singular pada perhitungan algoritma interpolasi NEDI maka dilakukan modifikasi yaitu dengan menggunakan algoritma interpolasi bilinear untuk mencari nilai interpolasi untuk sebuah piksel yang belum bernilai. Hasil dari perhitungan algoritma interpolasi bilinearlah yang akan digunakan untuk memberi nilai pada piksel yang belum bernilai jika algoritma interpolasi NEDI tidak menghasilkan sebuah nilai.

Selain itu aplikasi yang akan dibuat juga digunakan untuk mengevaluasi citra digital yang dihasilkan sehingga dapat diketahui efektivitas algoritma interpolasi NEDI dalam memperbesar citra digital berwarna.

2. Interpolasi Citra Digital

Interpolasi adalah sebuah teknik perkiraan yang diberikan sebuah set data untuk mencari data lainnya berdasarkan data yang sudah ada (Chi woo.2007). Proses interpolasi citra digital mencoba mendapatkan sebuah pendekatan terbaik untuk nilai piksel berdasarkan nilai piksel sekelilingnya. Interpolasi citra digital hanya sebuah metode pendekatan, karena itu sebuah citra akan selalu kehilangan kualitasnya setiap kali interpolasi dilakukan. Untuk citra digital yang sama, citra hasil pembesaran dapat bervariasi bergantung pada algoritma interpolasi yang digunakan pada saat dilakukan pembesaran citra digital. Algoritma-algoritma ini menggunakan 2 sampai 256 (atau lebih) piksel tetangga saat proses interpolasi. Semakin banyak piksel tetangga yang digunakan, semakin akurat algoritma interpolasi itu, tetapi waktu proses yang dibutuhkan menjadi semakin lama.

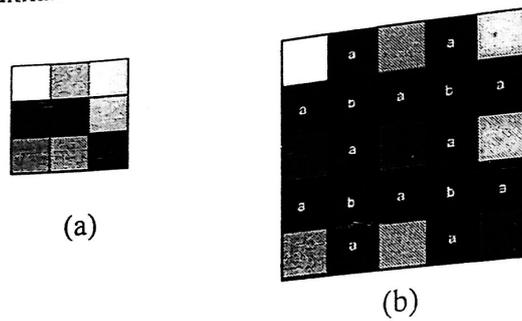
2.1. Interpolasi Nedi

Algoritma NEDI ditemukan oleh Xin Li dan Michael Orchard yang merupakan pengembangan dari algoritma EDI. Interpolasi NEDI merupakan interpolasi *covariance-based adaptive* sehingga perhitungan pada algoritma interpolasi NEDI berdasarkan perhitungan *covariance*. *Covariance* adalah ukuran seberapa jauh perbedaan dari dua variabel acak. Ide dasar dari algoritma NEDI adalah memperkirakan koefisien lokal *covariance* dari sebuah citra berukuran kecil dan menggunakan perkiraan *covariance* tersebut untuk melakukan interpolasi pada citra yang berukuran lebih besar (Li dan Orchard, 2001).

Secara umum cara kerja dari interpolasi adalah melakukan pendekatan dengan menghitung bobot rata-rata dari piksel tetangga yang terdekat dari piksel yang belum diketahui nilainya. Cara kerja yang digunakan pada algoritma NEDI adalah menghitung lokal *covariances* dalam citra asli (citra yang

berukuran kecil) dan menggunakannya untuk menghitung bobot interpolasi. Dan bobot interpolasi ini digunakan untuk mendapatkan nilai perkiraan piksel.

Gambar 2 menunjukkan sebuah contoh kasus pembesaran pada sebuah citra sebelum dilakukan interpolasi.



Gambar 2. Pembesaran pada sebuah citra digital *grayscale* sebelum dilakukan interpolasi: (a) citra asli; (b) citra yang diperbesar sebelum dilakukan proses interpolasi. (Anonymous, 2007^b)

Citra pada Gambar 2 (a) mewakili citra *grayscale* berukuran 3×3 . Setiap kotak adalah sebuah piksel dan garis diantara mereka adalah hanya untuk ilustrasi. Citra pada Gambar 2 (b) merupakan hasil pembesaran sebelum dilakukan interpolasi dari citra pada Gambar 2 (a) sehingga menjadi berukuran 6×6 (dengan kolom dan baris terakhir dihilangkan sehingga menjadi 5×5). Oleh karena itu pada citra yang berukuran besar akan terlihat 16 piksel lebih banyak dari citra asli. Karena belum dilakukan interpolasi untuk memberi suatu nilai, piksel-piksel tersebut dianggap bernilai nol. Piksel yang diberi tanda "a" pada Gambar 2 sama sekali tidak mempunyai piksel tetangga berdekatan secara diagonal. Piksel yang ditandai "b" mempunyai tetangga berdekatan secara diagonal yang nilainya telah ada atau diketahui.

Untungnya, permasalahan tetangga diagonal atau aksial tidak menimbulkan perbedaan di dalam NEDI. *Covariances* dapat dihitung untuk semua orientasi sumbu manapun, jadi untuk piksel *b* dapat digunakan perbedaan sumbu diagonal dan bukan perbedaan sumbu aksial (sumbu *xy*). Perhitungan *covariances* dilakukan di dalam sebuah *window* tersendiri dengan ukuran tertentu.

Pembesaran citra dengan algoritma interpolasi NEDI adalah menskalakan citra berukuran $H \times W$ menjadi sebuah citra berukuran $KH \times KW$ dengan K adalah skala pembesaran bernilai 2^n dimana n =bilangan asli. Nilai skala pembesaran bernilai 2^n disebabkan proses kerja interpolasi NEDI yang selalu memperbesar citra dengan skala pembesaran 2. Sehingga untuk nilai skala pembesaran lebih dari 2 dilakukan dengan cara mengulang proses yang sama (memperbesar citra dengan skala pembesaran 2) untuk citra hasil proses pembesaran sebelumnya. Sebagai contoh jika kita ingin memperbesar citra dengan skala pembesaran 4 maka sebuah citra akan diperbesar dengan skala pembesaran 2 terlebih dahulu dan hasilnya kemudian diperbesar kembali dengan skala pembesaran 2.

Interpolasi NEDI akan dilakukan secara 2 tahap perhitungan. Yang pertama akan dihitung piksel *b* dan kemudian piksel *a*. Piksel *b* mempunyai 4 tetangga interpolasi yang sudah diketahui. Piksel *a* akan mempunyai 4 tetangga yang mempunyai nilai setelah piksel *b* ditentukan.

Jika citra berukuran besar adalah Q dan citra berukuran kecil adalah P maka hubungan antara Q dan P adalah $Q = 2P$ sehingga $Q(2x, 2y) = P(x,y)$. Piksel *b* merupakan semua piksel $Q(x, y)$, dimana nilai x ganjil dan nilai y ganjil. Sedangkan piksel *a* merupakan semua piksel $Q(x,y)$, dimana x ganjil dan y genap atau x genap dan y ganjil.

Dalam interpolasi NEDI, beberapa variable yang digunakan adalah:

- M adalah sebuah variabel bernilai 2^n dimana $n = 1, 2, 3, \dots$
- N adalah sebuah *window* lokal berukuran $M \times M$. N berisikan piksel tetangga dari piksel yang akan dicari nilainya
- y merupakan sebuah vektor kolom berukuran M^2 berisikan piksel-piksel dalam *window* N .
- $y(k)$ adalah piksel ke k dalam vektor kolom y .

- C merupakan sebuah matriks berukuran $M^2 \times 4$ berisikan tetangga diagonal/aksial dari setiap piksel dalam vektor kolom y . Baris vektor ke k berisi 4 piksel tetangga diagonal dari $y(k)$.

Setelah semua variabel tersebut diketahui maka dilakukan penghitungan *covariances* lokal untuk citra asli dengan menggunakan Persamaan 1 dan 2 yang merupakan metode klasik *covariance* (Li dan Orchard, 2001)

$$R = \frac{1}{M^2 M} * C^T \cdot C \quad (1)$$

$$r = \frac{1}{M^2 M} * C^T \cdot y \quad (2)$$

R akan menghasilkan sebuah matriks berukuran 4×4 , dan r akan menghasilkan sebuah vektor kolom. R dan r merupakan *covariance* lokal pada citra asli. Kemudian langkah selanjutnya adalah menggunakan kedua perkiraan *covariance* yang telah didapat untuk melakukan interpolasi. Rumus interpolasi yang digunakan adalah interpolasi linear tingkat ke-4 yaitu nilai piksel didapatkan dengan menjumlahkan hasil perkalian bobot interpolasi linear dengan nilai-nilai piksel keempat tetangga terdekat.

Berdasarkan teori klasik *Wiener filtering*, MMSE (*Minimum Mean Square Error*) bobot interpolasi linear optimal dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.

$$\alpha = R^{-1} \cdot r = (C^T \cdot C)^{-1} * (C^T \cdot y) \quad (3)$$

Hasil yang didapatkan merupakan sebuah vektor kolom, α , yang berisikan 4 bobot interpolasi untuk keempat tetangga. Bobot ini kemudian dikalikan dengan nilai keempat piksel tetangga di sekeliling piksel yang akan dicari nilainya. Dan hasil perkalian ditambahkan untuk menghasilkan sebuah nilai piksel yang akan diisikan ke dalam piksel yang belum diketahui nilainya. Perhitungan pemberian nilai untuk semua piksel b dapat dijelaskan melalui Persamaan 4.

$$Q_{2x+1,2y+1} = \sum_{k=0}^1 \sum_{l=0}^1 \alpha_{2k+1} * Q_{2(x+k),2(y+l)} \quad (4)$$

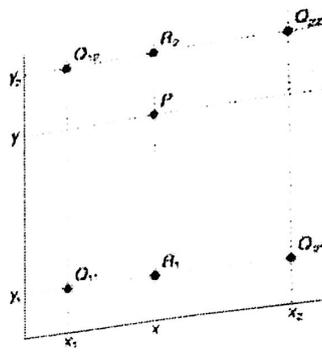
Dimana Q adalah citra berukuran besar. Untuk piksel a perhitungan pencarian nilai bobot menggunakan tetangga secara aksial. Perhitungan pemberian nilai untuk semua piksel a pada citra berukuran besar Q dapat dijelaskan melalui Persamaan 5.

$$Q_{2x+1,2y} \text{ atau } Q_{2x,2y+1} = \alpha_0 * Q_{2x,2y} + \alpha_1 * Q_{2x+1,2y-1} + \alpha_2 * Q_{2x+1,2y+1} + \alpha_3 * Q_{2x+2,2y} \quad (5)$$

Pada penelitian yang akan dilakukan, algoritma interpolasi NEDI akan diaplikasikan pada citra berwarna dengan menggunakan proses yang sama untuk citra *grayscale* pada tiap-tiap elemen warnanya (*Red*, *Green*, dan *Blue*).

2.2. Interpolasi Bilinear

Interpolasi bilinear adalah sebuah pengembangan algoritma dari algoritma interpolasi linear yang menginterpolasikan fungsi dari dua variabel pada sebuah bidang. Kunci utama ide algoritma ini adalah menjalankan interpolasi linear untuk satu arah dan selanjutnya menjalankan interpolasi linear untuk arah yang lain.



Gambar 3. Interpolasi bilinear untuk sebuah titik.

Pada Gambar 3 titik merah merupakan titik-titik dengan nilai yang diketahui dan titik hijau merupakan titik yang ingin dicari nilainya. Diasumsikan nilai dari keempat titik $Q_{11} = (x_1, y_1)$, $Q_{12} = (x_2, y_1)$, $Q_{21} = (x_1, y_2)$, and $Q_{22} = (x_2, y_2)$ diketahui. Maka untuk mendapatkan nilai dari titik P digunakan Persamaan 6

$$f(x, y) \approx \frac{f(Q_{11})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x_2 - x)(y_2 - y) + \frac{f(Q_{21})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x - x_1)(y_2 - y) + \frac{f(Q_{12})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x_2 - x)(y - y_1) + \frac{f(Q_{22})}{(x_2 - x_1)(y_2 - y_1)}(x - x_1)(y - y_1) \quad (6)$$

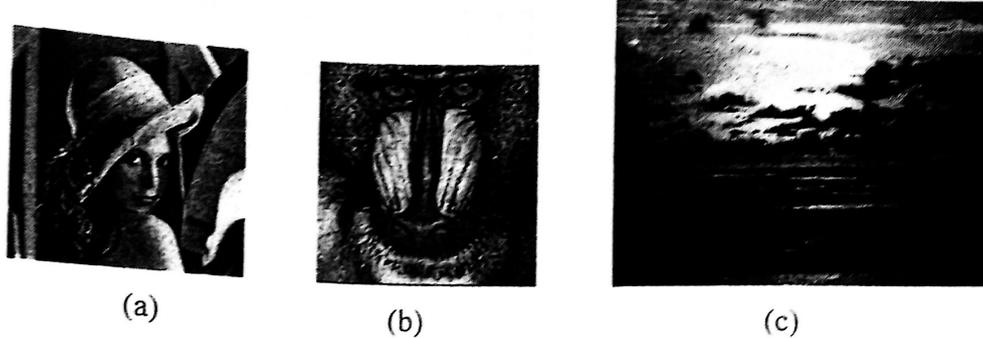
Interpolasi bilinear akan digunakan jika terjadi kegagalan penghitungan pada interpolasi NEDI saat dilakukan invers matriks akibat adanya matriks singular yang terbentuk dari perhitungan *covariance* lokal.

3. Evaluasi Citra Hasil Pembesaran

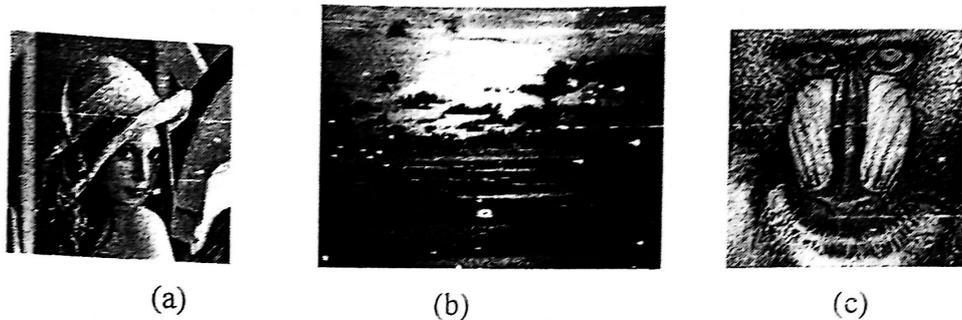
Pengujian dilakukan untuk melihat kualitas citra hasil pembesaran menggunakan modifikasi algoritma interpolasi NEDI. Evaluasi hasil pembesaran menggunakan MSE dan M-DWT. M-DWT yang ditemukan Devon Gayle merupakan sebuah metode pengukur kualitas citra secara objektif yang perhitungannya menggunakan *Discrete Wavelet Transform*. Untuk pengujian digunakan 3 citra uji. 2 dari ketiga citra uji merupakan citra standar dan 1 citra lainnya merupakan hasil pemotretan kamera digital. Pemakaian citra bukan citra standar dalam citra uji dimaksudkan untuk mengetahui kualitas citra hasil pembesaran pada berbagai macam citra. Keterangan untuk masing-masing citra yang akan diujikan terdapat pada Tabel 1. Masing-masing citra akan dibesarkan dengan 3 skala pembesaran yaitu 2, 4, dan 8 dan setiap nilai skala pembesaran akan menggunakan nilai jumlah tetangga yang berbeda yaitu 4, 16, 64, 256, dan 1024.

Tabel 1. Keterangan citra yang akan diujikan.

Nama Citra	Ukuran Citra		Sumber
	Lebar	Tinggi	
Lena	512	512	Citra standar
Laut	1024	768	
baboon	512	512	Citra standar



Gambar 4. Citra uji:
 (a) citra lena; (b) citra laut; (c) citra baboon.



Gambar 5. Contoh citra hasil pembesaran dengan skala pembesaran 2:
 (a) lena dengan $m=1024$; (b) laut dengan $m=1024$; (c) baboon dengan $m=1024$.

Tabel 2. Tabel Hasil Uji Kualitas Citra Hasil Pembesaran dengan Skala Pembesaran 2

NE	M	Sc	MSER	MSEG	MSEB	M-DWT
Lena	4	2	181.07	242.71	234.92	3.997
Lena	16	2	72.26	119.00	95.81	3.549
Lena	64	2	58.01	98.57	82.23	3.243
Lena	256	2	53.67	93.31	80.08	3.169
Lena	1024	2	52.57	93.42	79.59	3.159
laut	4	2	193.61	173.20	155.74	3.698
laut.	16	2	87.92	65.86	45.59	2.918
laut	64	2	69.09	49.78	34.01	2.497
laut	256	2	64.78	46.44	32.35	2.358
laut	1024	2	63.89	45.93	32.18	2.336
baboon	4	2	625.50	779.66	755.62	7.959
baboon	16	2	464.72	624.33	612.89	7.898
baboon	64	2	431.52	577.70	560.32	7.634
baboon	256	2	426.34	570.48	552.76	7.582
baboon	1024	2	425.05	568.38	550.23	7.567

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah tetangga yang digunakan maka kualitas citra hasil pembesaran juga semakin baik dan berlaku untuk ketiga citra uji. Pada Tabel 3.2 dapat juga dilihat bahwa kualitas yang terbaik dimiliki oleh citra laut dan yang paling buruk dimiliki oleh citra baboon. Hal ini terlihat dari nilai M-DWT 2.336 yang dimiliki oleh citra laut sedangkan nilai M-DWT citra baboon adalah 7.567 untuk nilai Sc dan m yang sama yaitu 2 dan 1024.



(a)



(b)



(c)

Gambar 6. Contoh citra hasil pembesaran dengan skala pembesaran 4: ((a) lena dengan $m=1024$; (b) laut dengan $m=1024$; (c) baboon dengan $m=1024$).

Tabel 3. Tabel Hasil Uji Kualitas Citra Hasil Pembesaran dengan Skala Pembesaran 4

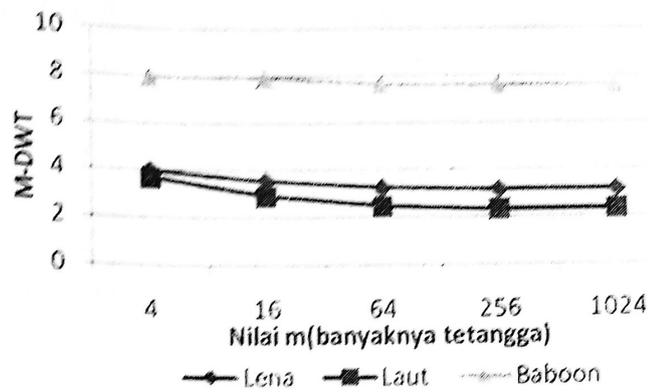
NE	M	Sc	MSER	MSEG	MSEB	M-DWT
Lena	4	4	453.44	579.87	488.93	5.877
Lena	16	4	223.99	332.83	209.58	5.313
Lena	64	4	192.1	295.50	182.60	5.004
Lena	256	4	182.43	282.20	176.99	4.929
Lena	1024	4	179.84	277.75	175.40	4.890
laut	4	4	505.79	429.73	338.32	5.165
laut.	16	4	267.95	189.77	99.85	4.108
laut	64	4	229.01	157.14	75.10	3.725
laut	256	4	215.16	146.97	70.98	3.548
laut	1024	4	210.11	144.42	70.36	3.499
baboon	4	4	1012.65	1256.27	1262.80	9.416
baboon	16	4	681.00	911.61	943.14	8.972
baboon	64	4	638.97	861.56	889.72	8.816
baboon	256	4	633.52	855.69	881.98	8.794
baboon	1024	4	632.11	854.43	879.70	8.791

Seperti hasil pada Tabel 2, melalui Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah tetangga yang digunakan maka kualitas citra hasil pembesaran juga semakin baik. Kualitas yang terbaik dimiliki oleh citra laut dan yang paling buruk dimiliki oleh citra baboon. Hal ini terlihat dari nilai M-DWT 3.499 yang dimiliki oleh citra laut sedangkan nilai M-DWT citra baboon adalah 8.791 untuk nilai Sc dan m yang sama yaitu 4 dan 1024.

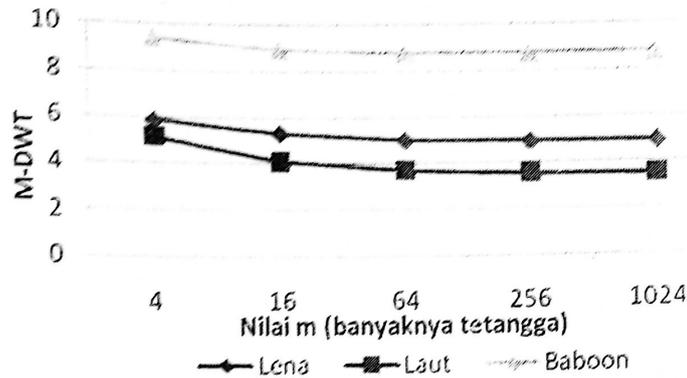
4. Analisa Hasil

Pengujian kualitas citra hasil pembesaran dilakukan dalam dua metode, yaitu MSE dan M-DWT. Kedua metode ini berkaitan satu sama lain secara tidak langsung. Pada hasil percobaan menunjukkan bahwa jika nilai MSE untuk ketiga elemen warna menurun, maka nilai M-DWT juga mengecil. Hal ini menunjukkan apabila *error*nya sedikit maka kualitas citra semakin baik. Sebagai contoh pada citra lena dengan skala pembesaran (Sc) 2 didapatkan hasil untuk $m=4$ mempunyai nilai $MSER=181.07$, $MSEG=242.71$, $MSEB=234.92$, $M-DWT=3.997$; $m=16$ mempunyai nilai $MSER=72.26$, $MSEG=119.00$, $MSEB=95.81$, $M-DWT=3.549$; $m=64$ mempunyai nilai $MSER=58.01$, $MSEG=98.57$, $MSEB=82.23$, $M-DWT=3.243$.

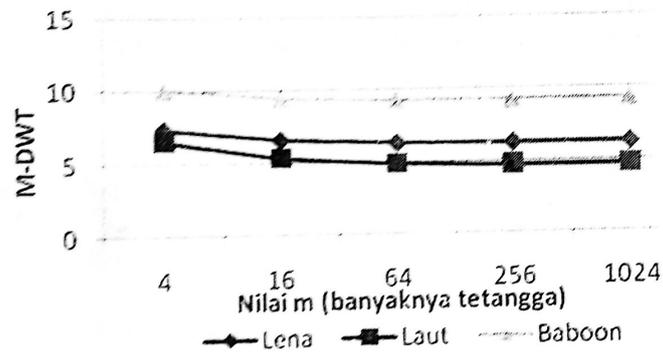
Ketiga buah citra uji memiliki perbedaan karakteristik, yaitu banyaknya perbedaan nilai piksel yang besar pada piksel-piksel yang berdekatan yang dimiliki atau banyaknya variasi nilai piksel yang dimiliki oleh sebuah citra. Ternyata, perbedaan karakteristik ketiga buah citra uji memberikan hasil yang bervariasi dalam hal kualitas citra hasil pembesaran. Agar lebih mudah, dibuat tiga buah grafik untuk menunjukkan hubungan antara jumlah tetangga yang digunakan (nilai m) dan nilai kualitas citra berdasarkan metode M-DWT untuk pembesaran citra digital menggunakan modifikasi algoritma interpolasi NEDI. Ketiga buah grafik tersebut masing-masing adalah untuk perbesaran dengan skala 2 (Gambar 7), perbesaran dengan skala 4 (Gambar 8) dan perbesaran dengan skala 8 (Gambar 9).



Gambar 7. Grafik kualitas citra hasil pembesaran dengan skala pembesaran 2.

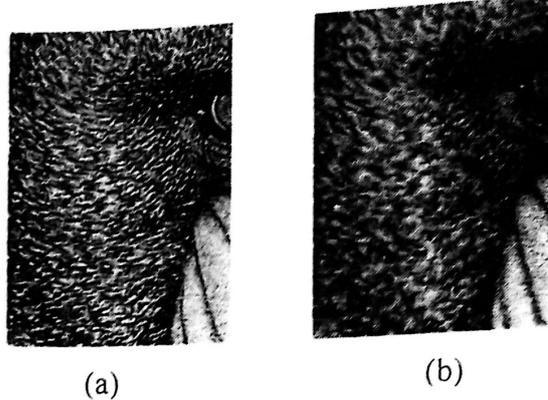


Gambar 8. Grafik kualitas citra hasil pembesaran dengan skala pembesaran 4.



Gambar 9. Grafik kualitas citra hasil pembesaran dengan skala pembesaran 8.

Citra baboon mempunyai kualitas citra hasil pembesaran yang paling buruk diantara ketiga citra uji di setiap skala pembesaran. Sebagai contoh pada skala pembesaran 2 dan jumlah tetangga 1024 M-DWT citra lena 3.159, M-DWT citra laut 2.336, M-DWT citra baboon 7.567; pada skala pembesaran 4 dan jumlah tetangga 1024 M-DWT citra lena 4.890, M-DWT citra laut 3.499, M-DWT citra baboon 8.791; pada skala pembesaran 8 dan jumlah tetangga 1024 M-DWT citra lena 6.253, M-DWT citra laut 4.715, M-DWT citra baboon 9.272. Hal ini dikarenakan citra baboon memiliki banyak nilai piksel yang sangat berbeda untuk piksel-piksel yang berdekatan (nilai pikselnya sangat bervariasi) jika dibandingkan dengan dua citra uji lainnya. Perbedaan nilai piksel yang besar pada piksel-piksel yang berdekatan mengakibatkan hasil interpolasi tidak sama dengan citra asli (mempunyai perbedaan nilai yang besar) sehingga citra hasil pembesaran tampak blur seperti yang terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan citra baboon dan citra baboon hasil pembesaran:
 (a) bagian pada citra asli; (b) bagian pada citra hasil pembesaran dengan skala 2 dan $m=1024$

Dari Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9 dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah tetangga yang digunakan maka kualitas citra hasil pembesaran juga semakin baik. Sebagai contoh, pada citra yang digunakan untuk $Sc=4$ dengan $m=4$ nilai M-DWTnya 5.165, $m=16$ nilai M-DWTnya 4.108, $m=64$ nilai M-DWTnya 3.725, $m=256$ nilai M-DWTnya 3.548, $m=1024$ nilai M-DWTnya 3.499. Dengan sedikitnya jumlah tetangga yang digunakan maka semakin mudah mengarah pada kesalahan pada saat mencari bobot-bobot interpolasi. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa semakin besar skala pembesaran maka kualitas citra hasil pembesaran semakin buruk. Sebagai contoh untuk jumlah tetangga 1024 pada citra lena skala pembesaran 2 nilai M-DWTnya 3.159, skala pembesaran 4 nilai M-DWTnya 4.890, skala pembesaran 8 nilai M-DWTnya 6.253. Hal tersebut diakibatkan cara kerja interpolasi NEDI dalam memperbesar citra. Cara kerja interpolasi NEDI untuk pembesaran citra untuk skala pembesaran lebih dari 2 yaitu dengan memperbesar dengan skala pembesaran 2 hasil pembesaran sebelumnya. Contoh jika ingin diperbesar citra dengan skala 4 maka sebuah citra akan diperbesar dengan skala pembesaran 2 dan hasilnya kemudian diperbesar kembali dengan skala pembesaran 2. Cara kerja seperti ini membuat nilai hasil interpolasi tidak akurat jika dibandingkan dengan citra asli karena sebagian besar nilai-nilai piksel yang digunakan pada pembesaran selanjutnya adalah hasil interpolasi yang merupakan nilai perkiraan untuk piksel-piksel yang belum bernilai saat citra diperbesar.

5. Kesimpulan

- Modifikasi Algoritma interpolasi NEDI dapat dimanfaatkan sebagai salah satu metode untuk memperbesar citra digital berwarna. Pembesaran citra digital berwarna dengan menggunakan modifikasi algoritma interpolasi NEDI dapat dilakukan dengan menerapkan algoritma ini pada setiap elemen warnanya (R.G. dan B).
- Kualitas citra hasil pembesaran ditentukan oleh jumlah tetangga yang digunakan. Semakin banyak jumlah tetangga yang digunakan maka kualitas citra yang dihasilkan semakin bagus. Sebagai contoh pada citra lena untuk skala pembesaran (Sc) 2 dengan $m=4$ nilai M-DWTnya 3.997 dan nilai M-DWT ini cenderung menurun dengan semakin banyaknya jumlah tetangga yang digunakan sehingga pada nilai $m=1024$ nilai M-DWTnya 3.159.
- Citra yang memiliki banyak nilai piksel yang sangat berbeda untuk piksel-piksel yang berdekatan atau pikselnya sangat bervariasi nilainya jika dibesarkan memakai modifikasi algoritma interpolasi NEDI. hasilnya akan tampak blur dan memiliki kualitas yang buruk. Sebagai contoh pada hasil pengujian pada skala pembesaran 2 dan jumlah tetangga 1024 M-DWT citra lena 3.159, M-DWT citra laut 2.336, M-DWT citra baboon 7.567.

Daftar Pustaka

- [1] Anonymous. 2007^b. *Edge Directed Interpolation*.
<http://chiranjivi.tripod.com/EDITut.html>. Diakses tanggal 4 September 2007.
- [2] Gayle, Devon dkk. 2006. *A Full-Reference Color Image Quality Measure in The DWT Domain*. <http://www.ee.bilkent.edu.tr/~signal/defevent/papers/cr1039.pdf>. Diakses tanggal 22 April 2008.

- [3] Li, Xin dan Orchard, M.. 2001. *New Edge Directed Interpolation*. <http://neuron2.net/library/nedi.pdf>. diakses tanggal 4 September 2007.
- [4] Woo,Chi.2007. *Interpolation*. <http://planetmath.org/encyclopedia/Interpolation.html>. Diakses tanggal 1 Oktober 2007