

TEKNIK DAN EVALUASI KINERJA PENYANDIAN CITRA TERALIHHRAGAM FOURIER DISKRET (DFT)

Johannes Nomi Purnama (L2F 301481)
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Diponegoro

Abstrak - Alihragam Fourier digunakan pada citra 2-dimensi mempunyai beberapa maksud, salah satunya adalah untuk meningkatkan jarak pandang atau untuk pemilihan ciri atau untuk struktur lain yang menarik untuk diukur. Dalam tugas akhir ini, menganalisis teknik dan kinerja penyandian citra teralihragam Fourier diskret (DFT), sehingga didapatkan kualitas citra yang direkonstruksi dapat tetap dipertahankan dengan bagus.

Alihragam Fourier diskret (DFT) merupakan kawasan frekuensi yang disajikan dalam barisan isi-berhingga (*finite-extent sequences*). Bentuk barisan isi-berhingga ini kemudian dialihragam balik (IDFT) dengan melibatkan koefisien magnitude untuk menyajikan kawasan spasial dengan mendapatkan visualisasi yang tak tereduksi. Komputasi ini dilakukan dengan menggunakan algoritma alihragam Fourier cepat (FFT) sebagai algoritma yang efisien untuk menghitung 2-D DFT dalam suatu barisan dengan mengacu pada metode dekomposisi baris-kolom. Penambahan derau Gaussian yang tertapis Wiener dengan berbagai ukuran seperti 3×3 , 5×5 , dan 7×7 menyajikan batasan-batasan citra mana yang mengalami reduksi. Untuk mengetahui tingkat kinerja pengolahan citra digunakan parameter MSE dan SNR.

Dalam tugas akhir ini dicapai, semakin naik nilai magnitude pada citra rekonstruksi citra yang dihasilkan mengalami pengaburan. Nilai magnitude maksimum yang masih memberikan hasil visualisasi yang tak tereduksi adalah 10. Pada citra berderau Gaussian dan citra tertapis Wiener ditunjukkan bahwa untuk semua nilai MSE pada citra baik pada citra teralihragam Fourier diskret dan citra rekonstruksi mengalami kenaikan, hal ini berarti galat yang ada mengalami kenaikan. Sedangkan pada nilai SNR mengalami penurunan, dengan demikian derau tereduksi setelah mengalami penapisan.

Kata-kunci: Alihragam Fourier diskret, Alihragam Fourier cepat, MSE, SNR, derau, tapis Wiener

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Alihragam Fourier digunakan pada citra 2-dimensi mempunyai beberapa maksud, salah satunya adalah untuk meningkatkan jarak pandang atau untuk pemilihan ciri atau untuk struktur lain yang menarik untuk diukur. Contohnya, beberapa metode alihragam yang digunakan sebagai pemampatan citra, dimana datanya lebih sedikit dibandingkan dengan citra aslinya baik citra yang harus dikirim atau disimpan, dan memerlukan rekonstruksi citra untuk pengamatan.

Kualitas citra meliputi perubahan dari aras keabuan, definisi dari batasan ciri, dan mengenalkan atau menghilangkan tekstur dari skala yang pasti dalam sebuah citra. Biasanya, semakin besar derajat pemampatan semakin besar pula hilangnya ketepatan sebuah citra.

Pengolahan citra (*image processing*) ke dalam suatu kawasan frekuensi berguna untuk memindahkan bentuk citra seperti

halnya penerapan pada konvolusi kernel. Proses konvolusi dilakukan pada kawasan spasial, dengan sinyal dinyatakan dalam bentuk plot amplitud versus posisi spasial. Sebenarnya dalam citra 1-dimensi, seperti halnya dalam pengolahan sinyal, sinyal dapat digambarkan dalam kawasan frekuensi, dengan sinyal disusun ke dalam bentuk sejumlah gelombang sinus dari beberapa frekuensi. Keuntungan utama penggunaan kawasan frekuensi ini adalah bahwa proses konvolusi dapat diterapkan pada bentuk perkalian langsung. Proses perubahan dari kawasan spasial ke kawasan frekuensi dapat dilakukan melalui alihragam Fourier, dan untuk perubahan sebaliknya dapat digunakan alihragam balik Fourier (*Invers Fourier Transform*).

B. Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam pembuatan tugas akhir ini adalah untuk menganalisis teknik penyandian dengan alihragam Fourier diskret (DFT), sehingga kualitas citra yang

direkonstruksi tetap dipertahankan dengan bagus.

C. Pembatasan Masalah

Untuk menyederhanakan pembahasan pada tugas akhir ini, masalah dibatasi sebagai berikut:

1. Citra yang digunakan berjenis aras keabuan (*grayscale*).
2. Parameter-parameter yang diperhitungkan adalah galat kuadrat rerata (*mean square error/MSE*), dan nisbah isyarat terhadap derau (*signal to noise ratio/SNR*).
3. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah Matlab versi 6.5.

II. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Citra Digital

Citra sebagai keluaran suatu sistem perekaman data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi, atau bersifat digital yang langsung disimpan pada suatu pita magnetik.

Menurut presisi yang digunakan untuk menyatakan titik-titik koordinat pada kawasan spasial atau ruang dan untuk menyatakan nilai keabuan atau warna suatu citra, maka secara teoritis citra dapat dikelompokkan menjadi empat kelas citra, yaitu citra kontinu-kontinu, kontinu-diskret, diskret-kontinu, dan diskret-diskret, dengan label pertama menyatakan presisi dan titik-titik koordinat pada bidang citra sedangkan

label kedua menyatakan presisi nilai keabuan atau warna. Kontinu dinyatakan dengan presisi angka tak-berhingga, sedangkan diskret dinyatakan dengan presisi angka berhingga.

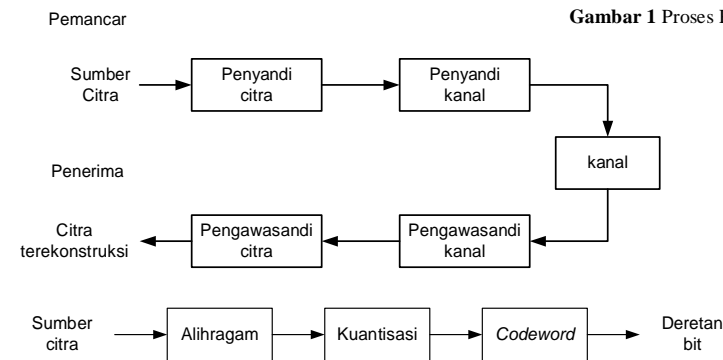
Komputer digital bekerja dengan angka-angka presisi yang berhingga, sehingga hanya citra dari kelas diskret-diskret yang dapat diolah dengan komputer. Citra dari kelas tersebut lebih dikenal dengan citra digital. Citra digital merupakan larik dua dimensi atau suatu matriks yang elemen-elemennya menyatakan tingkat keabuan dari elemen gambar, sehingga informasi yang terkandung bersifat diskret.

B. Pengertian Pengolahan Citra

Pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Proses ini mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra.

C. Penyandian citra

Tujuan utama dari penyandian citra (*image coding*) adalah untuk menampilkan sebuah citra dengan urutan bit-bit yang tepat dengan memelihara tingkat kualitas yang diperlukan pemakainya. Proses penyandian citra dapat dilihat pada Gambar 1. Pada penerima (*receiver*), sinyal diterima dan didemodulasi dan diubah lagi kedalam barisan bit-bit oleh pengawasandi (*decoder*) kanal. Penyandi citra pada Gambar 1 terdiri atas tiga elemen yang ditunjukkan pada Gambar2



Gambar 1 Proses Pengiriman dan penyandian citra

Gambar 2 Tiga komponen utama dalam penyandi citra

D. Alihragam Fourier Diskret

2.D.1 Runtun Fourier diskret

Runtun Fourier diskret (*discrete Fourier series/DFS*) merupakan kawasan frekuensi dari barisan periodik.

Barisan $\tilde{x}(n_1, n_2)$ dikatakan periodik dengan periode $N_1 \times N_2$ jika $\tilde{x}(n_1, n_2) = \tilde{x}(n_1 + N_1, n_2) = \tilde{x}(n_1, n_2 + N_2)$

untuk semua (n_1, n_2) . Karena $\tilde{x}(n_1, n_2)r_1^{-n_1}r_2^{-n_2}$ tidak dapat dijumlahkan dengan mutlak untuk r_1 dan r_2 , alihragam Fourier ataupun alihragam-Z tidak dapat dikumpulkan bersama untuk barisan periodik.

Dalam kasus 1-D, barisan periodik $\tilde{x}(n_1, n_2)$ dengan periode $N_1 \times N_2$ dapat diperoleh dengan menggabungkan bilangan eksponen kompleks dengan bentuk $\tilde{X}(k_1, k_2) e^{j(2\pi/N_1)k_1 n_1} e^{j(2\pi/N_2)k_2 n_2}$. Barisan eksponensial $\tilde{X}(k_1, k_2) e^{j(2\pi/N_1)k_1 n_1} e^{j(2\pi/N_2)k_2 n_2}$ untuk $0 \leq k_1 \leq N_1 - 1, 0 \leq k_2 \leq N_2 - 1$ menggambarkan seluruh barisan eksponensial yang periodik dengan periode $N_1 \times N_2$. Barisan $\tilde{X}(k_1, k_2)$, menggambarkan amplitude yang dikaitkan dengan eksponensial kompleks, dan dapat diperoleh dari bentuk $\tilde{x}(n_1, n_2)$. Hubungan antara $\tilde{x}(n_1, n_2)$ dan $\tilde{X}(k_1, k_2)$ diberikan oleh

$$\tilde{X}(k_1, k_2) = \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} \tilde{x}(n_1, n_2) e^{-j(2\pi/N_1)k_1 n_1} e^{-j(2\pi/N_2)k_2 n_2} \quad (1a)$$

$$\tilde{x}(n_1, n_2) = \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{k_1=0}^{N_1-1} \sum_{k_2=0}^{N_2-1} \tilde{X}(k_1, k_2) e^{j(2\pi/N_1)k_1 n_1} e^{j(2\pi/N_2)k_2 n_2} \quad (1b)$$

2.4.2 Alihragam Fourier Diskret

Alihragam Fourier diskret (DFT) merupakan kawasan frekuensi yang disajikan dalam barisan isi-berhingga (*finite-extent sequences*). DFT dapat dengan mudah diperoleh dari runtun Fourier diskret (*Discrete Fourier Series / DFS*) dari suatu barisan periodik.

Pasangan DFT diberikan dengan

$$\tilde{X}(k_1, k_2) = \begin{cases} \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} \tilde{x}(n_1, n_2) e^{j(2\pi/N_1)k_1 n_1} e^{j(2\pi/N_2)k_2 n_2}, \\ 0 \leq k_1 \leq N_1 - 1, 0 \leq k_2 \leq N_2 - 1 \quad (2a) \\ 0 \quad \text{sebaliknya} \end{cases}$$

$$\tilde{x}(n_1, n_2) = \begin{cases} \frac{1}{N_1 N_2} \sum_{k_1=0}^{N_1-1} \sum_{k_2=0}^{N_2-1} \tilde{X}(k_1, k_2) e^{j(2\pi/N_1)k_1 n_1} e^{j(2\pi/N_2)k_2 n_2}, \\ 0 \leq k_1 \leq N_1 - 1, 0 \leq k_2 \leq N_2 - 1 \quad (2b) \\ 0 \quad \text{sebaliknya} \end{cases}$$

Barisan $\tilde{X}(k_1, k_2)$ disebut DFT dari $\tilde{x}(n_1, n_2)$, dan $\tilde{x}(n_1, n_2)$ disebut invers DFT (IDFT) dari $\tilde{X}(k_1, k_2)$.

2.D.2 Alihragam Fourier cepat

Alihragam Fourier cepat (*Fast Fourier Transform / FFT*) adalah suatu algoritma yang efisien untuk menghitung 2-D DFT

dalam suatu barisan dengan mengacu pada metode dekomposisi baris-kolom.

Dalam pengembangan metode dekomposisi baris-kolom, dapat ditulis sebagai berikut.

$$\tilde{X}(k_1, k_2) = \sum_{n_2=0}^{N_2-1} \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \tilde{x}(n_1, n_2) e^{-j(2\pi/N_1)k_1 n_1} e^{-j(2\pi/N_2)k_2 n_2} \quad (3)$$

$$\underbrace{\hspace{10em}}_{f(k_1, n_2)}$$

E. Penapisan citra teralihragam

Citra yang diperoleh seringkali mempunyai derau sehingga sebelum dianalisis citra perlu dihaluskan dengan tapis citra. Hal ini dapat dilakukan dengan memanipulasi piksel-piksel tetangga. Desain tapis tersebut membuat citra lebih halus dan bentuk sudut benda dalam citra tetap terjaga. Ada beberapa tapis citra yang digunakan untuk menghilangkan derau. Secara teoritis, derau aditif (Gaussian) biasanya ditapis dengan tapis Wiener.

2.E.1 Derau aditif

Kualitas citra sangat dipengaruhi oleh tingkat keberadaan derau. Dalam citra digital banyak dijumpai bermacam-macam derau tergantung bagaimana citra tersebut dibuat. Sebagai contoh suatu citra foto yang dibentuk dari negatif film, titik-titik hitam pada negatif film tersebut adalah sumber derau. Derau dapat merusak atau mengurangi kualitas citra yang dihasilkan.

2.E.2 Tapis Wiener

Tapis Wiener adalah metode untuk memperbaiki citra dengan menganggap kekaburan (*blurring*) sebagai derau. Dengan menganggap $u(m, n)$ dan $v(m, n)$ sembarang, rerata-nol, urutan acak, maka dapat diperoleh pendekatan simpangan baku yang dapat diminimalkan sebagai berikut:

$$\sigma_e^2 = E\{[u(m, n) - \hat{u}(m, n)]^2\} \quad (4)$$

Pendekatan terbaik $\hat{u}(m, n)$ diketahui sebagai rata-rata bersyarat dari $u(m, n)$ yang diperoleh dari $\{v(m, n), \text{ untuk setiap } (m, n)\}$, sehingga:

$$\hat{u}(m, n) = E[u(m, n) | v(k, l), \forall (k, l)] \quad (5)$$

Persamaan di atas taklinear dan sulit diselesaikan. Oleh karena itu biasanya digunakan pendekatan linear terbaik yaitu:

$$\hat{u}(m, n) = \sum_{k,l=-\infty}^{\infty} \sum g(m, n; k, l) v(k, l) \quad (6)$$

dengan tanggapan impuls tapis $g(m, n; k, l)$ ditentukan sebagaimana simpangan baku dari (4) yang diminimalkan. Minimalisasi

persamaan $v(x, y) = g[w(x, y)] + \eta(x, y)$ memerlukan syarat ortogonal:

$$E\{[u(m,n) - \bar{u}(m,n)][v(l,n)]\} = 0, \quad \forall(m,n), (l,n) \quad (7)$$

untuk dua deret acak sembarang (*arbitrary random sequences*) $a(m,n)$ dan $b(k,l)$, dan persamaan (6), persamaan ortogonal menjadi:

$$\sum_{k,l=-\infty}^{\infty} g(m,r,k,l) r_{vv}(k,l;m,n) = r_{uv}(m,r,m,n) \quad (8)$$

persamaan (6) dan (7) disebut persamaan tapis Wiener.

III. PERANCANGAN

A. Spesifikasi sistem

Sistem berupa program pensimulasi implementasi alihragam Fourier diskret pada citra aras keabuan (*grayscale*). Citra yang digunakan berukuran 256×256 , yaitu

Lena.bmp, Lombok.bmp, Einstein.bmp, Goldhill.bmp, Fountain.bmp, dan Wajah.bmp.

B. Perangkat keras

dengan spesifikasi:

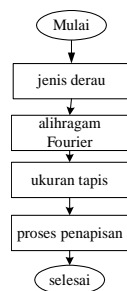
- Komputer Intel Pentium IV 1.8A GHz
- RAM 128 MB
- Hardisk 30 GB

Gambar 3 Diagram kotak citra teralihragam

E. Penambahan derau

Citra yang diolah boleh jadi adalah citra yang berderau. Derau yang dipakai dalam simulasi ini hanya derau aditif dengan mengatur beberapa variabel **ud.MeanGauss** dan **ud.VarGauss** yang melambangkan rerata (*mean*) dan varians (*variances*). Penambahan derau pada citra dengan derau aditif Gaussian menggunakan perintah sebagai berikut.

```
noisy =
imnoise(orig, 'gaussian', ud.MeanGauss,
ud.VarGauss);
```



- VGA Card 64 MB

C. Perangkat lunak

Berupa:

- MATLAB 6.5, termasuk *toolbox* di dalamnya adalah *Image Processing*, dan *discrete Fourier transform*.

D. Citra teralihragam

Program simulasi citra teralihragam yang akan dirancang memiliki diagram kotak seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Urutan pertama dari langkah perancangan adalah pembacaan berkas citra asli (*original image*) dengan perintah

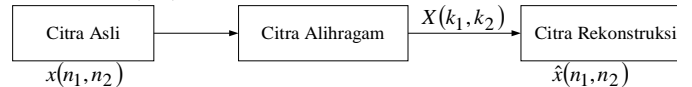
```
I = imread('einstein.bmp');
I = im2double(I);
Title('Original image'); figure,
imshow(I);
```

yang kemudian dialihragamkan dengan menggunakan perintah:

```
F3 = fft2(I);
F = log(abs(fftshift(F3)));
```

Untuk mengembalikan citra alihragam ke citra asli menjadi citra rekonstruksi diperlukan perintah pembalikan.

```
F2 = ifft2(F3);
```



Gambar 4 Diagram alir penapisan citra

F. Penapisan Citra

Penambahan derau aditif biasanya secara teoritis ditapis dengan menggunakan tapis Wiener. Proses penapisan citra dilakukan dengan algoritma seperti pada diagram alir berikut ini. Proses pemilihan ukuran tapis melibatkan variabel ukurannya yang dipilih dengan menggunakan sebuah *pop-up*, dengan ukuran 3×3 , 5×5 , dan 7×7 .

Penapisan citra derau pada citra dengan derau aditif Gaussian menggunakan perintah sebagai berikut.

```
filtered = wiener2(noisy, [hood
hood]);
```

G. Deskripsi atas Hasil pengolahan

Program simulasi ini dibuat untuk mengetahui kinerja dan evaluasi alihragam Fourier diskret, maka analisis yang diambil SNR (nisbah isyarat terhadap derau) dan MSE (galat kuadrat rerata). Kedua nilai tersebut dicari dengan perintah sebagai berikut.

```
I = imread('einstein.bmp');
```

```

[m,n]=size(I);
temp=0;
for i=1:1:m
    for j=1:1:n
        temp=temp+(F(i,j)-I(i,j))^2;
    end
end
temp=sqrt(temp);
Mse=temp/(m*n);
snr=10*log10(255/Mse);
msestr = sprintf('%0.3g',Mse);
snrstr = sprintf('%3.3f dB',snr);
xlabel(['The MSE is ' msestr ' and
snr is ' snrstr '

```

IV. ANALISIS

Pada bab ini dibahas kinerja dan evaluasi pengolahan citra dua dimensi alihragam Fourier diskret, dengan didasarkan pada perancangan simulasi yang telah dibuat pada bab III. Maka analisis yang diambil adalah SNR (nisbah isyarat terhadap derau) dan MSE (galat kuadrat rerata) yang dirumuskan sebagai :

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} |f(x,y) - g(x,y)|^2 \quad (4.1)$$

$$SNR = 10 \log \left[\frac{255}{MSE} \right] \quad (4.2)$$

dengan $f(x,y)$ adalah citra asli, dan $g(x,y)$ adalah citra terolah, dan $M \times N$ adalah ukuran citra, dengan $M = 256$, $N = 256$

A. Citra asli

Citra asli yang digunakan berjumlah enam gambar aras keabuan (*grayscale*) dengan skala keabuan 256, berekstensi **bmp**, yaitu :

1. Lena : berukuran 256×256
2. Lombok : berukuran 256×256
3. Einstein : berukuran 256×256
4. Goldhill : berukuran 256×256
5. Fountain : berukuran 256×256
6. Wajah : berukuran 256×256

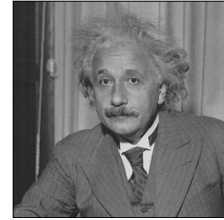
B. Pembacaan Citra Asli

Citra asli sebelum diolah perlu dikenali oleh sistem perangkat lunak yang dibuat dengan melakukan pembacaan terhadap citra sehingga citra asli dikenali sebagai matriks yang siap diolah untuk program selanjutnya.

```

I = imread('einstein.bmp');
I = im2double(I);
figure, imshow(I);

```



Gambar 5. Citra asli

C. Analisis kinerja dan evaluasi

Dalam analisis kinerja dan evaluasi pengolahan citra dua-dimensi alihragam Fourier diskret, mengambil SNR (nisbah isyarat terhadap derau) dan MSE (galat kuadrat rerata) sebagai kriteria kemiripan citra dan mengukur kualitas citra serta untuk mengetahui kinerja dari suatu pengolahan citra digital.

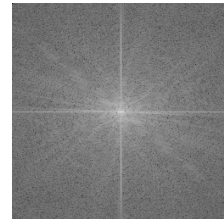
4.C.1 Alihragam Citra

Alihragam citra dijalankan dengan perintah :

```

F3 = fft2(I);
F = log(abs(fftshift(F3)));
figure, imshow((F),[]);

```



Gambar 6. Citra teralihragam

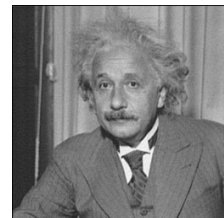
4.C.2 Rekonstruksi Citra

Rekonstruksi citra dijalankan dengan perintah :

```

F3(abs(F3)<10) = 0;
F2 = ifft2(F3);
figure, imshow(F2,[]);

```



Gambar 7. Citra rekonstruksi dari Gambar 6

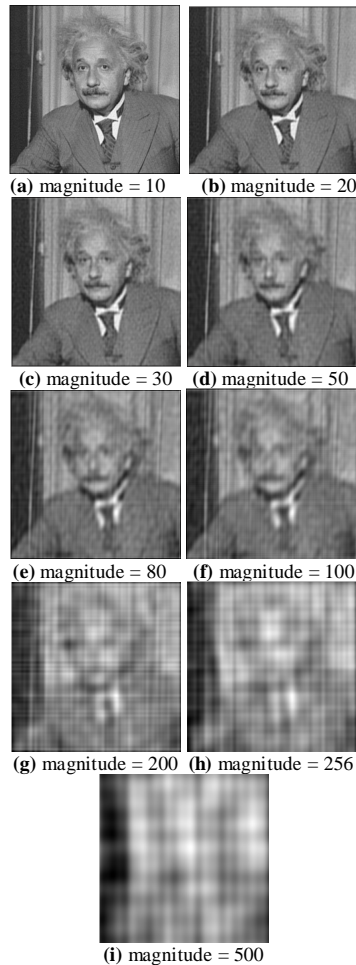
Tabel 4.1 Nilai-nilai parameter hasil uji pengolahan citra alihragam Fourier diskret (magnitude = 10)

| Nama citra | Parameter | |
|------------|-----------------|----------|
| | Citra alihragam | |
| | MSE | SNR (dB) |
| Lombok.bmp | 0,456 | 27,476 |

| | | |
|----------------------|-------|--------|
| Einstein.bmp | 0,438 | 27,648 |
| Lena.bmp | 0,428 | 27,747 |
| Fountain.bmp | 0,461 | 27,425 |
| Bercermin.bmp | 0,495 | 27,116 |
| Wajah.bmp | 0,333 | 28,845 |

Tabel 4.1 menunjukkan nilai MSE dan SNR pada citra ukuran 256×256 , perbedaan nilai parameter hasil citra alihragam Fourier diskret tergantung pada nilai intensitas dari citra masing-masing.

Berikut adalah penunjukkan pola perubahan nilai magnitudo pada citra rekonstruksi dari (a) dengan perubahan magnitudo dari 10, 20, 30, 50, 80, 100, 200, 256, dan 500 secara berurutan



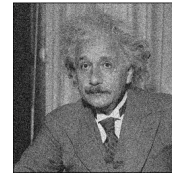
Gambar 8. Perubahan nilai magnitudo pada citra **einstein.bmp** dengan ukuran citra 256×256 .

Dari pola yang ditunjukkan pada gambar terlihat bahwa semakin besar nilai magnitudo citra yang dihasilkan mengalami keaburan setelah dialihragamkan balik DFT dua-dimensi (IDFT). Nilai magnitudo maksimum yang masih memberikan hasil visualisasi yang tak tereduksi adalah 10.

4.C.3 Penambahan derau

Penambahan derau ditunjukkan untuk mengenali batasan-batasan citra yang mengalami penurunan yang kentara pada kualitas citra. Citra asli yang diolah dengan menambahkan derau aditif Gaussian dengan tingkat rerata = 0,0 dan varians = 0,005. Penambahan derau Gaussian dilakukan dengan menggunakan perintah :

```
orig = imread('einstein.bmp');
noisy = imnoise(orig, 'gaussian', 0,
0.005);
figure, imshow(noisy)
```

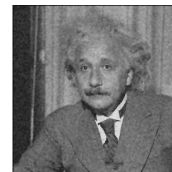


Gambar 9. penambahan derau Gaussian dengan tingkat rerata = 0,1 dan varians = 0,005

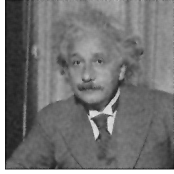
4.C.4 Penapisan citra berderau

Apabila citra masukan dianggap berderau, maka perlu adanya penapisan untuk mengurangi derau, sehingga derau yang ada dapat dikurangi. Penapisan citra berderau dengan tapis Wiener dilakukan dengan menggunakan perintah sebagai berikut :

- tapis Wiener dengan ukuran 3×3
`filtered = wiener2(fourier,[3 3]);`
- tapis Wiener dengan ukuran 5×5
`filtered = wiener2(fourier,[5 5]);`
- tapis Wiener dengan ukuran 7×7
`filtered = wiener2(fourier,[7 7]);`



(a)Citra tertapis Wiener ukuran 3×3



(b) Citra tertapis Wiener ukuran 5×5



(c) Citra tertapis Wiener ukuran 7×7

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Hasil citra teralihragam Fourier diskret dalam tugas akhir ini diperoleh dengan menggunakan algoritma Fast Fourier transform (FFT).
2. Semakin naik nilai magnitudo pada citra rekonstruksi citra yang dihasilkan mengalami pengaburan, Nilai magnitudo maksimum yang masih memberikan hasil visualisasi yang tak tereduksi adalah 10.
3. Pada citra berderau Gaussian dan citra tertapis Wiener ditunjukkan bahwa untuk semua nilai MSE pada citra baik pada citra teralihragam Fourier diskret dan citra rekonstruksi mengalami kenaikan, hal ini berarti galat yang ada mengalami kenaikan. Sedangkan pada nilai SNR mengalami penurunan, dengan demikian derau tereduksi setelah mengalami penapisan.

B. Saran

1. Citra teralihragam Fourier diskret dapat dikembangkan dengan membandingkan kinerja antara alihragam Fourier diskret (DFT) dengan alihragam kosinus diskret (DCT) pada pengolahan citra dalam kawasan frekuensi.
2. Perlu dilakukan penelitian tentang reduksi derau dengan alihragam Fourier diskret pada jenis-jenis derau yang lebih bervariasi misalnya *salt-and-pepper* ataupun *speckle*.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hanselman, D & Littlefield, B, *MATLAB Bahasa Komputasi Teknis*, Penerbit ANDI Yogyakarta
2. Jain, A.K, *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice Hall, Inc.
3. Lim, J.S, *Two-Dimensional Signal and Image Processing*, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
4. Murni, A, *Pengantar Pengolahan Citra*, Penerbit PT Elex Media Komputindo
5. Russ, J.C, *The Image Processing Handbook*, 2nd Edition.
6. Schalkoff, R. J, *Digital Image Processing And Computer Vision*, John Wiley & Sons, Inc.

Johannes NP – L2F 301481

Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Universitas Diponegoro Semarang. Saat ini sedang menjalani proses untuk menyelesaikan studi Strata 1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Semarang, April 2004
Mengetahui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Achmad H, S.T.,M.T R.Rizal
I.S.T.,M.M.,M.T.

NIP. 132 288 515 NIP. 132 137 933