

PENINGKATAN KUALITAS CITRA ULTRASONOGRAFI (USG) DENGAN MENGGUNAKAN METODE GAUSSIAN FILTER

Tommy Andiro, Garuda Ginting

Program Studi Teknik Informatika STMIK Budi Darma, Medan, Indonesia
Jl. Sisingamangaraja No. 338 Simpang Limun, Medan

ABSTRAK

Dalam perkembangan teknologi yang semakin canggih saat ini telah menciptakan sebuah teknik diagnostik pencitraan menggunakan suara ultra yaitu ultrasonografi (USG). Gambar yang dihasilkan masih mengalami noise gaussian, maka hasilnya belum sempurna. Hasil Citra ultrasonografi (USG) yang mengalami noise gaussian akan diperbaiki kualitas citra gambarnya. Seiring perkembangan teknologi saat ini permasalahan tersebut akan diatasi dengan memanfaatkan metode gaussian filter. Gaussian Filter sangat baik untuk menghilangkan noise yang bersifat sebaran normal, yang banyak dijumpai pada sebaran citra hasil proses digital menggunakan kamera karena merupakan fenomena alamiah akibat sifat pantulan cahaya dan kepekaan sensor cahaya pada kamera itu sendiri.

Kata Kunci : Pengolahan Citra, Ultrasonografi (USG), Gaussian Filter

I. PENDAHULUAN

Citra (gambar) adalah kombinasi antara titik, garis, bidang dan warna untuk menciptakan suatu imitasi dari suatu obyek. Citra bisa berwujud dua dimensi seperti lukisan, foto dan berwujud tiga dimensi seperti patung. Ultrasonografi (USG) adalah alat diagnostik noninvasif menggunakan gelombang suara dengan frekuensi tinggi diatas 20.000 hertz (>20 kilohertz) untuk menghasilkan gambaran struktur organ didalam tubuh. Gelombang suara dikirim melalui suatu alat yang disebut *transducer* atau *probe*. Obyek didalam tubuh akan memantulkan kembali gelombang suara yang kemudian akan ditangkap oleh suatu sensor, gelombang pantulan tersebut akan direkam, dianalisis dan ditayangkan dilayar. [1]

Menurut Usman (2005:70), *Filter Gaussian* sangat baik untuk menghilangkan *noise* yang bersifat sebaran normal, yang banyak di jumpai pada sebaran citra hasil proses digitasi menggunakan kamera karena merupakan fenomena alamiah akibat sifat pantulan cahaya dan kepekaan sensor cahaya pada kamera itu sendiri. [2] Metode *gaussian filter* ini dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas citra yang berhubungan dengan pencahayaan yaitu dengan mengatur tingkat kecerahan (*brightness*) maupun kekontrasan dari sebuah citra sehingga diperoleh citra yang memiliki kualitas lebih baik.

II. TEORITIS

A. Peningkatan Kualitas Citra

Peningkatan kualitas citra (*image enhancement*) merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*). Peningkatan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran

transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur dan sebagainya. Melalui operasi pemrosesan awal inilah kualitas citra diperbaiki sehingga citra dapat digunakan untuk aplikasi lebih lanjut, misalnya untuk aplikasi pengenalan (*recognition*) objek di dalam citra. [3]

Peningkatan kualitas citra adalah proses mendapatkan citra yang lebih mudah diinterpretasikan oleh mata manusia. Ciri-ciri tertentu yang terdapat di dalam citra lebih diperjelas kemunculannya. Secara matematis, *image enhancement* dapat diartikan sebagai proses mengubah citra $f(x, y)$ menjadi $f'(x, y)$ sehingga ciri-ciri yang dilihat pada $f(x, y)$ lebih ditonjolkan.

B. Citra USG

Ultrasonografi medis (*sonografi*) adalah sebuah teknik diagnostik pencitraan menggunakan suara ultra yang digunakan untuk mencitrakan organ internal dan otot, ukuran mereka, struktur, dan luka patologi, membuat teknik ini berguna untuk memeriksa organ. *Sonografi obstetrik* biasa digunakan ketika masa kehamilan.

Pilihan frekuensi menentukan resolusi gambar dan penembusan ke dalam tubuh pasien. Diagnostik *sonografi* umumnya beroperasi pada frekuensi dari 2 sampai 13 megahertz.

Sedangkan dalam fisika istilah "suara ultra" termasuk ke seluruh energi akustik dengan sebuah frekuensi di atas pendengaran manusia (20.000 Hertz), penggunaan umumnya dalam penggambaran medis melibatkan sekelompok frekuensi yang ratusan kali lebih tinggi.

Ultrasonografi atau yang lebih dikenal dengan singkatan *USG* digunakan luas dalam medis. Pelaksanaan prosedur diagnosis atau terapi dapat dilakukan dengan bantuan *ultrasonografi* (misalnya untuk biopsi atau pengeluaran cairan). Biasanya

menggunakan probe yang digenggam yang diletakkan di atas pasien dan digerakkan: gel berair memastikan penyerasian antara pasien dan probe.

Dalam kasus kehamilan, *Ultrasonografi (USG)* digunakan oleh dokter spesialis kandungan (*DSOG*) untuk memperkirakan usia kandungan dan memperkirakan hari persalinan. Dalam dunia kedokteran secara luas, alat *USG (ultrasonografi)* digunakan sebagai alat bantu untuk melakukan diagnosa atas bagian tubuh yang terbangun dari cairan. [6]

C. Gaussian Filter

Gaussian filtering didapat dari operasi konvolusi. Operasi perkalian yang dilakukan ialah perkalian antara matriks *kernel* dengan matriks gambar asli. Matriks *kernel gauss* didapat dari fungsi komputasi dari distribusi *gaussian*, seperti pada persamaan di bawah ini:

$$G(i,j) = c.e^{-\frac{(i-u)^2 + (j-v)^2}{2\sigma^2}}$$

Keterangan:

c dan σ = konstanta

G (i,j) = elemen matriks *kernel gauss* pada posisi (i,j)

(u,v) = indeks tengah dari matriks *kernel gauss*

Berikut ini contoh matrik *kernel Gauss* 3 X 3 dengan $\sigma = 1.0$

1	2	1
2	3	2
1	2	1

Perkalian antara bobot matriks gambar asli dengan bobot matrik *kernel gauss* dapat dirumuskan seperti pada di bawah ini:

$$Pixel B(i,j) = \frac{1}{K} \cdot \sum_{p=0}^{N-1} \left(\sum_{q=0}^{M-1} G(p,q) \cdot PixelA \left(i + p - \frac{(N-1)}{2}, j + q - \frac{(M-1)}{2} \right) \right)$$

Keterangan :

Pixel A = gambar A (Gambar Asli)

Pixel B(i,j) = bobot hasil perkalian pada posisi (i,j)

N = jumlah kolom matriks kernel

M = jumlah baris matriks kernel

K = penjumlahan semua bobot di G

G(p,q) = elemen matriks kernel gauss pada posisi (p,q)

III. ANALISA

A. Analisa Masalah

Peningkatan kualitas citra adalah suatu proses untuk mengubah sebuah citra menjadi citra yang baru sesuai dengan kebutuhan melalui berbagai cara seperti dengan fungsi transformasi, operasi matematis, pemfilteran dan lain-lain. Peningkatan kualitas diperlukan karena seringkali citra yang dijadikan objek pembahasan mempunyai kualitas yang buruk, misalnya citra mengalami derau (*noise*) pada saat pengiriman melalui saluran transmisi, citra terlalu terang/gelap, citra kurang tajam, kabur dan sebagainya.

Berdasarkan analisa di atas, dapat disimpulkan bahwa proses peningkatan kualitas citra yang memiliki nilai kontras rendah atau *grayscale level* rendah dapat diperbaiki dengan melakukan proses peningkatan *grayscale level*. Karena semakin tinggi *grayscale level* citranya maka gambar yang dihasilkan akan semakin baik karna memiliki kontras yang lebih tinggi dari sebelumnya.

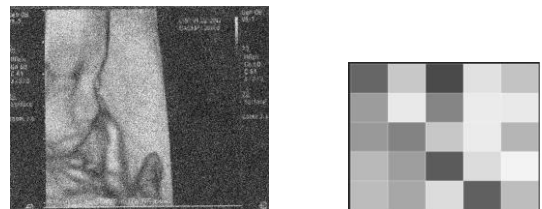
```
>> asci= uint8 (c)
asci(:,:,1) =
    200    255    122     79    255
    255    168    255    186    254
    255    192    238    255    186
    167    255     94     37    238
    252    255    252    191    245

asci(:,:,2) =
     17    182     52    255    179
    110    255     1    254    234
     68    109    193    237    171
    196    114     91    254    253
    166    126    218     14    172

asci(:,:,3) =
     3    153     0    157     16
     27     98    133    109     75
    251    39     4     3    255
    104     0     58     0     46
    131    120     0     0    139
```

Gambar 1. Nilai Pixel RGB

Sebagai contoh, akan dilakukan proses *gaussian filter* pada sebuah citra digital hasil *ultrasonografi (USG)* yang mengalami *noise gaussian* seperti terlihat pada gambar 2. di bawah:



Gambar 2.

Contoh Citra Hasil Ultrasonografi (USG) dengan Nilai Pixel Grayscale

Tabel 1. Nilai Kernel Awal

(0,0)	(0,1)	(0,2)
(1,0)	(1,1)	(1,2)

(2,0)	(2,1)	(2,2)
-------	-------	-------

Aturan gaussian;

$$G(x,y) = \frac{1}{2 \cdot \sigma^2 \cdot \pi} \cdot e^{-\left(\frac{x^2+y^2}{2 \cdot \sigma^2}\right)}$$

Penjabaran:

a) $G(0,0) \longrightarrow \begin{matrix} x = 0 \\ y = 0 \end{matrix}$

$$G(0,0) = \frac{1}{2 \cdot (1)^2 \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{0^2+0^2}{2 \cdot (1)^2}\right)}$$

$$G(0,0) = \frac{1}{2 \cdot (1) \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{0}{2}\right)}$$

$$G(0,0) = 0,159$$

b) $G(0,1) \longrightarrow \begin{matrix} x = 0 \\ y = 1 \end{matrix}$

$$G(0,1) = \frac{1}{2 \cdot (1)^2 \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{0^2+1^2}{2 \cdot (1)^2}\right)}$$

$$G(0,1) = \frac{1}{2 \cdot (1) \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{1}{2}\right)}$$

$$G(0,1) = 0,262$$

c) $G(0,2) \longrightarrow \begin{matrix} x = 0 \\ y = 2 \end{matrix}$

$$G(0,2) = \frac{1}{2 \cdot (1)^2 \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{0^2+2^2}{2 \cdot (1)^2}\right)}$$

$$G(0,2) = \frac{1}{2 \cdot (1) \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{4}{2}\right)}$$

$$G(0,2) = 1,175$$

d) $G(1,0) \longrightarrow \begin{matrix} x = 1 \\ y = 0 \end{matrix}$

$$G(1,0) = \frac{1}{2 \cdot (1)^2 \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{1^2+0^2}{2 \cdot (1)^2}\right)}$$

$$G(1,0) = \frac{1}{2 \cdot (1) \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{1}{2}\right)}$$

$$G(1,0) = 0,262$$

e) $G(1,1) \longrightarrow \begin{matrix} x = 1 \\ y = 1 \end{matrix}$

$$G(1,1) = \frac{1}{2 \cdot (1)^2 \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{1^2+1^2}{2 \cdot (1)^2}\right)}$$

$$G(1,1) = \frac{1}{2 \cdot (1) \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{2}{2}\right)}$$

$$G(1,1) = 0,346$$

f) $G(1,2) \longrightarrow \begin{matrix} x = 1 \\ y = 2 \end{matrix}$

$$G(1,2) = \frac{1}{2 \cdot (1)^2 \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{1^2+2^2}{2 \cdot (1)^2}\right)}$$

$$G(1,2) = \frac{1}{2 \cdot (1) \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{5}{2}\right)}$$

$$G(1,2) = 1,937$$

g) $G(2,0) \longrightarrow \begin{matrix} x = 2 \\ y = 0 \end{matrix}$

$$G(2,0) = \frac{1}{2 \cdot (1)^2 \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{2^2+0^2}{2 \cdot (1)^2}\right)}$$

$$G(2,0) = \frac{1}{2 \cdot (1) \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{4}{2}\right)}$$

$$G(2,0) = 1,175$$

h) $G(2,1) \longrightarrow \begin{matrix} x = 2 \\ y = 1 \end{matrix}$

$$G(2,1) = \frac{1}{2 \cdot (1)^2 \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{2^2+1^2}{2 \cdot (1)^2}\right)}$$

$$G(2,1) = \frac{1}{2 \cdot (1) \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{5}{2}\right)}$$

$$G(2,1) = 1,937$$

i) $G(2,2) \longrightarrow \begin{matrix} x = 2 \\ y = 2 \end{matrix}$

$$G(2,2) = \frac{1}{2 \cdot (1)^2 \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{2^2+2^2}{2 \cdot (1)^2}\right)}$$

$$G(2,2) = \frac{1}{2 \cdot (1) \cdot 3,14} \cdot e^{-\left(\frac{8}{2}\right)}$$

$$G(2,2) = 8,681$$

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kernel

0,159	0,262	1,175
0,262	0,346	1,937
1,175	1,937	8,681

Hasil perhitungan kernel dijumlahkan seperti berikut;

$$0,159 + 0,262 + 1,175 + 0,262 + 0,346 + 1,937 + 1,175 + 1,937 + 8,681 = 15,934$$

Dari hasil perjumlahan diatas dibagi dengan hasil perhitungan kernel pada tabel 3. diatas, sehingga menghasilkan nilai kernel seperti tabel 4. dibawah ini;

Tabel 3. Hasil Nilai Kernel Akhir

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122
0,074	0,122	0,545

$$0,010 + 0,016 + 0,074 + 0,016 + 0,022 + 0,122 + 0,074 + 0,122 + 0,545 = 1,001$$

Contoh Kasus

Misalnya diketahui nilai *pixel grayscale* pada citra digital tersebut seperti yang tertera pada tabel 4.

dibawah akan ditingkatkan kualitasnya dengan perkalian dengan nilai *kernel* akhir seperti terlihat pada tabel 3. diatas.

Maka penyelesaiannya adalah sebagai berikut:

- 1) Nilai *pixel grayscale* berwarna merah pada tabel 4. dibawah dikalikan dengan nilai *kernel* akhir seperti berikut;

Tabel 4. Nilai *Pixel Grayscale*

73	197	58	164	150
131	174	130	183	188
191	113	145	165	204
156	123	81	97	179
183	167	157	68	185

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122
0,074	0,122	0,545

Nilai *pixel grayscale* berwarna merah dikalikan dengan nilai kernel akhir dihitung dengan cara berikut:

$$(73*0,010) + (197*0,016) + (58*0,074) + (131*0,016) + (174*0,022) + (130*0,122) + (191*0,074) + (113*0,122) + (145*0,545) = 137$$

73	197	58	164	150
131	174	130	183	188
191	113	145	165	204
156	123	81	97	179
183	167	157	68	185

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122
0,074	0,122	0,545

Nilai *pixel grayscale* berwarna merah dikalikan dengan nilai kernel akhir dihitung dengan cara berikut:

$$(197*0,010) + (58*0,016) + (164*0,074) + (174*0,016) + (130*0,022) + (183*0,122) + (113*0,074) + (145*0,122) + (165*0,545) = 159$$

73	197	58	164	150
131	174	130	183	188
191	113	145	165	204
156	123	81	97	179
183	167	157	68	185

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122
0,074	0,122	0,545

Nilai *pixel grayscale* berwarna merah dikalikan dengan nilai kernel akhir dihitung dengan cara berikut:

$$(58*0,010) + (164*0,016) + (150*0,074) + (130*0,016) + (183*0,022) + (188*0,122) + (145*0,074) + (165*0,122) + (204*0,545) = 185$$

73	197	58	164	150
131	174	130	183	188
191	113	145	165	204
156	123	81	97	179
183	167	157	68	185

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122
0,074	0,122	0,545

Nilai *pixel grayscale* berwarna merah dikalikan dengan nilai kernel akhir dihitung dengan cara berikut:

$$(131*0,010) + (174*0,016) + (130*0,074) + (191*0,016) + (113*0,022) + (145*0,122) + (156*0,074) + (123*0,122) + (81*0,545) = 108$$

73	197	58	164	150
131	174	130	183	188
191	113	145	165	204
156	123	81	97	179
183	167	157	68	185

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122
0,074	0,122	0,545

Nilai *pixel grayscale* berwarna merah dikalikan dengan nilai kernel akhir dihitung dengan cara berikut:

$$(174*0,010) + (130*0,016) + (183*0,074) + (113*0,016) + (145*0,022) + (165*0,122) + (123*0,074) + (81*0,122) + (97*0,545) = 114$$

73	197	58	164	150
131	174	130	183	188
191	113	145	165	204
156	123	81	97	179
183	167	157	68	185

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122

0,074	0,122	0,545
-------	-------	-------

Nilai *pixel grayscale* berwarna merah dikalikan dengan nilai kernel akhir dihitung dengan cara berikut:

$$(130*0,010) + (183*0,016) + (188*0,074) + (145*0,016) + (165*0,022) + (204*0,122) + (81*0,074) + (97*0,122) + (179*0,545) = 164$$

73	197	58	164	150
131	174	130	183	188
191	113	145	165	204
156	123	81	97	179
183	167	157	68	185

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122
0,074	0,122	0,545

Nilai *pixel grayscale* berwarna merah dikalikan dengan nilai kernel akhir dihitung dengan cara berikut:

$$(191*0,010) + (113*0,016) + (145*0,074) + (156*0,016) + (123*0,022) + (81*0,122) + (183*0,074) + (167*0,122) + (157*0,545) = 149$$

73	197	58	164	150
131	174	130	183	188
191	113	145	165	204
156	123	81	97	179
183	167	157	68	185

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122
0,074	0,122	0,545

Nilai *pixel grayscale* berwarna merah dikalikan dengan nilai kernel akhir dihitung dengan cara berikut:

$$(113*0,010) + (145*0,016) + (165*0,074) + (123*0,016) + (81*0,022) + (97*0,122) + (167*0,074) + (157*0,122) + (68*0,545) = 100$$

73	197	58	164	150
131	174	130	183	188
191	113	145	165	204
156	123	81	97	179
183	167	157	68	185

0,010	0,016	0,074
0,016	0,022	0,122
0,074	0,122	0,545

Nilai *pixel grayscale* berwarna merah dikalikan dengan nilai kernel akhir dihitung dengan cara berikut:

$$(145*0,010) + (165*0,016) + (204*0,074) + (81*0,016) + (97*0,022) + (179*0,122) + (157*0,074) + (68*0,122) + (185*0,545) = 165$$

Tabel 5.

Citra Hasil Peningkatan dengan Gaussian Filter

73	197	58	164	150
131	137	159	185	188
191	108	114	164	204
156	149	100	165	179
183	167	157	68	185

IV. IMPLEMENTASI

A. Implementasi Sistem

Aplikasi peningkatan kualitas citra *ultrasonografi (USG)* yang telah dirancang merupakan aplikasi berbasis *.netframework 3.5* yang dibuat menggunakan *tools Microsoft Visual Studio 2008*. Aplikasi peningkatan kualitas citra ini dapat dijalankan pada sistem operasi *windows* yang mendukung *.netframework 3.5*.

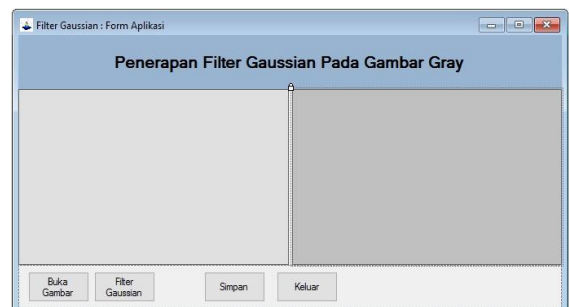
Berikut hasil dari implementasi aplikasi yang telah dirancang :

Form Menu Utama di bagi menjadi 3 *form* dalam menu strip, diantaranya *form filter gaussian*, *form tampil piksel* dan *form about me*. Gambar untuk tampilan *Form Menu Utama* dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



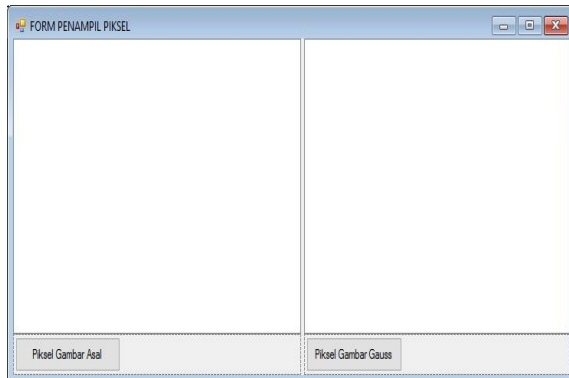
Gambar 1. *Form Menu Utama*

Form Filter Gaussian berisikan proses penerapan *filter gaussian* pada gambar. Gambar untuk tampilan *Form Filter Gaussian* dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. *Form Filter Gaussian*

Form Tampil Piksel berisikan nilai piksel gambar asal dan piksel gambar gauss yang sudah diproses. Gambar untuk tampilan *Form* Tampil Piksel dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Form Tampil Piksel

Form About Me berisikan informasi tentang pembuat aplikasi peningkatan kualitas citra *ultrasonografi (USG)*. *Form* ini menampilkan biografi pembuat aplikasi. Gambar tampilan *Form About Me* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. *Form About Me*

V. KESIMPULAN

Dari hasil penulisan dan analisa dari bab-bab sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan, dimana kesimpulan-kesimpulan tersebut kiranya dapat berguna bagi para pembaca, sehingga

penulisan skripsi ini dapat lebih bermanfaat. Adapun kesimpulan-kesimpulan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Proses peningkatan kualitas citra *ultrasonografi (USG)* dilakukan dengan teknik perbaikan kualitas citra (*image enhancement*) yang merupakan salah satu proses awal dalam pengolahan citra (*image preprocessing*). Perbaikan kualitas citra dapat dilakukan dengan dengan menerapkan fungsi transformasi, operasi matematis, pemfilteran atau dengan menerapkan metode salah satunya adalah metode *gaussian filter*.
2. Metode *gaussian filter* dapat diterapkan dalam aplikasi peningkatan kualitas citra *ultrasonografi (USG)* yaitu dengan cara mengkonversikan nilai RGB tiap *pixel* citra ke bentuk citra *grayscale* sehingga diperoleh nilai *grayscale* citra baru. Semakin tinggi nilai *grayscale* citranya maka citra hasil perbaikan kualitasnya akan memiliki nilai kontras yang semakin tinggi dan semakin baik.
3. Aplikasi peningkatan kualitas citra *ultrasonografi (USG)* dirancang dengan menggunakan *tools Microsoft Visual Studio 2008* dan dapat dijalankan pada sistem operasi *windows* yang mendukung *.netframework 3.5*.

REFERENCES

- [1] April Lyanda, Budhi Antariksa, and Elisna Syahrudin, "Ultrasonografi Toraks," *J Respir Indo*, vol. 31, no. 1, pp. 38-43, Januari 2011.
- [2] Andre Wedianto, Herlina Latipa Sari, and Yanolanda Suzantri H, "ANALISA PERBANDINGAN METODE FILTER GAUSSIAN, MEAN DAN MEDIAN TERHADAP REDUKSI NOISE," *Jurnal Media Infotama*, vol. 12, no. 1, pp. 21-30, Februari 2016.
- [3] Darma Putra, *Pengolahan Citra Digital*, 1st ed., Westriningsih, Ed. Yogyakarta, Indonesia: Andi, 2010.
- [4] Sianipar, "Pemrograman MATLAB Dalam Contoh dan Penerapan". Informatika, 2013.
- [5] Charles Jhony Mantho Sianturi, "Analisis Segmentasi Citra USG Hati Menggunakan Metode Fuzzy C-Mean," *Citec Journal*, vol. 2, no. 3, pp. 256-264, Mei-Juli 2015.
- [6] Bambang Yuwono, "IMAGE SMOOTHING MENGGUNAKAN MEAN FILTERING, MEDIAN FILTERING, MODUS FILTERING DAN GAUSSIAN FILTERING," *Telematika*, vol. 7, no. 1, pp. 65-75, juli 2010.
- [7] Rosa A S and M Shalahuddin, *Rekayasa Perangkat Lunak*, Informatika Bandung ed., Informatika Bandung, Ed. Bandung, Indonesia: Informatika Bandung, 2013.