

# Pengembangan Skema Pemrosesan Citra Untuk Peningkatan Visibilitas Jarum Pada Aplikasi Ultrasonografi (USG) Untuk Penuntun Penusukan Jarum Medis

<sup>1</sup>Arkanty Septyvergy<sup>\*</sup>), <sup>1</sup>Suprijanto & <sup>1</sup>Endang Juliastuti

<sup>1</sup> KK Instrumentasi dan Kontrol – Fakultas Teknologi Industri- Institut Teknologi Bandung

arkanty.septyvergy@gmail.com<sup>\*</sup>)

## Abstrak

Pada citra 2-D ultrasonografi untuk keperluan pemandu insersi jarum, sulit untuk menentukan posisi jarum karena ketidak konsistenan visibilitas jarum. Hal tersebut terjadi dikarenakan adanya fenomena akustik yang terjadi ketika gelombang ultrasonik merambat melewati medium perantara dan mengenai permukaan jarum. Selama ini terdapat beberapa usaha untuk mengatasi permasalahan visibilitas jarum yaitu melakukan manipulasi pada *beam steering*, manipulasi interaksi gelombang ultrasonik dengan jarum, dan melakukan *post processing* pada citra USG. Pada penelitian ini dilakukan usaha *post processing* untuk mengatasi permasalahan visibilitas jarum. *Post processing* yang dikembangkan adalah dengan memanfaatkan informasi perbedaan intensitas antara jarum dan latar pada tiap kolom citra. Data tersebut akan diseleksi, data mana yang merepresentasikan jarum dan yang tidak merepresentasikan jarum. Data yang merepresentasikan jarum dapat dideteksi menggunakan filter *moving median* dan filter *moving median absolute deviation*. Skema yang telah dibangun tersebut diuji pada dua macam citra jarum. Citra pertama adalah citra yang digerakkan oleh robot penusukan. Citra diambil menggunakan kamera digital ketika jarum bergerak melakukan penusukan dan ketika jarum bergerak secara rotasi. Ujung jarum diberi tinta putih agar ketika ditangkap citranya bagian tip merupakan bagian yang paling terang. Hal tersebut dimaksudkan agar citra tip jarum merepresentasikan citra hasil penangkapan menggunakan USG. Citra kedua yang diuji adalah citra pertama ditambahkan derau yang merepresentasikan karakteristik derau yang dimiliki oleh ultrasonografi. Hasil pengujian dengan skema yang dibangun menunjukkan bahwa skema ini dapat mengestimasi posisi jarum baik pada citra pertama dan citra kedua.

**Kata Kunci:** pemandu insersi jarum, ultrasonografi, visibilitas jarum, post processing, perbedaan intensitas, filter moving median, filter moving median absolute deviation, robot penusukan

## 1 Pendahuluan

Prosedur intervensional invasif minimal adalah suatu prosedur yang sering digunakan di dalam bidang medis dikarenakan prosedur ini hanya memerlukan sayatan yang kecil untuk memasukkan alat perantara sehingga dapat meminimalkan luka dan mempercepat penyembuhan pasien pasca operasi. Salah satu prosedur intervensional invasive minimal yang sering digunakan adalah prosedur anastesi yang

menggunakan jarum sebagai alat perantara. Untuk menjamin jarum menusuk pada daerah yang benar, diperlukan alat bantu umpan balik. Alat bantu umpan balik yang sering digunakan adalah Ultrasonografi (USG). USG dipilih karena tidak memiliki risiko radiasi atau ionisasi, mempunyai resolusi temporal yang tinggi [1], dan transmisi citra yang cepat (*realtime*) [2].

Penggunaan USG sebagai umpan balik memiliki kekurangan yaitu jarum sulit untuk dilihat atau dideteksi. Hal tersebut dikarenakan karakteristik derau yang dimiliki oleh citra USG [3] dan terdapat fenomena akustik yang terjadi ketika gelombang akustik merambat melewati medium perantara dan mengenai permukaan jarum yang mengakibatkan visibilitas jarum tidak konsisten [4]. Terdapat beberapa usaha untuk meningkatkan visibilitas jarum, yaitu dengan melakukan peningkatan teknik pencitraan pada USG atau melakukan *post processing* pada citra USG.

Penelitian ini akan berfokus pada usaha peningkatan visibilitas jarum dengan melakukan *post processing*. *Post processing* umumnya dilakukan dengan mendeteksi posisi penusukan jarum. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian terkait *post processing*. Metode yang paling umum digunakan untuk melakukan pendeteksian posisi jarum adalah transformasi hough [5]–[7] dan Random Sample Consensus (RANSAC) [8]–[10]. Kedua metode itu memiliki kekurangan, pada transformasi hough dibutuhkan tahapan *edge detection* dimana membutuhkan suatu nilai *thresholding* yang bergantung pada tiap kondisi citra USG. RANSAC merupakan algoritma iterasi sehingga jika jumlah iterasi tidak sesuai, pendeteksian jarum yang didapatkan tidak optimal. Selain itu algoritma RANSAC tidak akan berjalan optimal jika terdapat banyak data *outlier*. Pada penelitian ini akan dikembangkan skema peningkatan visibilitas jarum menggunakan *linear derivative* dan metode gabungan *moving median + moving median absolute deviation* (MAD).

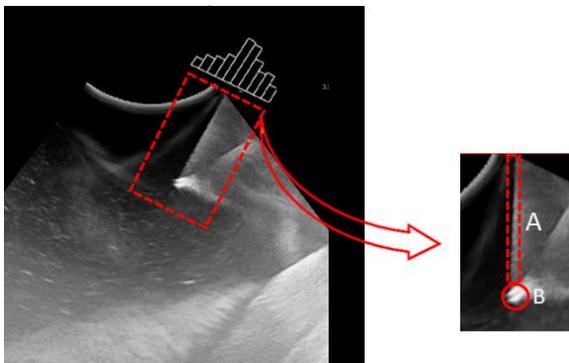
## 2 Dasar Teori

Pada bab ini akan dijelaskan kondisi umum citra USG dan dasar teori yang digunakan pada skema pemrosesan citra yang digunakan pada penelitian ini.

## 2.1 Kondisi Citra USG

Citra USG jarum umumnya memiliki kondisi yang serupa. Citra USG jarum memiliki derau khas bertipe *speckle*. Derau inilah yang menjadi salah satu faktor pendeteksian jarum sulit untuk dilakukan. Kondisi umum lain yang dimiliki pada citra USG jarum adalah intensitas jarum yang meningkat dibanding intensitas sekitarnya pada daerah tertentu di sekitar jarum. Informasi intensitas dari ketebalan jarum akan tersimpan pada dua piksel atau lebih. Nilai intensitas pada bagian tersebut memiliki nilai yang hampir sama. Nilai intensitas akan kembali turun setelah melewati piksel jarum.

Jarum terbuat dari logam berbentuk tabung dan memiliki rongga dibagian tengah. Ketika gelombang ultrasonik ditransmisikan dan mengenai bagian jarum, terjadi interaksi yang unik antara gelombang ultrasonik dengan bagian jarum. Hal ini menyebabkan nilai intensitas sepanjang batang jarum (bagian A pada Gambar 1) tidak konsisten, terkadang sangat kecil dan terkadang besar. Nilai intensitas yang tidak konsisten inilah yang menimbulkan permasalahan visibilitas jarum pada citra USG. Pada bagian ujung jarum (bagian B pada Gambar 1), umumnya nilai intensitas akan lebih tinggi dibandingkan bagian batang jarum.



Gambar 1 Kondisi citra jarum USG

## 2.2 Linear Derivative

Linear derivative merupakan pendekatan yang digunakan untuk menghitung perbedaan intensitas antara setiap piksel. Pada penelitian ini linear derivative yang digunakan merupakan linear derivative satu dimensi, dimana hanya ditinjau pada bagian baris atau kolom piksel suatu citra. Persamaan pendekatan linear derivative yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 1

$$\frac{d}{dm} I[m] \approx I[m+1] - I[m] \quad (1)$$

dimana  $I[m]$  merupakan intensitas pada piksel ke- $m$  sepanjang baris atau kolom piksel citra.

Pada tahapan ini, bagian tepi jarum akan menghasilkan puncak. Tepi pertama dari batang jarum akan menghasilkan puncak positif dan sisi kedua menghasilkan puncak negatif. Hasil pendeteksian pada tahapan ini tidak hanya mendeteksi bagian tepi jarum tetapi juga mendeteksi beberapa derau yang akan diatasi menggunakan gabungan metode *moving median + moving MAD*.

## 2.3 Moving Median dan Moving Median Absolute Deviation

Moving median adalah metode statistik dimana pada metode ini dilakukan perhitungan median terhadap suatu set data dengan besar window tertentu. Seperti namanya, metode ini akan mencari nilai tengah (median) dari suatu set data. Hal yang berbeda dari perhitungan statistik median yang biasa kita gunakan adalah setiap median dihitung pada window yang digeser sepanjang  $k$  melintasi setiap elemen data yang ada. Ketika nilai  $k$  ganjil, letak window berada di tengah posisi data yang akan dihitung saat ini. Ketika nilai  $k$  genap, letak window berada ditengah posisi data yang akan dihitung saat ini dan data sebelumnya. Nilai data yang dilakukan perhitungan tersebut akan digantikan nilainya dengan nilai median yang didapat.

Moving median absolute deviation adalah metode statistik dimana metode ini melakukan perhitungan median absolute deviation terhadap suatu set data dengan besar window tertentu. Median absolute deviation (MAD) sendiri dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2

$$MAD = \text{median}(|A_i - \text{median}(A)|) \quad (2)$$

dengan  $A_i$  adalah data intensitas citra A pada intensitas ke- $i$

Sama seperti sebelumnya, nilai MAD akan dihitung dihitung melalui window yang digeser dengan panjang  $k$  melintasi setiap elemen data yang ada. Nilai MAD yang telah didapat akan dikalikan satu persatu dengan suatu angka pembobotan untuk mendapatkan perkiraan parameter skala normal ( $\sigma$ ). Hal tersebut dimaksudkan agar data terdistribusi normal. Parameter skala normal ( $\sigma$ ) dapat dihitung menggunakan persamaan 3

$$\sigma = 1,4826 \times MAD \quad (3)$$

Penghilangan data outlier yang didapat pada metode sebelumnya dapat dihilangkan menggunakan metode gabungan *moving median* dan *moving MAD*. Data dianggap *outlier* ketika data tersebut tidak berada diantara batas atas dan

batas bawah. Perhitungan batas bawah dan batas atas dapat dihitung melalui persamaan 4

$$\begin{aligned} \text{batas bawah} &= B - 3\sigma \\ \text{batas atas} &= B + 3\sigma \end{aligned} \quad (4)$$

dengan

$B$  = hasil perhitungan moving median

$\sigma$  = parameter skala normal

### 3 Metodologi Penelitian

Pada bab ini akan dijelaskan tahapan skema pemrosesan citra yang telah dibangun dan metode pengambilan data.

#### 3.1 Pengambilan Data

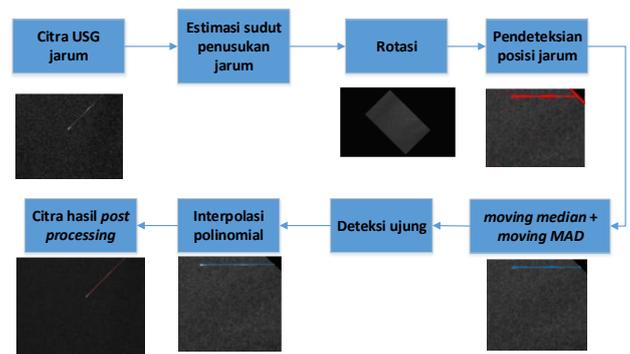
Terdapat dua data yang digunakan pada penelitian ini, yaitu data 1A dan data 1B. Data 1A diambil menggunakan simulator robot yang dapat bergerak menusuk dengan kedalaman tertentu dan bergerak secara rotasi. Gerakan penusukan yang diambil adalah gerakan penusukan jarum dengan kedalaman 1 cm sampai 3,2 cm dan ditangkap pergerakannya setiap 0,2 cm. Sedangkan gerak rotasi yang diambil adalah pergerakan rotasi dari  $0^{\circ}$  sampai  $44^{\circ}$  dan gerakan ditangkap setiap  $4^{\circ}$ . Masing-masing pergerakan jarum tersebut diambil menggunakan kamera digital.

Latar pergerakan jarum dibuat hitam menyerupai warna dasar latar pada citra USG. Jarum yang digunakan dibuat sehingga menyerupai citra jarum ketika diambil menggunakan USG. Bagian ujung jarum diberi tinta putih agar menjadi bagian paling terang dibanding bagian jarum lainnya. Data 1A dibuat untuk menguji apakah skema yang dibuat benar-benar mendeteksi bagian jarum. Data 1B merupakan data 1A yang ditambahkan derau khas yang dimiliki citra USG, yaitu derau tipe *speckle*. Data 1B dibuat dengan tujuan untuk menguji apakah skema pemrosesan citra yang dibangun tahan terhadap derau khas yang dimiliki citra USG.

#### 3.2 Skema Pemrosesan Citra

Pada penelitian ini dilakukan perancangan skema pemrosesan citra untuk meningkatkan visibilitas jarum pada aplikasi USG untuk penusukan jarum medis. Skema yang diusulkan peneliti dimulai dengan melakukan pengestimasi sudut penusukan jarum dengan menggunakan linear derivative. Estimasi penusukan jarum tersebut dilakukan untuk merotasikan citra sehingga posisi jarum menjadi horizontal. Posisi jarum yang horizontal tersebut mempermudah konsistensi dalam pemilihan ROI. Citra yang telah dirotasi tersebut kemudian dilakukan pendeteksian posisi jarum menggunakan *linear derivative*.

Hasil yang didapat melalui metode linear derivative merupakan data informasi posisi jarum dan data outlier. Gabungan metode *moving median* dan *moving median absolute deviation* digunakan untuk menghilangkan data outlier tersebut. Meskipun begitu, data yang diperoleh merupakan data jarum yang terputus-putus, sehingga untuk menyempurnakan pendeteksian posisi jarum dilakukan interpolasi polinomial. Pendeteksian ujung jarum dilakukan untuk membatasi hasil interpolasi. Pendeteksian ujung jarum dilakukan dengan cara mencari bagian yang memiliki intensitas paling tinggi dibandingkan bagian jarum lainnya pada citra ROI. Hasil pendeteksian tersebut dikembalikan ke posisi semula dengan kembali merotasikan citra menggunakan informasi estimasi sudut penusukan yang telah didapatkan sebelumnya. Skema peningkatan visibilitas jarum yang diusulkan dapat dilihat pada Gambar 2. Skema yang telah dibangun ini dijalankan menggunakan program Matlab R2017b.



Gambar 2 Skema pemrosesan citra yang telah dibangun

### 4 Hasil dan Analisis

Pada bab ini akan disampaikan hasil dari pengujian skema pemrosesan citra.

#### 4.1 Hasil Pengujian Citra 1A

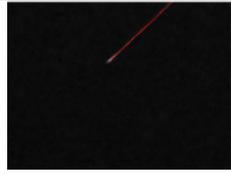
Hasil pengujian dari masing-masing citra 1A dengan variasi kedalaman dan sudut penusukan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 3. Beberapa contoh citra hasil pendeteksian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Hasil pengujian kelompok citra 1A dengan variasi kedalaman

No	Citra pada kedalaman	Hasil
1	1 cm	Berhasil
2	1,2 cm	Berhasil
3	1,4 cm	Berhasil
4	1,6 cm	Berhasil
5	1,8 cm	Berhasil

6	2 cm	Berhasil
7	2,2 cm	Berhasil
8	2,4 cm	Berhasil
9	2,6 cm	Berhasil
10	2,8 cm	Berhasil
11	3 cm	Berhasil
12	3,2 cm	Berhasil

**Tabel 2** Citra akhir hasil pengujian data 1A dengan variasi kedalaman

Kedalaman	Hasil Pendeteksian
1 cm	
2,2 cm	
3,2 cm	

**Tabel 3** Hasil pengujian kelompok citra 1A dengan variasi sudut penusukan

No	Citra pada sudut penusukan	Hasil
1	0°	Berhasil
2	4°	Berhasil
3	8°	Berhasil
4	12°	Berhasil
5	16°	Berhasil
6	20°	Berhasil
7	24°	Berhasil
8	28°	Gagal
9	32°	Berhasil
10	36°	Berhasil
11	40°	Berhasil
12	44°	Berhasil

Dari hasil diatas dapat dilihat bahwa terjadi satu kegagalan pada citra 1A dengan variasi sudut penusukan. Hasil kegagalan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Kegagalan pada data tersebut dikarenakan bagian jarum yang memiliki intensitas paling tinggi bukanlah bagian ujung jarum, sehingga pendeteksian jarum berakhir di bagian tersebut. Hal tersebut dikarenakan permukaan jarum yang reflektif dan terkena pencahayaan lingkungan saat melakukan penangkapan menggunakan kamera. Pengujian pada kumpulan citra pertama ini membuktikan bahwa skema yang dibangun benar-benar mendeteksi bagian jarum dan bukan hal lainnya. Skema *post processing* yang telah dibangun juga memiliki keterbatasan yaitu hanya bekerja dengan baik ketika ujung jarum merupakan bagian yang paling terang dibanding bagian jarum lainnya.



**Gambar 3** Hasil pendeteksian yang mengalami kegagalan

#### 4.2 Hasil Pengujian Citra 1B

Laporan hasil tiap citra dan beberapa citra hasil pendeteksian posisi jarum dengan variasi kedalaman dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5. Beberapa citra hasil akhir pendeteksian jarum dapat dilihat pada Tabel 6.

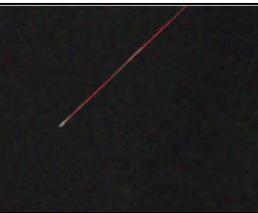
**Tabel 4** Hasil pengujian kelompok citra 1B dengan variasi kedalaman

No	Citra pada kedalaman	Hasil
1	1 cm	Berhasil
2	1,2 cm	Berhasil
3	1,4 cm	Berhasil
4	1,6 cm	Berhasil
5	1,8 cm	Berhasil
6	2 cm	Berhasil
7	2,2 cm	Berhasil
8	2,4 cm	Berhasil
9	2,6 cm	Berhasil
10	2,8 cm	Berhasil
11	3 cm	Berhasil
12	3,2 cm	Berhasil

**Tabel 5 Hasil pengujian kelompok citra 1B dengan variasi sudut penusukan**

No	Citra pada sudut penusukan	Hasil
1	0°	Berhasil
2	4°	Berhasil
3	8°	Berhasil
4	12°	Berhasil
5	16°	Berhasil
6	20°	Berhasil
7	24°	Berhasil
8	28°	Gagal
9	32°	Berhasil
10	36°	Berhasil
11	40°	Berhasil
12	44°	Berhasil

**Tabel 6 Citra akhir hasil pengujian data 1B dengan variasi sudut penusukan**

Kedalaman	Hasil Pendeteksian
0°	
20°	
44°	

Dari Tabel 4 dan Tabel 5 dapat dilihat bahwa terdapat satu kegagalan yang terjadi. Kegagalan tersebut disebabkan oleh hal yang sama dengan penyebab pada pengujian data sebelumnya. Pendeteksian jarum berakhir pada bagian batang dikarenakan bagian tersebut merupakan bagian yang memiliki intensitas paling tinggi. Tidak terdapat kegagalan lain selain kegagalan tersebut.

Dengan demikian, skema pemrosesan citra yang telah dibangun dapat mengatasi derau yang ditambahkan pada citra simulasi.

### 4.3 Pemvariasian Intensitas Derau

Intensitas derau yang digunakan pada citra 1B divariasikan untuk mengetahui ketahanan skema pemrosesan citra yang telah dibangun terhadap derau yang ada. Skema dapat mendeteksi posisi jarum pada citra 1B jika intensitas derau yang ditambahkan tidak lebih dari 120% dari rata-rata intensitas batang jarum. Jika intensitas derau *speckle* lebih dari 120% dari intensitas rata-rata batang jarum, bagian jarum dan latar tidak dapat dibedakan karena intensitas jarum dan latar hampir sama. Hal tersebut menyebabkan posisi jarum tidak dapat dideteksi dengan baik.

## 5 Kesimpulan

Dari hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa skema pemrosesan citra dapat mendeteksi posisi jarum secara baik jika ujung jarum memiliki intensitas paling tinggi dibandingkan bagian jarum lainnya. Skema pemrosesan citra juga memiliki keterbatasan yaitu hanya bisa mendeteksi posisi jarum jika derau yang dimiliki citra USG tidak lebih dari 120% dari rata-rata intensitas batang jarum.

## 6 Daftar Pustaka

- [1] K. Nichols, L. B. Wright, T. Spencer, dan W. C. Culp, "Changes in ultrasonographic echogenicity and visibility of needles with changes in angles of insonation," *J Vasc Interv Radiol*, vol. 14, hal. 1553-1557, 2003.
- [2] F. Xu, D. Gao, S. Wang, dan A. Zhanwen, "MLESAC Based Localization of Needle Insertion Using 2D Ultrasound Images," in *Journal of Physics: Conference Series*, 2018.
- [3] A. Noble dan D. Boukerroui, "Ultrasound image segmentation: A survey," *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 25, no. 8, hal. 987-1010, 2006.
- [4] H. Susanti, Suprijanto, dan D. Kurniadi, "Two-dimensional mapping of needle visibility with linear and curved array for ultrasound-guided interventional procedure," in *AIP Conference Proceedings*, 2018.
- [5] M. Ding dan A. Fenster, "A real-time biopsy needle segmentation technique using Hough Transform," *Med. Phys.*, vol. 30, hal. 2222-2233, 2003.

- [6] S. H. Okazawa, R. Ebrahimi, J. Chuang, R. N. Rohling, dan S. E. Salcudean, "Methods for segmenting curved needles in ultrasound images," *Med. Image Anal.*, vol. 10, hal. 330–342, 2006.
- [7] G. J. Vrooijink, M. Abayazid, dan S. Misra, "No TitleReal-Time Three-Dimensional Flexible Needle Tracking using Two-Dimensional Ultrasound," in *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2013, hal. 1688–1693.
- [8] M. Uhercik, J. Kybic, H. Liebgott, dan C. Cachard, "Model Fitting Using RANSAC for Surgical Tool Localization in 3-D Ultrasound Images," in *IEEE Trans Biomed Eng*, 2010, hal. 1907–1916.
- [9] P. Chatelain, A. Krupa, dan M. Marchal, "Real-time needle detection and tracking using a visually servoed 3D ultrasound probe," in *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2013, hal. 1668–1673.
- [10] M. Waine, C. Rossa, R. Sloboda, N. Usmani, dan M. Tavakoli, "3D Shape Visualization of Curved Needles in Tissue from 2D Ultrasound Images using RANSAC," in *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, 2015, hal. 4723–4728.