

Submit : 03 Januari 2024

Optimalisasi Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Pada Citra USG

¹Indah Purnama Sari, ²Oris Krianto Sulaiman, ³Dicky Apdilah
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Kota Medan, Indonesia¹
Universitas Islam Sumatera Utara, Kota Medan, Indonesia²
Universitas Asahan, Kabupaten Kisaran, Indonesia³
indahpurnama@umsu.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem identifikasi jenis kelamin janin pada citra USG, dan mengimplementasikan sistem identifikasi jenis kelamin janin pada citra USG. Dalam perancangan dan pengimplementasiannya, penelitian ini menggunakan 3 jenis metode atau proses yang terdapat di dalam pengolahan citra digital yaitu: segmentasi citra, ekstraksi fitur, dan pengelompokan data. Inputan serta keluaran dari aplikasi ini adalah citra inputan yang berekstensi bitmap (*.bmp) dan keluarannya berupa informasi mengenai jenis kelamin janin. Pada proses pengujian ini diperlukan bantuan dokter terlebih dahulu untuk mengidentifikasi jenis kelamin janin. Dalam merancang dan mengimplementasikan rancangan aplikasi, digunakan metode waterfall atau yang sering disebut dengan classic life cycle model. Implementasi dan pengujian pada penelitian ini adalah suatu Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin pada Citra USG yang menggunakan bahasa pemrograman Delphi. Dari data hasil uji performansi sistem didapat bahwa sistem mampu mengidentifikasi jenis kelamin janin hingga 66,67% dengan total sampel uji 54 citra USG. Berdasarkan hasil tersebut, Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin pada Citra USG cukup membantu dokter kandungan dalam mengidentifikasi jenis kelamin janin.

Kata Kunci: Citra USG, Segmentasi, Ekstraksi Fitur, Pengelompokan Data

PENDAHULUAN

Pengolahan Citra Digital merupakan salah satu cabang ilmu informatika yang mempelajari mengenai citra, cara pengolahannya, serta implementasinya dalam kehidupan sehari-hari. Salah satu implementasi pengolahan citra misalnya pada bidang kedokteran, contohnya untuk Ultra Sonography (USG) kandungan. Pada hasil USG, masih berupa gambar dua dimensi (2D) dan rata-rata kualitas gambar hasil cetakan cenderung gelap dan janinnya kurang jelas terlihat, sehingga tidak jarang dokter kandungan keliru dalam mengidentifikasi jenis kelamin janin tersebut, dan kecenderungan menimbulkan permasalahan mengenai akurasi dokter dalam memutuskan jenis kelamin janin. Berdasarkan hal tersebut muncul sebuah ide untuk mengembangkan sebuah perangkat lunak, yang nantinya bisa digunakan oleh dokter kandungan pada saat mengidentifikasi jenis kelamin janin.

Perangkat lunak yang dikembangkan memanfaatkan teknik pengolahan citra digital terhadap bentuk yang terkandung di dalam sebuah citra. Pola dapat dikatakan sebagai representasi dari suatu bentuk yang memiliki makna tertentu, akan tetapi suatu bentuk belum tentu memiliki pola. Teknik pengenalan pola merupakan salah satu komponen penting dari mesin atau sistem cerdas yang digunakan baik untuk mengolah data maupun dalam pengambilan keputusan (Putra, 2010). Salah satu metode yang bisa digunakan untuk menganalisa pola bentuk yang dimiliki suatu objek adalah momen invarian. Berdasarkan hasil analisa tersebut akan diperoleh sebuah vektor yang merepresentasikan fitur-fitur yang dimiliki sebuah objek.

Sebuah citra sampel USG agar bisa diidentifikasi jenis kelaminnya, maka diperlukan suatu metode pengelompokan data atau dikenal dengan istilah data clustering. Clustering merupakan

proses pengelompokan objek atau data tidak berlabel ke dalam suatu kelas atau cluster dengan objek yang memiliki kesamaan (similarity).

Dari model tersebut masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga ketika memilih model filtering yang akan digunakan hendaknya disesuaikan dengan jenis noise yang terdapat dalam sebuah citra. Jika sebuah citra dianggap sudah bersih dari noise, maka proses selanjutnya adalah pendeteksian terhadap tepi objek, sehingga diharapkan bisa menghasilkan bentuk yang cukup jelas.

TINJAUAN PUSTAKA

Segmentasi Citra

Segmentasi citra merupakan proses pengolahan citra yang bertujuan memisahkan bagian objek (foreground) dengan latar belakang (background) (Putra, 2010). Cara pertama kali yang wajib dilakukan adalah mengubah citra menjadi citra biner, dengan menggunakan fungsi pengambangan (thresholding). Hal ini dikarenakan pada citra biner intensitas warna akan terlihat secara jelas perbedaannya, yang diakibatkan nilai pixel hanya terdapat dua jenis warna yaitu hitam dan putih.

Pada pengambangan global, semua pixel pada citra dikonversikan menjadi hitam atau putih dengan satu nilai ambang T. Oleh karena menggunakan satu nilai ambang T untuk semua nilai pixel, maka kemungkinan akan banyak informasi yang hilang. Untuk mengatasi permasalahan tersebut dapat digunakan pengambangan secara lokal adaptif. Setelah citra mengalami proses binerisasi, biasanya akan terdapat derau atau noise yang berpengaruh terhadap nilai vektor fitur citra. Oleh karena itu diperlukan cara untuk menghilangkan noise tersebut, yakni dengan menggunakan proses filtering. Pada proses filtering, terdapat banyak model yang bisa diterapkan seperti misalnya Mean Filtering, Median Filtering, Gaussian Filtering, Low-pass, High-pass, Kuwahara Filtering.

Ekstraksi Citra

Kepuasan diartikan sebagai suatu keadaan yaitu harapan para pelanggan terhadap suatu layanan sesuai dengan kenyataan yang diterima tentang pelayanan yang diberikan kepada setiap pelanggan. Jika pelayanan jauh dibawah harapan konsumen maka konsumen akan merasa kecewa. Begitu juga sebaliknya, jika pelayanan yang diberikan telah memenuhi harapan pelanggan maka pelanggan akan merasa senang. Harapan para pelanggan dapat diketahui dari pengalamannya sendiri pada saat merasakan pelayanan, dan informasi dari orang lain atau informasi media periklanan. Kepuasan ialah perasaan senang atau kekecewaan seseorang yang muncul setelah membandingkan antara persepsi dan kesannya terhadap kinerja atau hasil suatu produk dan harapan-harapannya.

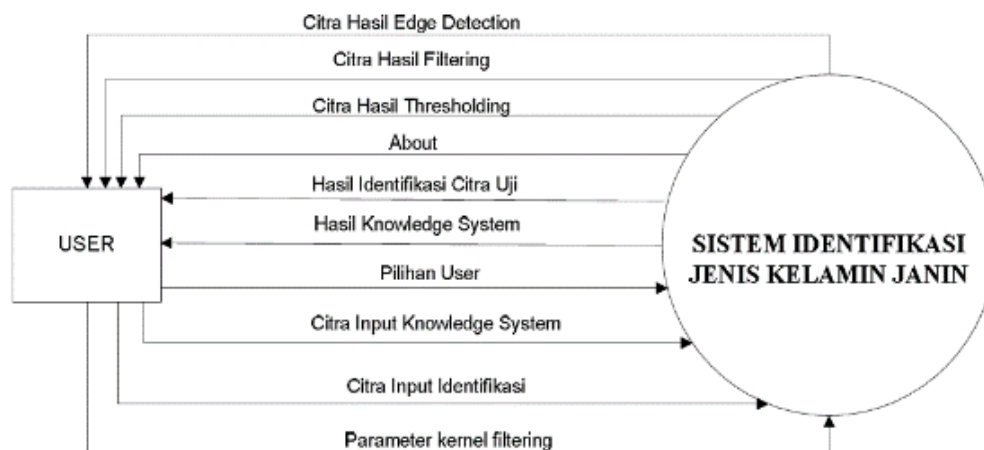
Karakteristik dari metode ini adalah menghasilkan nilai-nilai yang invarian terhadap rotasi, translasi, pencerminan, dan skala, namun tidak invariant terhadap perubahan kontras (Muhtadan, 2009).

METODE PENELITIAN

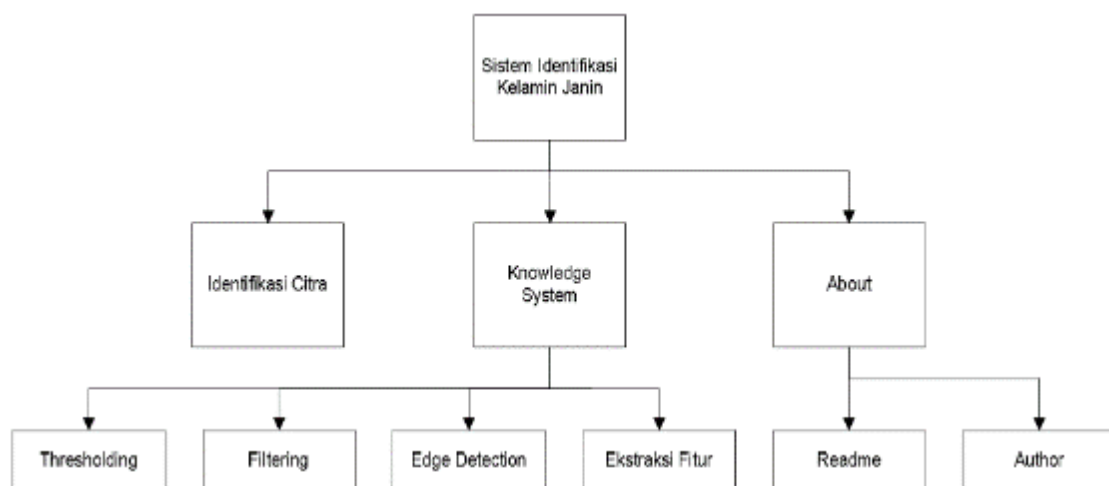
Perancangan Perangkat Lunak

Batasan perancangan perangkat lunak Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin pada Citra USG yang akan dibuat ini adalah format citra input berekstensi bitmap (*.bmp). Perancangan arsitektur perangkat lunak menggambarkan bagian-bagian modul, struktur ketergantungan antar modul, dan hubungan antar modul dari perangkat lunak yang dibangun.

Pada bagian ini terdapat Data Flow Diagram (DFD) Level 0 dan Structure Chart sebagai kendali fungsional yang digambarkan seperti Gambar 2 dan Gambar 3 untuk perangkat lunak Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin pada Citra USG.



Gambar 1. DFD Level 0 Perangkat Lunak Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin



Gambar 2. Struktur Chart Perangkat Lunak Sistem Identifikasi Jenis Kelamin

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Perangkat Lunak

Data Flow Diagram (DFD) dan Rancangan Arsitektur Perangkat Lunak Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Delphi 2010. Gambar 4 merupakan pemetaan unit-unit yang digunakan pada Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin. Pada Gambar 4 dapat dilihat ada 7 unit yang digunakan yakni:

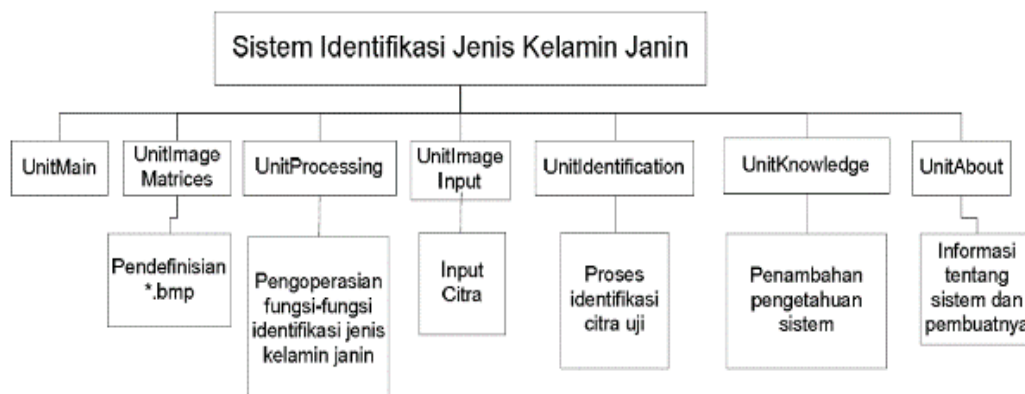
1. Unit Main sebagai unit pemanggil unit lain;
2. Unit Image Matrices sebagai unit untuk mendefinisikan file bertipe bitmap, termasuk juga untuk mendefinisikan matriks;
3. Unit Processing sebagai unit untuk menampung operasi matematis dalam pengolahan citra digital, sesuai dengan metode-metode yang digunakan;
4. Unit Image Input untuk menampung citra input baik citra uji maupun citra untuk proses penambahan pengetahuan sistem;
5. Unit Identification merupakan unit untuk proses pengidentifikasian jenis kelamin janin pada citra USG;
6. Unit Knowledge adalah unit untuk menambah pengetahuan yang dimiliki sistem, dengan menyimpan nilai vektor fitur dari sebuah citra USG yang jenis kelamin janinnya sudah diketahui sebelumnya; dan
7. Unit About berisikan informasi mengenai sistem dan pembuat sistem.



Gambar 3. Form Utama Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin

Gambar 3 adalah tampilan form utama dari Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin, yang mana terdapat 4 menu pada bagian menubar yakni File (hanya berisi sub menu Exit), Identification, Knowledge System, dan About.

Melalui form ini, user dapat melihat citra yang akan diproses, terutama pada proses knowledge system, yang mana akan diperlihatkan perubahan dari citra asal menjadi citra biner, selanjutnya citra biner yang mengalami proses filtering, dan yang terakhir adalah citra yang telah mengalami pendeteksian tepi. Berikut ini adalah pemetaan unit serta tampilan form dari Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin.



Gambar 4. Pemetaan Unit Sistem Identifikasi Jenis Kelamin Janin

Menu Identification akan menampilkan form identification seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5, yang berfungsi untuk mengidentifikasi citra USG yang akan diidentifikasi jenis kelaminnya. Selanjutnya menu Knowledge System akan menampilkan form knowledge system (Gambar 6) yang memungkinkan user untuk menambah basis pengetahuan sistem, dengan menyimpan nilai vektor fitur dari sebuah citra USG yang jenis kelaminnya sudah diketahui, sedangkan menu yang terakhir adalah About.

Identification

Dataset Laki-Laki

ID	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	0.123	3.886	1.289	0.767	0.031	1.181	0.083
2	4.791	80.552	300.685	8.08	121.218	13.875	113.098
3	-1.045	1.104	5.791	1.099	1.995	-0.172	4.274
4	-0.249	4.988	945.37	2194.783	1479539.801	6282.185	3848987.142
5	-1.934	19.297	379.56	118.76	10702.23	-211.959	9037.357
6	1.262	44.196	14.114	0.789	-1.862	3.604	-0.968

Dataset Perempuan

ID	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	8.264	84.432	9.431	0.065	0.004	0.151	0.029
2	-27.124	1386.884	180.089	10.224	-277.398	-42.21	-214.937
3	1.631	9.049	32.615	4.024	8.419	4.141	15.619
4	0.51	2.559	6.503	5.51	30.375	-11.763	37.683
5	0.203	0.068	22.488	1.466	3.368	-0.291	-0.787
6	-0.975	4.852	9.419	1.692	-2.727	-2.089	-2.459

Sample Test

Open Image Process

Image	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Vector	-19.992	-401.304	50.508	5.637	-49.555	-9.102	-16.107

Laki-laki : 1.24746871189691 Perempuan : 1.24772648365326

Hasil Klasifikasi » Laki-laki

Gambar 5. Form Identifikasi Sistem Kelamin Janin

Knowledge System

Step by Step

Open Image Threshold Median Filter : 1 Edge Detection

Process

Process Save

Feature Extraction

Image	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7

Gambar 6. Form Knowledge Sistem Identifikasi Kelamin Janin

Pada menu About terdapat 2 sub menu yakni Readme dan Author. Readme berisi informasi singkat mengenai sistem, sedangkan Author berisi informasi mengenai pembuat sistem. Ketika user mengaktifkan form identification ataupun form knowledge system, maka user akan diminta untuk membuka sebuah gambar ditampung dalam sebuah form yakni form Image Viewer (Gambar 7).



Gambar 7. Form Image Viewer Sistem Identifikasi Kelamin Janin

Identification

Dataset Laki-Laki

ID	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	0.123	3.886	1.289	0.767	0.031	1.181	0.083
2	4.791	80.552	300.685	8.08	121.218	13.875	113.098
3	-1.045	1.104	5.791	1.099	1.995	-0.172	4.274
4	-0.249	4.988	945.37	2194.783	1479539.801	6282.185	3848987.142
5	-1.934	19.297	379.56	118.76	10702.23	-211.959	9037.357
6	1.262	44.196	14.114	0.789	-1.862	3.604	-0.968

Dataset Perempuan

ID	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
1	8.264	84.432	9.431	0.065	0.004	0.151	0.029
2	-27.124	1386.884	180.089	10.224	-277.398	42.21	-214.937
3	1.631	9.049	32.615	4.024	8.419	4.141	15.619
4	0.51	2.559	6.503	5.51	30.375	-11.763	37.683
5	0.203	0.068	22.488	1.466	3.368	-0.291	-0.787
6	-0.975	4.852	9.419	1.692	-2.727	-2.089	-2.459

Sample Test

Open Image Process

Image	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Vector	-19.952	401.304	50.508	5.037	49.535	-9.102	-16.107

Laki-laki : 1.24746871189691 Perempuan : 1.24772648365326

Hasil Klasifikasi » ♂ Laki-laki

Gambar 8. Form Identification Sistem Identifikasi Kelamin Janin 2

Knowledge System

Step by Step

Open Image *** Threshold » Median Filter : 1 » Edge Detection

Process

Process » » Save

Feature Extraction

Image	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7

Gambar 9. Form Knowledge System Sistem Identifikasi Kelamin Janin

Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian perangkat lunak Sistem Identifikasi Kelamin Janin ini dilakukan penulis untuk uji performansi sistem. Sebelum pengujian dilakukan, penulis meminta bantuan kepada dokter kandungan untuk menyediakan citra USG janin dengan jenis kelamin laki-laki dan perempuan, dan diperoleh citra USG sejumlah 54 gambar dengan rincian 33 laki-laki dan 21 perempuan.

Setelah basis pengetahuan dimasukkan, tahap selanjutnya adalah menguji performa sistem dengan menggunakan kembali citra sampel sebagai citra uji. Hal ini untuk melihat seberapa akurat sistem dalam mengidentifikasi jenis kelamin janin. Pada pengujian awal, sistem hanya mampu memprediksi jenis kelamin laki-laki sebanyak 6 sampel dari 33 sampel laki-laki (18,18%), dan untuk sampel perempuan mampu diprediksi sebanyak 14 sampel dari 21 sampel perempuan (66,67%). Hal ini tidak sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa jenis kelamin laki-laki lebih mudah diidentifikasi, dan justru jenis kelamin perempuan yang agak susah diidentifikasi. Setelah dianalisa lebih lanjut, ternyata pada saat melakukan pengelompokan data tidak memperhatikan adanya pencilaan data, yaitu data-data yang termasuk dalam kategori data dengan nilai ekstrim tinggi dan ekstrim rendah.

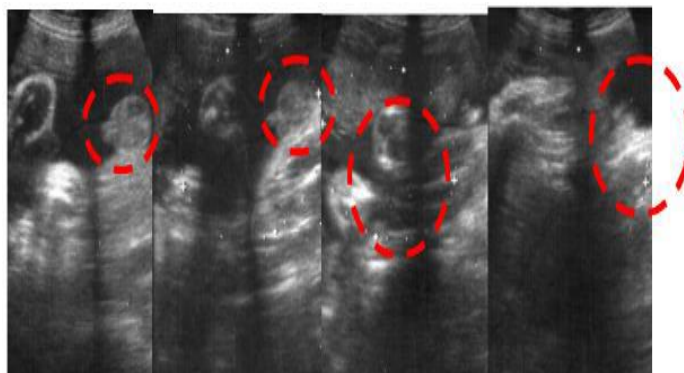
Dari 33 sampel laki-laki, yang berhasil teridentifikasi sesuai prediksi dokter sebanyak 24

sampel (72,73%) dan yang tidak sesuai sebanyak 9 sampel (27,27%). Sedangkan dari 21 sampel perempuan, yang berhasil teridentifikasi sebanyak 12 sampel (57,14%) dan yang tidak sesuai sebanyak 9 sampel (42,56%). Hasil ini cukup sesuai dengan pernyataan pada teori yang menyatakan bahwa jenis kelamin laki-laki lebih mudah diidentifikasi daripada jenis kelamin perempuan. Hal ini karena dari segi bentuk, jenis kelamin laki-laki lebih mudah dilihat secara kasat mata daripada jenis kelamin perempuan, sehingga untuk keseluruhan sampel, berhasil teridentifikasi dengan benar sebanyak 36 dari 54 sampel atau sebesar 66,67%, sedangkan yang tidak sesuai sebanyak 18 dari 54 sampel atau 33,33%. Gambar 10a, b, c, dan d berturut-turut merupakan gambar yang diambil dari sampel uji, berdasarkan dari hasil pengujian sistem. Gambar 10a merupakan gambar janin laki-laki yang memiliki jarak kemiripan paling dekat dengan kelompok laki-laki (0.27125066877579), sedangkan Gambar 10b kebalikan dari Gambar 10a, yakni gambar janin laki-laki yang memiliki jarak kemiripan paling jauh dengan kelompok laki-laki (1.53601346871359). Sementara Gambar 10c adalah gambar janin perempuan jarak yang paling mirip dengan kelompok perempuan (0.0897165585070659), dan Gambar 10d adalah gambar janin perempuan yang memiliki kemiripan (1.54266686720371), paling jauh dengan kelompok perempuan.

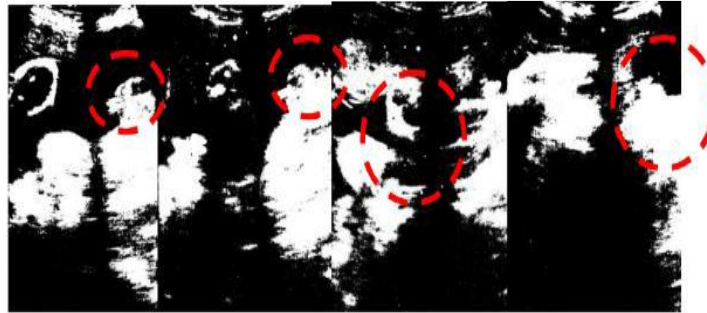
Sebelum sebuah citra bisa diidentifikasi, terlebih dahulu citra harus diolah dengan tahapan sebagai berikut.

1. Citra input diubah menjadi citra biner dengan menggunakan model Local Thresholding.
2. Setelah citra menjadi citra biner, langkah selanjutnya adalah menghilangkan noise yang dihasilkan dari proses binerisasi.
3. Jika citra telah bersih dari noise, maka citra bisa dikenakan proses deteksi tepi, sehingga akan dihasilkan citra yang di dalamnya terdapat gambar seperti pulau.
4. Setelah citra mengalami proses pendeteksian tepi, berarti tahap segmentasi sudah dilewati, sehingga tahap selanjutnya adalah proses pengekstraksian fitur bentuk yang dimiliki oleh citra.
5. Dari nilai momen yang diperoleh pada tahap ekstraksi fitur, selanjutnya nilai tersebut digunakan untuk menghitung jarak kemiripan citra uji dengan nilai momen yang dimiliki oleh masing-masing kelompok, dengan menggunakan normalisasi jarak euclid. Hasil yang diperoleh dari perhitungan tersebut, selanjutnya ditentukan citra uji akan dimasukkan ke kelompok mana, tergantung kemana jarak yang lebih dekat.
6. Dengan diperolehnya informasi mengenai kelompok yang diperoleh citra uji, maka proses identifikasi secara keseluruhan sudah selesai. Sedangkan untuk tahap penambahan basis pengetahuan, langkah yang ditempuh sama hingga langkah 4, sedangkan tahap selanjutnya adalah menyimpan nilai vektor fitur ke dalam database, dan proses penambahan basis pengetahuan sistem pun selesai.

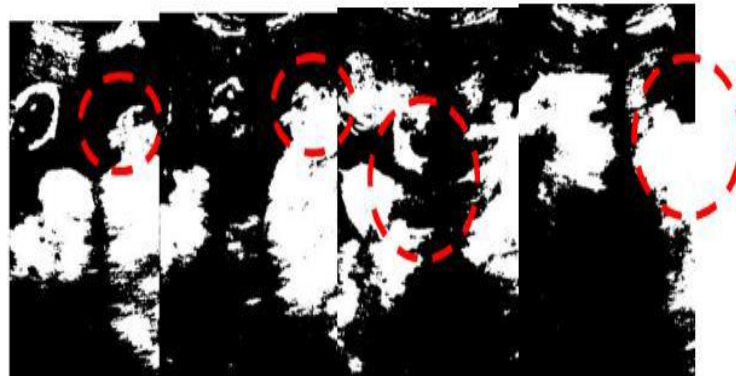
Berikut adalah visualisasi proses pengolahan citra USG dari citra asli hingga mendapatkan nilai ekstraksi fitur.



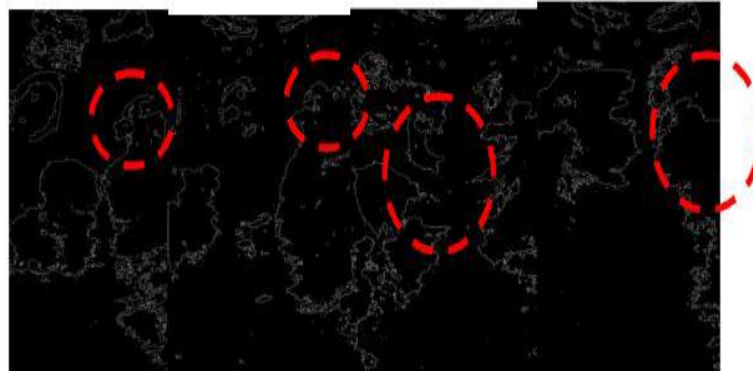
Dari kiri ke kanan: Gambar 10a, 10b, 10c, dan 10d. Lingkaran putus-putus merah adalah area kelamin janin



Dari kiri ke kanan: Hasil Thresholding Gambar 10a, 10b, 10c, dan 10d



Dari kiri ke kanan: Hasil Filtering Citra Thresholding Gambar 10a, 10b, 10c, dan 10d



Dari kiri ke kanan: Hasil Edge Detection Citra Filtering Gambar 10a, 10b, 10c, dan 10d

Setelah citra mengalami proses segmentasi citra, langkah selanjutnya adalah mengekstrak fitur yang terdapat dalam citra tersebut, dengan menggunakan metode momen invarian yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Selanjutnya masing-masing nilai tersebut akan dicocokkan satu-persatu dengan nilai vektor fitur yang dimiliki oleh kelompok laki-laki dan nilai-nilai yang dimiliki oleh kelompok perempuan, dengan membandingkan kedekatan jarak antara keduanya.

Tabel 1. Hasil Ekstraksi Fitur Citra Uji

Citra	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
10a	1.82	3.362	29.253	1.156	-2.756	0.067	-3.263
10b	-1.934	19.297	379.56	118.76	10702.23	-211.959	9037.357
10c	0.203	0.068	22.488	1.466	-2.727	-0.291	-0.787
10d	1.539	2.382	129.818	308.714	8.419	-76.063	8484.332

Keterangan:

M1 = Center of Gravity;

M2 = Relative Smoothness;

M3 = Histogram Skewness;

M4 = Relative Flatness;

M5, M6, M7 = Tidak ditemukan literatur yang menjelaskan makna nilai momen ini.

Dalam pengujian ini tidak dapat ditentukan apakah hasil yang diperoleh bisa dikatakan valid atau tidak. Pengujian dilakukan untuk melihat apakah sistem yang dikembangkan sudah mampu untuk mengidentifikasi jenis kelamin janin pada citra USG. Hasil tersebut tidak dikonfirmasi kepada dokter kandungan yang dijadikan sebagai nara sumber, mengingat keterbatasan waktu penelitian. Dalam hal ini untuk 18 sampel yang tidak sesuai dari 54 citra uji, tidak dapat divonis apakah sistem yang memang salah atau justru judgement dokter ketika memberikan citra sampel yang salah. Dari sini masih nampak adanya beberapa kelemahan yang dimiliki oleh sistem, yang secara mendasar diakibatkan masih minimnya citra USG yang dijadikan sebagai basis pengetahuan, mengingat untuk mendapatkan sebuah citra USG memerlukan proses serta waktu yang relatif lama, sehingga jika dibandingkan antara hasil yang dicapai dengan kelemahan yang dimiliki, dapat dikatakan bahwa sistem ini cukup layak untuk dikembangkan ataupun dijadikan acuan dalam upaya mengembangkan sistem pengidentifikasian terhadap citra USG yang lebih kompleks, serta tidak hanya terbatas pada identifikasi jenis kelamin janin.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, implementasi dan pengujian pada penelitian ini, maka dapat diambil simpulan bahwa Sistem Identifikasi Kelamin Janin diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Embarcadero Delphi 2010 Architecture dengan menggunakan 3 jenis metode pada pengolahan citra digital, yaitu segmentasi citra, ekstraksi fitur, dan pengelompokan data. Dari data hasil uji coba pengidentifikasian jenis kelamin janin, didapat bahwa sebagian besar jenis kelamin citra USG janin berhasil diidentifikasi dengan baik. Dalam hal ini Sistem Identifikasi Kelamin Janin dapat dipergunakan sebagai support system bagi dokter kandungan pada saat mengidentifikasi jenis kelamin janin, sehingga dengan ditunjang oleh pengalaman dokter tersebut maka akurasi hasil identifikasi jenis kelamin janin dapat ditingkatkan.

REFERENSI

- Sari, I.P., Hariani, P.P., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., Sulaiman, O.K., Satria, A., & Manurung, A.A. (2024). CLUSTERING HIV/AIDS DISEASE USING K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM. *Proceeding International Seminar on Islamic Studies* 5 (1), 1668-1676
- Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Sulaiman, O.K. Leukocoria Identification: A 5-Fold Cross Validation CNN and Adaboost Hybrid Approach. 2023 6th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI), 486-491
- Manurung, A.A., Nasution, M.D., & Sari, I.P. (2023). Implementation of Fuzzy K-Nearest Neighbor Method in Dengue Disease Classification. 2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM), 1-4
- Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 2 (3), 146-157
- Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., Sulaiman, O.K., & Apdilah, D. (2023). Implementation of Data Classification Using K-Means Algorithm in Clustering Stunting Cases. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 4 (2), 402-412
- Sulaiman, O.K & Batubara, I.H. (2021). Implementation Data Mining For Level Analysis Traffic Violation By Algorithm Association Rule. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIOCSIT) Journal* 2 (2), 128-135

-
- Sari, I.P., Batubara, I.H., & Al-Khowarizmi, A. (2021). Sensitivity Of Obtaining Errors In The Combination Of Fuzzy And Neural Networks For Conducting Student Assessment On E-Learning. *International Journal of Economic, Technology and Social Sciences (Injects)* 2 (1), 331-338
- Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A., & Batubara, I.H. (2021). Cluster Analysis Using K-Means Algorithm and Fuzzy C-Means Clustering For Grouping Students' Abilities In Online Learning Process. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 2 (1), 139-144
- Apdilah, D., & Sari, I.P. (2021). Optimization Of The Fuzzy C-Means Cluster Center For Credit Data Grouping Using Genetic Algorithms. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIoCSIT) Journal* 2 (2), 156-163
- Indah Purnama Sari. *Algoritma dan Pemrograman*. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.
- Indah Purnama Sari. *Buku Ajar Pemrograman Internet Dasar*. Medan: UMSU Press, 2022, pp. 300.
- Indah Purnama Sari. *Buku Ajar Rekayasa Perangkat Lunak*. Medan: UMSU Press, 2021, pp. 228.
- Janner Simarmata Arsan Kumala Jaya, Syarifah Fitrah Ramadhani, Niel Ananto, Abdul Karim, Betrisandi, Muhammad Ilham Alhari, Cucut Susanto, Suardinata, Indah Purnama Sari, Edson Yahuda Putra. *Komputer dan Masyarakat*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.162.
- Mahdianta Pandia, Indah Purnama Sari, Alexander Wirapraja Fergie Joanda Kaunang, Syarifah Fitrah Ramadhani Stenly Richard Pungus, Sudirman, Suardinata Jimmy Herawan Moedjahedy, Elly Warni, Debby Erce Sondakh. *Pengantar Bahasa Pemrograman Python*. Medan : Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.180
- Zelvi Gustiana Arif Dwinanto, Indah Purnama Sari, Janner Simarmata Mahdianta Pandia, Supriadi Syam, Semmy Wellem Taju Fitrah Eka Susilawati, Asmah Akhriana, Rolly Junius Lontaan Fergie Joanda Kaunang. *Perkembangan Teknologi Informatika*. Medan: Yayasan Kita Menulis, 2024, pp.158