

EKSTRAKSI PERMUKAAN LUAR TULANG TENGGORAK MENGUNAKAN *COMPASS SCANNING*

Pauladie Susanto ¹⁾, Hany Boedinugroho ²⁾, Eko Pramunanto ³⁾, Eko Mulyanto Yuniarno ⁴⁾, Mauridhi Hery Purnomo ⁵⁾

^{1),2),3),4),5)} Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya

¹⁾ Sistem Komputer, Institut Bisnis dan Informatika Stikom Surabaya
Jl. Raya Kedung Baruk No. 98 Surabaya
Email : pauladie.s@gmail.com

Abstrak. Ekstraksi permukaan luar tulang tengkorak merupakan langkah penting pada rekonstruksi craniofacial. Langkah ini berfungsi sebagai input dari rekonstruksi permukaan tengkorak. Permukaan luar tulang tengkorak diperoleh melalui tiga tahapan, yaitu *thresholding*, *pendefinisian region of interest (ROI)*, dan ekstraksi permukaan luar tulang tengkorak. *Compass scanning* merupakan metode yang digunakan pada ekstraksi ini. *Scanning* dilakukan menurut delapan arah mata angin, empat *scanning* dilakukan dari empat sisi luar area ROI, dan empat *scanning* dilakukan dari sudut area ROI. Metode yang diusulkan berhasil mengekstrak permukaan luar tulang tengkorak pada empat wilayah *sample*, yaitu pelipis atas, mata, hidung, dan mulut. *Scanning* dari empat sudut area ROI memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan *scanning* dari empat sisi area ROI, namun memadukan, namun memadukan delapan *scanning* akan memberikan kinerja ekstraksi terbaik.

Kata kunci: *craniofacial*, ekstraksi, permukaan, *scanning*, *compass*.

1. Pendahuluan

Dua *medical image* yang umum digunakan adalah MRI dan CT.[1] MRI mempunyai kelemahan terkait dengan penggambaran jaringan keras. Penelitian-penelitian tentang segmentasi tengkorak bayi menggunakan MRI mengalami kelemahan tersebut.[2,3] Tengkorak yang terekstraksi kurang akurat dan hilangnya informasi tentang lokasi fontanel. Berbeda dengan MRI, CT mempunyai keterbatasan yaitu ekspos subyek dari radiasi pengion dan buruknya kontras pada jaringan lunak. Namun demikian, CT memberikan kontras yang baik untuk pendefinisian tulang, sehingga CT lebih cocok untuk topik cranial.[1]

Beberapa penelitian telah dilakukan menggunakan *medical image*. Galdames[4] menggunakan *Simplex Mesh and Histogram Analysis Skull Stripping (SMHASS)* sebagai metode *skull stripping* yang didesain untuk menghilangkan *non-brain tissue* pada *image* MRI otak. Mereka mendapatkan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan *Brain Extraction Tool (BET)*, *Brain Surface Extractor (BSE)*, and *Hybrid Watershed Algorithm (HWA)*. Tilotta[5] menggunakan metode *curve evolution* untuk melakukan ekstraksi permukaan dan berhasil membuat *database* yang berisi 85 CT-scan subyek sehat berumur 20 sampai 65 tahun. Foi[6] mempresentasikan metode otomatis untuk menghitung ukuran OFD dan BDP dari *image ultrasound* janin. Metode yang digunakan adalah pemasangan model permukaan kepala berbentuk elips pada *image ultrasound* janin, dengan tujuan mengurangi aktivitas komputasi. Dogdas[7] mempresentasikan teknik segmentasi untuk tengkorak dan kulit kepala pada *image T1-weighted MRI* kepala manusia. Metode tersebut menggunakan operasi matematika morfologi untuk menghasilkan model realistik tengkorak, kulit kepala, dan otak.

Rekonstruksi craniofacial berguna untuk identifikasi melalui sisa-sisa tengkorak saat kurangnya bukti forensik untuk menyimpulkan dentitas. Tujuan rekonstruksi craniofacial adalah membuat ulang wajah menggunakan hubungan antara jaringan lunak dan tengkorak.[8] Dengan berkembangnya ilmu komputer dan *medical imaging*, terdapat banyak metode terbantu komputer yang diusulkan untuk rekonstruksi craniofacial.[9,10,11]

Pada rekonstruksi craniofacial, terdapat aktivitas penting yang harus dilakukan, yaitu ekstraksi permukaan luar tulang tengkorak. Deng[8] menyampaikan dua fase dalam ruang lingkup penelitiannya, pertama ekstraksi hubungan antara tengkorak dan area wajah. Fase ini terdiri dari enam langkah:

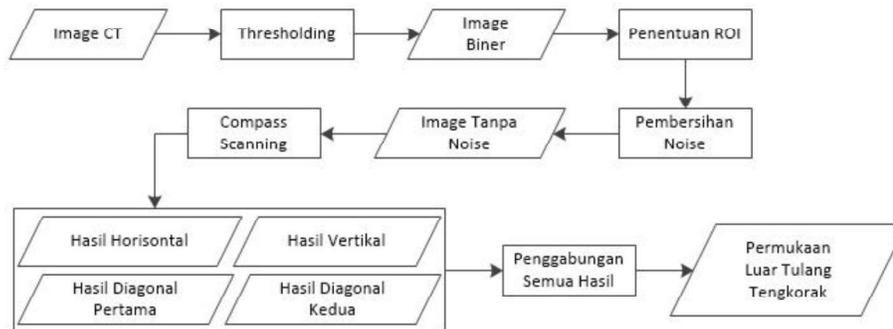
rekonstruksi CT 3D, penyesuaian koordinat global, registrasi titik-titik padat, segmentasi, penyesuaian koordinat lokal, terakhir PCA dan PLSR. Fase kedua adalah rekonstruksi craniofacial untuk tengkorak. Fase ini terdiri dari tujuh langkah: penyesuaian koordinat global, registrasi titik padat, segmentasi, penyesuaian koordinat lokal, rekonstruksi area wajah, penyesuaian ulang koordinat lokal, dan penggabungan. Berdasarkan ruang lingkup Deng, metode yang disulkan pada penelitian ini merupakan bagian dari rekonstruksi CT 3D pada fase pertama.

2. Pembahasan

Berdasarkan sebuah studi,[12] ekstrasi permukaan luar tulang tengkorak merupakan metode segmentasi. Terdapat 3 klasifikasi segmentasi, yaitu struktural, *stochastic*, dan *hybrid*. Segmentasi struktural memanfaatkan informasi tentang struktur dari area yang disegmentasi. Segmentasi *stochastic* menerapkan *voxel* diskrit tanpa mempertimbangkan struktur area. Segmentasi *hybrid* mempunyai karakteristik struktural dan *stochastic*.

Segmentasi struktural berusaha menemukan properti struktural dari area yang akan disegmentasi. Irisan permukaan yang dibentuk oleh garis penghubung antara 2 slice image merupakan salah satu properti yang diharapkan. Permukaan luar dari setiap *slice image* menjadi informasi penting untuk membentuk garis-garis tersebut.

Ekstrasi permukaan luar tulang tengkorak mempunyai tiga langkah, yaitu *thresholding*, penentuan *Region of Interest (ROI)*, dan *compass scanning*. Gambar 1 menunjukkan langkah dan hasil dari setiap langkah pada penelitian ini. Image CT kepala merupakan data penelitian, sehingga beberapa ketetapan diambil berdasarkan data tersebut, terutama pada langkah penentuan ROI. Metode ekstrasi yang disulkan mempunyai kemungkinan diterapkan pada bagian tubuh selain kepala. Jika hal ini terjadi, maka berbagai ketetapan perlu disesuaikan dengan data yang baru.



Gambar 1. Langkah dan Hasil Penelitian

2.1. Thresholding

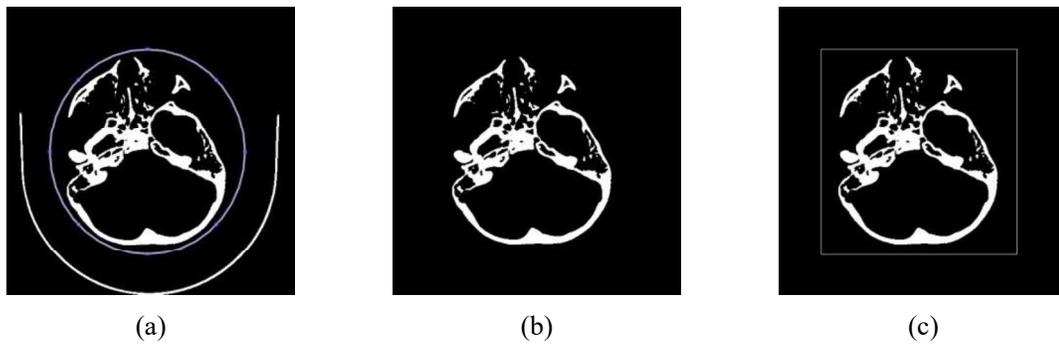
Pada *thresholding* diasumsikan bahwa *foreground* mempunyai karakteristik berdasarkan kecerahannya.[13] Ditentukan nilai θ dengan ketentuan $\min_x(f(x)) \leq \theta \leq \max_x(f(x))$, kemudian mengatur *voxel-voxel* dari *foreground*. Rumus 1 menunjukkan cara pengaturan *voxel* pada *thresholding*.

$$g(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x) \geq \theta \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

Pada penelitian ini, θ ditentukan secara manual melalui eksperimen. Hasil langkah *thresholding* adalah *image* biner, atau yang hanya mempunyai dua nilai ekstrim, yaitu 0 sebagai *background* (hitam) dan 1 sebagai *foreground* (putih).

2.2. Penentuan ROI

Langkah ini berusaha mempertahankan area yang penting dan menghapus area yang tidak penting. Fokus penelitian ini adalah permukaan luar tulang tengkorak, area di dalam tulang tengkorak merupakan area yang penting, dan area di luar tulang tengkorak merupakan area yang harus dihapus. Digunakan elips sebagai filter untuk menentukan area penting. Bentuk elips dipilih karena tulang tengkorak berbentuk elips. Posisi dan besar elips diatur secara manual.



Gambar 2. Penentuan ROI

Hasil dari elips adalah *binary mask*. Area di dalam elips mempunyai nilai logika 1 dan area di luar elips mempunyai logika 0. Penghapusan area di luar elips dilakukan dengan mengoperasikan *binary mask* dan *image* hasil *thresholding* menggunakan operator logika *AND*. Operator *AND* tidak akan mengubah area di dalam elips, karena nilai mask pada area tersebut adalah 1. Sementara area di luar elips akan berubah menjadi 0, karena nilai mask pada area tersebut adalah 0.

Keuntungan lain dari elips adalah posisinya. Posisi ini bermanfaat untuk membatasi area *scanning*, sehingga *scanning* menjadi lebih efisien, karena terpusat hanya pada area yang penting saja. Saat *scanning*, bentuk elips diubah menjadi kotak, dengan tujuan menyederhanakan proses komputasi saat *scanning*. Gambar 2 menunjukkan cara kerja penentuan ROI. Gambar 2a menunjukkan elips yang dapat diatur secara manual, Gambar 2b menunjukkan hasil pembersihan area di luar elips, dan Gambar 2c menunjukkan area *scanning*.

2.3. Compass Scanning

Langkah penentuan ROI menghasilkan *image* yang bersih dari *noise* dengan area *scanning* yang lebih kecil. *Compass scanning* mempunyai konsep yang sederhana, *scanning* dilakukan menurut delapan arah mata angin. *Scanning* delapan arah mata angin dapat dibagi menjadi empat kelompok, yaitu *scanning*: horisontal, vertikal, diagonal pertama, dan diagonal kedua. *Scanning* horisontal mewakili arah timur dan barat, *scanning* vertikal mewakili arah selatan dan utara, *scanning* diagonal pertama mewakili arah tenggara dan barat laut, dan *scanning* diagonal kedua mewakili arah barat daya dan timur laut.

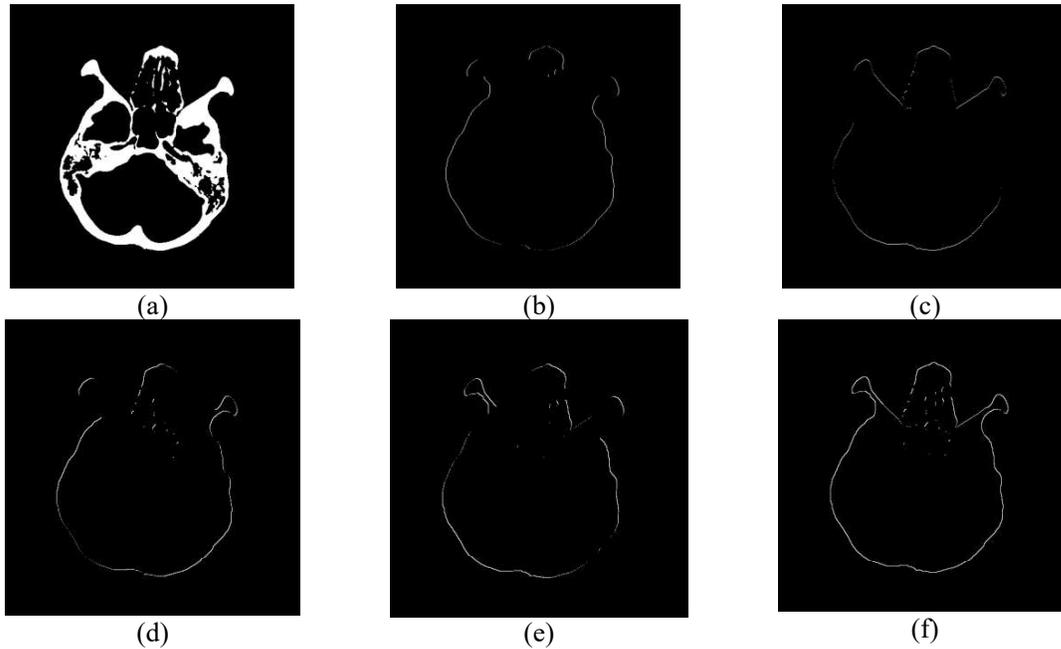
Melakukan *scanning* pada suatu arah, sebenarnya sama dengan menelusuri dan menggeser garis-garis lurus menurut rumus persamaan linier. Rumus-rumus persamaan linier pada penelitian ini mengacu pada koordinat layar monitor. Koordinat layar monitor merupakan kuadran pertama dari koordinat kartesian yang dirotasi sebesar -90° . Dampak dari rotasi ini terjadi pada tanda plus/minus dari gradien milik persamaan linier diagonal pertama dan kedua.

Setiap *scanning* menelusuri sebuah garis lurus sampai menemukan *pixel* putih pertama, kemudian menghentikan *scanning* untuk garis lurus saat ini dan menelusuri garis lurus berikutnya, dan dilakukan terus sampai seluruh garis pada arah yang sama habis. *Pixel* putih pertama yang ditemukan disimpan sebagai representasi permukaan luar tulang tengkorak. Empat kelompok *scanning* akan menghasilkan empat hasil ekstrasi. Pada setiap hasil ekstrasi, dihitung banyaknya *pixel* putih pertama yang dihasilkan. Hasil perhitungan akan digunakan untuk menentukan *scanning* mana yang lebih efektif.

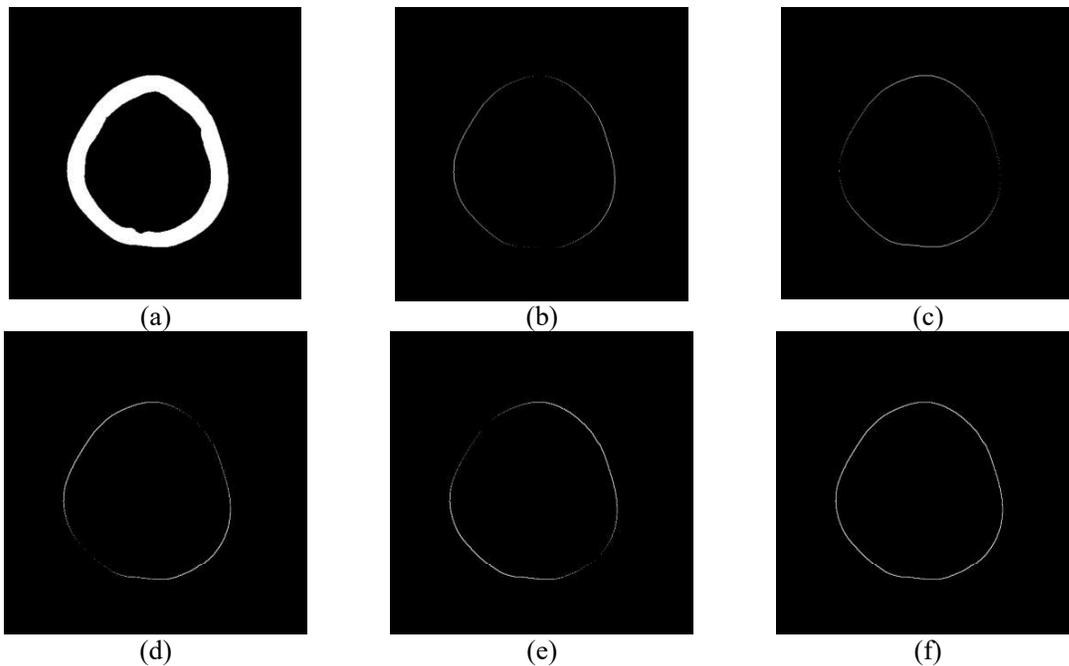
Horisontal (dari kiri dan kanan)	$y = c$, dengan: $y_{min} \leq c \leq y_{max}$	(2)
Vertikal (dari atas dan bawah)	$x = c$, dengan: $x_{min} \leq c \leq x_{max}$	(3)
Diagonal Pertama (dari kiri atas dan kanan bawah)	$y = x + c$, dengan: $y_{min} \leq c \leq y_{max}$ $x = y + c$, dengan: $x_{min} \leq c \leq x_{max}$	(4) (5)
DiagonalKedua (dari kanan atas dan kiri bawah)	$y = -x + c$, dengan: $y_{min} \leq c \leq y_{max}$ $x = -y + c$, dengan: $x_{min} \leq c \leq x_{max}$	(6) (7)

2.4. Hasil dan Diskusi

Telah dikakukan eksperimen menggunakan langkah-langkah di atas dan diterapkan pada empat lokasi sample, yaitu pelipis atas, mata, hidung, dan mulut. Setiap lokasi sample mempunyai 10 *slice image*. Gambar 3 menunjukkan hasil pada lokasi mata dan Gambar 4 pada lokasi pelipis atas.



Gambar 3. Hasil pada Lokasi Mata; (a) ROI, (b) Horisontal, (c) Vertikal, (d) Diagonal Pertama, (e) Diagonal Kedua, (f) Gabungan



Gambar 3. Hasil pada Lokasi Pelipis Atas; (a) ROI, (b) Horisontal, (c) Vertikal, (d) Diagonal Pertama, (e) Diagonal Kedua, (f) Gabungan

Berdasarkan hasil eksperimen, terlihat bahwa saat digunakan pada jaringan keras (Gambar 4), *compass scanning* memberikan hasil yang sangat baik, tetapi jika terdapat banyak jaringan lunak akan terdapat beberapa kesalahan deteksi dan menjadi *noise* di dalam tulang tengkorak (Gambar 3). *Noise* dapat disebabkan oleh lubang pada permukaan luar tulang tengkorak. Saat scanning, jika terdapat

lubang pada jalurnya, scanning akan terus menelusuri garis sampai menemukan *pixel* putih pertama. *Pixel* ini akan menjadi *pixel* yang salah, karena lokasinya bukan lagi sebagai permukaan luar tulang tengkorak.

Pada setiap eksperimen, selalu dicatat banyaknya *pixel* putih yang ditemukan. Tabel 1 menunjukkan pencatatan dari lokasi hidung dan Tabel 2 dari kokasi mulut.

Tabel 1. Counter pada Lokasi Hidung

Hor	Ver	H+V	Dia1	Dia2	D1+2	ALL
488	528	844	776	786	1225	1448
520	524	869	767	783	1239	1464
530	520	869	749	780	1216	1444
536	514	871	737	776	1193	1430
539	504	859	728	774	1184	1424
540	488	839	706	770	1181	1412
540	486	831	698	766	1173	1415
547	486	827	696	762	1181	1419
555	486	819	696	756	1189	1420

Tabel 2. Counter pada Lokasi Mulut

Hor	Ver	H+V	Dia1	Dia2	D1+2	ALL
446	377	621	682	655	1088	1193
446	374	620	680	656	1085	1183
434	368	605	675	658	1075	1159
439	364	607	667	659	1081	1157
432	360	597	666	660	1098	1156
429	354	592	670	664	1104	1169
427	350	589	673	664	1102	1173
421	344	581	673	664	1102	1172
408	338	572	670	660	1099	1162
390	334	559	654	656	1070	1134

Dari tabel terlihat bahwa D1+2 mempunyai kinerja lebih baik dibanding H+V. D1+2 dapat dipilih sebagai solusi tunggal untuk *scanning*, namun masih terdapat kerugian, D1+2 tidak dapat mencakup seluruh permukaan luar tulang tengkorak. Sebagai bukti, akan dibandingkan antara D1+2 dan ALL. D1+2 merupakan gabungan antara *scanning* diagonal pertama dan kedua, sedangkan ALL merupakan gabungan semua *scanning*. Terlihat bahwa ALL selalu lebih besar dari D1+2. Hal ini berarti bahwa H+V dapat memiliki *pixel* yang tidak dimiliki oleh D1+2.

3. Simpulan

Compass scanning berhasil melakukan ekstraksi permukaan luar tulang tengkorak, terutama saat diterapkan pada *slice image* yang didominasi oleh jaringan keras. Lubang pada permukaan luar tulang tengkorak dapat menghasilkan *noise*. Sebagai pengembangan berikutnya, minimum terdapat dua opsi yang bisa dilakukan, opsi pertama, setelah langkah penentuan ROI, menutup lubang, kemudian menjalankan *compass scanning*. Opsi kedua, jalankan semua langkah sesuai penelitian ini, kemudian hilangkan *noise*. Terdapat 4 kelompok *scanning*, kita dapat memilih beberapa *scanning* yang mempunyai kinerja terbaik, namun penggunaan semua kelompok *scanning* dapat memberikan hasil ekstraksi yang jauh lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1]. Ghadimi S, Moghaddam HA, Grebe R, Wallois F, 2016, *Skull Segmentation and Reconstruction From Newborn CT Images Using Coupled Level Sets*, IEEE Journal Of Biomedical And Health Informatics, Vol. 20, No. 2. 563-573
- [2]. Daliri M, Moghaddam HA, Ghadimi S, Momeni M, Harirchi F, Giti M, 2010, *Skull Segmentation in 3D Neonatal MRI using Hybrid Hopfield Neural Network*, Proc. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc., Buenos Aires, Argentina. 4060–4063

- [3]. Mahapatra D, 2012, *Skull Stripping Of Neonatal Brain MRI: Using Prior Shape Information With Graph Cuts*, J. Digit Imag., vol. 25, no. 6. 802–814
- [4]. Galdames FJ, Jaillet F, Perez CA, 2011, *An Accurate Skull Stripping Method Based on Simplex Meshes and Histogram Analysis in Magnetic Resonance Images*, Rapport de recherche RR-LIRIS-019
- [5]. Tilotta F, Richard F, Glaunes J, Berar M, Gey Sverdeille S, Rozenholc Y, Gaudy JF, 2008, *Constuction And Analisys Of Head Ct-Scan Database For Craniofacil Reconstruction*, PREPRINT MAP5 11
- [6]. Foi A, Maggioni M, Pepe A, Tohka J, *Head Contour Extraction From Fetal Ultrasound Images By Difference Of Gaussians Revolved Along Elliptical Paths*
- [7]. Dogdas B, Shattuck DW, Leahy RM, 2005, *Segmentation of Skull and Scalp in 3-D Human MRI Using Mathematical Morphology*, Human Brain Mapping 26:273-285
- [8]. Deng Q, Zhou M, Wu Z, Shui W, Ji Y, Wang X, Liu CYJ, Huang Y, Jiang H, 2016, *A Regional Method For Craniofacial Reconstruction Based On Coordinate Adjustment And A New Fusion Strategy*, Forensic Science Internasional 259 19-31
- [9]. Claes P, Vandermeulen D, De Greef S, Willems G, Clement JG, Suetens P, 2010, *Computerized Craniofacial Reconstruction: Conceptual Framework and Review*, Forensic Sci. Int. 201 (1-3) 138-145
- [10]. Wilkinson C, 2005, *Computerized Forensic Facial Reconstruction: A review of Current System*, Forensic Sci. Int.Med. Pathol 1 (3) 173-177
- [11]. De Gref S, Claes P, Mollemans W, Vandermeulen D, Suetens P, Willems G, 2005, *Computer-Assisted Facial Reconstruction: Recent Development and Trends*, Rev. Belge. Med. Dent. 60 (3) 237-249
- [12]. Lakare S, 2000, *3D Segmentation Techniques for Medical Volumes*
- [13]. Witjadi O, 2007, *Survey of 3D Image Segmentation Methods*, Berichte des Fraunhofer ITWM, Nr. 123