

EKSTRAKSI CIRI FOVEA AVASCULAR ZONE (FAZ) BERBASIS WAVELET PADA PENDERITA DIABETIC RETINOPATHY

Dewi Purnamasari^{1*}, Hanung Adi Nugroho², Indah Soesanti³

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2 Kampus UGM Yogyakarta, Mlati, Sleman, Yogyakarta 55281

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No.2 Kampus UGM Yogyakarta, Mlati, Sleman, Yogyakarta 55281

*Email: dewi.poernamasari.09@gmail.com

Abstrak

Jenis Diabetic Retinopathy (DR) adalah komplikasi okular yang paling umum dan serius dari Diabetes Mellitus (DM) yang mengganggu retina. Komplikasi ini menyebabkan kebutaan. Faktor yang menentukan DR adalah Fovea Avascular Zone (FAZ). Untuk mengetahui karakteristik dari FAZ dengan kasat mata sangat susah, karena letaknya berada di daerah makula dan tertutup pembuluh darah vessel. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui ekstraksi ciri FAZ dengan membandingkan wavelet db2,db9,symlet dan coif1 untuk mendapatkan nilai entropy maupun energi serta untuk mengetahui nilai keakuratan dari masing-masing level penderita DR dengan mata normal. Metode penelitian ini menggunakan wavelet, data base yang digunakan adalah citra retina messidor. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa wavelet coif1 mempunyai akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan db2,db9 dan wavelet symlet. Wavelet coif1 menunjukkan tingkat error kesalahan bernilai 21,53%, akurasinya 78,46%. Akurasinya lebih tinggi dibandingkan dengan wavelet yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa wavelet coif1 dapat membedakan FAZ mata normal dengan penderita DR.

Kata kunci: *entropy, Fovea Avascular Zone, vessel, wavelet.*

1. PENDAHULUAN

Diabetic Retinopathy (DR) adalah komplikasi okular yang paling umum dan serius dari Diabetes Mellitus (DM) yang mengganggu retina (Cheung N,2010). Menurut American Ophthalmologist (2014) Keparahan DR dapat diklasifikasikan menjadi lima tingkat, yaitu : tidak ada DR, ringan non-proliferasi DR (NPDR), NPDR moderat, NPDR parah dan Proliferasi DR (PDR).

Menurut Internatinal Diabetic Federation (2012) Prevelensi diabetes melitus di dunia meningkat secara tajam dalam dua dekade terakhir. Pada tahun 1985 diperkirakan prevalensi diabetes melitus mencapai 30 juta kasus dan pada tahun 2000 prevalensinya meningkat menjadi 177 juta. Diperkirakan pada tahun 2030 jumlah penderita diabetes melitus akan mencapai lebih dari 360 juta orang. Sepuluh negara dengan jumlah penderita diabetes terbanyak diantaranya adalah India, China, Amerika Serikat, Indonesia, Jepang, Pakistan, Rusia, Brazil, Italia dan Bangladesh. Di Indonesia sendiri, pada tahun 2012 jumlah penderita diabetes umur 20 hingga 79 tahun yang terdiagnosis adalah sekitar 7,5 juta jiwa sedangkan yang tidak terdiagnosis diperkirakan mencapai 4,5juta jiwa.

Ekstraksi ciri menggunakan metode wavelet telah banyak dikembangkan oleh para peneliti. Metode untuk mengetahui ekstraksi ciri dilakukan oleh Rita A Vora (2012) telah melakukan penelitian dengan menggunakan jenis Wavelet Kekre untuk menciptakan Wavelet Energy Fitur (WEF) dan penggalan retina fitur vektor. Penggunaan wavelet Kekre untuk segmentasi pembuluh darah dan penggunaan Energi Entropy untuk fitur ekstraksi yang menjanjikan aplikasi sederhana sehingga komputasi lebih cepat. Menurut Kouros Jafari,dkk (2001) telah melakukan penelitian menggunakan D6 dan D20, fitur untuk klasifikasi didapatkan dari koefisien nilai entropy dan energi. Grading untuk pathologist citra digunakan untuk menentukan tingkat keganasan jaringan kanker. Sedangkan menurut Saraswathy,dkk (2012) melakukan penelitian dengan membandingkan performa wavelet db1,db3,db4,db6,db10. Ini digunakan untuk mengetahui ekstraksi ciri mendeteksi sinyal suara tangisan bayi. Dan hasil keakuratannya sangat baik sekali.

Penelitian ini difokuskan untuk untuk membandingkan macam-macam wavelet untuk mendapatkan nilai entropi maupun energi serta untuk mengetahui nilai keakuratan dari masing-masing level penderita diabetic retinopathy dengan mata normal. Penelitian ini dilakukan pada

daerah makula agar ciri dari Fovea Avascular Zone (FAZ) dapat diketahui. Karena letak FAZ susah dilihat dengan kasat mata dan dilakukan pada dekomposisi level 1 dengan wavelet db2,db9,coif1,symlet2.

2. METODOLOGI

2.1 Transformasi Wavelet

Transformasi wavelet merupakan fungsi konversi yang dapat digunakan untuk membagi suatu fungsi atau sinyal ke dalam komponen frekuensi yang berbeda yang selanjutnya komponen-komponen tersebut dapat dipelajari sesuai dengan skalanya. Wavelet merupakan sebuah fungsi variable real x , diberi notasi ψ_t dalam ruang fungsi $L^2(\mathbb{R})$. Fungsi ini dihasilkan oleh parameter dilasi dan translasi, yang dinyatakan dengan persamaan (Gonzales,2002) :

$$\psi_{a,b}(x) = a^{-1/2} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right), a > 0, b \in \mathbb{R} \tag{1}$$

$$\psi_{a,b}(x) = 2^{j/2} \psi(2^j x - k), j, k \in \mathbb{Z} \tag{2}$$

Ciri yang diambil adalah ciri energi pada *Gelombang Singkat (GS)*. Energi suatu tekstur menggambarkan keseragaman dari tekstur. Suatu citra homogeni mempunyai perubahan nilai keabuan yang sangat sedikit, sehingga mempunyai energi yang besar. Sebaliknya citra yang heterogen, mempunyai perubahan nilai keabuan yang banyak sehingga nilai energinya kecil. Nilai energi sendiri diambil dari 4 (empat) nilai-nilai koefisien aproksimasi (ca), koefisien detail arah horizontal (ch), koefisien detail arah vertical (cv), dan koefisien detail arah diagonal (cd) yang nilainya tergantung pada nilai GS-nya. Dengan M dan N, maka nilai-nilai untuk subblok berukuran 2x2 dapat dicari dengan rumus sebagai berikut (Misiti,2004) untuk kategori (Sutarno,2010):

$$c_a = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N a_{ij} \tag{3}$$

$$c_h = \sum_{i=1}^M a_{i1} - \sum_{i=1}^M a_{i2} \tag{4}$$

$$c_v = \sum_{i=1}^M a_{1i} - \sum_{i=1}^M a_{2i} \tag{5}$$

$$c_d = \sum_{i=1}^M a_{i1} - \sum_{i=1}^M a_{i(N-i+1)} \tag{6}$$

Perhitungan nilai energinya juga dibagi atas 4 ciri (Misiti,2004) yaitu:

1. Prosentase energi yang berhubungan dengan nilai pendekatan (aproksimasi), E_a dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien aproksimasi c_a dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien c (koefisien aproksimasi ditambah koefisien detail).

$$E_a = \frac{\sum c_a^2}{\sum c^2} \times 100\% \tag{7}$$

2. Prosentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah horizontal, E_h dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horizontal c_h dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien c .

$$E_h = \frac{\sum c_h^2}{\sum c^2} \times 100\% \tag{8}$$

3. Prosentase energi yang nilai berhubungan dengan nilai detail pada arah vertical, E_v dihitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah horizontal c_v dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien c .

$$E_v = \frac{\sum c_v^2}{\sum c^2} \times 100\% \tag{9}$$

4. Prosentase energi yang berhubungan dengan nilai detail pada arah diagonal, E_d dihiitung berdasarkan prosentase jumlahan kuadrat dari nilai koefisien detail pada arah diagonal c_d dibagi dengan jumlahan seluruh koefisien c .

$$E_d = \frac{\sum c_d^2}{\sum c^2} \times 100\% \tag{10}$$

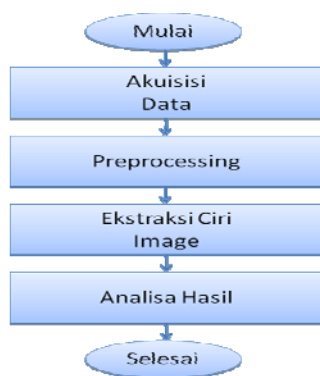
Kemudian dari keempat nilai energi tersebut, dapat dihitung nilai spectrum energinya dengan menggunakan persamaan (11).

$$E = \frac{1}{255} \times (255 - I) \times 255 \quad (11)$$

2.2 Alur Tahapan Penelitian

Data base Citra retina yang digunakan adalah citra dari database MESSIDOR (<http://messidor.crihan.fr>) yang terdiri dari 1200 citra fundus retina yang masing-masing terdapat label untuk DR. Untuk mata normal grade 0, sedangkan terkena penyakit DR dimulai dari grade 1-3 sesuai tingkat keparahan. MESSIDOR merupakan database citra retina yang diambil menggunakan kamera video warna 3CCD pada retinograph non-mydratiac Topcon TRC NW6 dengan 45 derajat FOV dalam format TIFF. Citra tersebut diambil menggunakan 8 bit per warna pada 1440*960, 2240*1488 atau 2304*1536 piksel. 800 citra diperoleh dengan pelebaran pupil (satu tetes tropikamid sebesar 0,5%) dan 400 tanpa pelebaran. 1200 citra dikemas dalam 3 set setiap optalmologi. Masing-masing dibagi menjadi 4 zip sub set setiap set berisi 100citra dalam format TIFF dan file Excel dengan diagnosa medis untuk setiap citra. Pada penelitian menggunakan 12 citra dari database messidor. Untuk grade 0 (normal) berjumlah 4, grade 1 berjumlah 3, grade 2 berjumlah 3 sedangkan grade 0 berumlah 2. Citra messidor di kompress dengan ukuran 366x378 piksel. Alasanya di kompress karena file nya dalam ukuran besar jadi komputasinya lama sekali. Meskipun mengalami kompress citra informasi yang ada pada citra tidak hilang karena dalam format tiff.

Pengolahan citra pada penelitian ini akan melalui 4 tahapan utama, yaitu (1) tahap akuisisi data, (2) tahap preprocessing, (3) tahap ekstraksi ciri dan (4) analisa hasil. Gambar 1 memperlihatkan skema alur tahapan penelitian.



Gambar 1 Alur tahapan penelitian

Pada tahap akuisisi data, menggunakan data messidor. Pada penelitian ini menggunakan 12citra dari database messidor. Untuk grade 0 (normal) berjumlah 4, grade 1 berjumlah 3, grade 2 berjumlah 3 sedangkan grade 0 berumlah 2. Citra messidor di kompress dengan ukuran 366 x 378 piksel. Alasanya di kompress karena file nya dalam ukuran besar jadi komputasinya lama sekali. Meskipun mengalami kompress, citra informasi yang ada pada citra tidak hilang karena dalam format tiff.

Pada tahap kedua yaitu pre-processing dilakukan beberapa proses, meliputi memisahkan kedalam channel R,G,B kemudian ditampilkan dalam histogram,cropping,filter menggunakan filter gaussian, mengkonversi ke grayscale, enhancement, deteksi tepi menggunakan deteksi tepi operator canny. Alasan menggunakan deteksi canny karena merupakan deteksi tepi yang optimal. Memberikan tingkat kesalahan rendah,melokalisasi titik-titik tepi (jarak piksel-piksel tepi yang ditemukan deteksi dan tepi sesungguhnya sangat pendek) dan hanya memberikan tanggapan untuk satu tepi. Sedangkan alasan menggunakan filter gaussian karena filter gaussian tergolong sebagai filter lolos rendah yang didasarkan pada fungsi gaussian.

Kemudian pada tahap ketiga yaitu tahap ekstraksi ciri, citra bakteri hasil cropping akan melalui proses dekomposisi dengan menghitung energi aproksimasi, energi horizontal, energi vertical dan energi diagonal dari citrai hasil cropping dan mengimplementasikan beberapa metode wavelet yaitu db2, db9, sym2 dan coif1.

Tahap terakhir (tahap 4) yaitu melakukan analisa hasil. Berdasarkan hasil perhitungan keempat level energi dari setiap bakteri hasil cropping, akan dihitung level energi rata-ratanya, dimana hasil dekomposisi level energi rata-rata tersebut yang akan menjadi tolok ukur dalam membedakan grade 0-3 Diabetic Retinopathy.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter utama yang akan diukur adalah level energi rata-rata. Dengan membandingkan 4 jenis wavelet yaitu db2, db9, sym2 dan coif1, maka setelah proses cropping terhadap beberapa citra messidor akan diperoleh hasil dekomposisi level energi rata-rata untuk setiap citra, seperti terlihat pada tabel 1. Dimana energi citra fundus retina yang ditampilkan merupakan average dari energi aproksimasi (Ea), energi horizontal (Eh), Energi vertical (Ev), dan Energi diagonal (Ed).

Untuk keseragaman, akan dilakukan 12 sample data citra fundus retina, baik pada grade0,grade1,grade2,maupun grade3. Terlihat pada tabel 1 merupakan hasil perhitungan level energi untuk keempat jenis wavelet, yaitu db2, db9, sym2 dan coif1. Parameter utama yang akan diukur adalah level energi rata-rata. Dengan membandingkan 4 jenis wavelet yaitu db2, db9, sym2 dan coif1, maka setelah proses cropping terhadap beberapa citra messidor akan diperoleh hasil dekomposisi level energi rata-rata untuk setiap citra, seperti terlihat pada tabel 1. Dimana energi citra fundus retina yang ditampilkan merupakan average dari energi aproksimasi (Ea), energi horizontal (Eh), Energi vertical (Ev), dan Energi diagonal (Ed). Untuk keseragaman, akan dilakukan 12 sample data citra fundus retina, baik pada grade 0, grade 1, grade 2, maupun grade 3. Terlihat pada tabel 1 merupakan hasil perhitungan level energi untuk keempat jenis wavelet, yaitu db2, db9, sym2 dan coif1.

Tabel 1. Energi Rata-Rata

No	Data citra	Energi rata - rata				Label DR grade
		Db2	Db9	Sym2	Coif1	
1	Citra_1	26.444	25.647	26.446	24.308	3
2	Citra_2	26.106	26.424	26.101	25.902	0
3	Citra_3	25.499	26.064	25.499	25.65	2
4	Citra_4	25.641	25.537	25.641	25.502	0
5	Citra_5	26.266	25.904	26.268	25.653	3
6	Citra_6	25.633	26.023	25.639	25.683	0
7	Citra_7	24.775	25.752	24.777	25.122	0
8	Citra_8	26.158	25.594	26.182	25.599	2
9	Citra_9	26.007	25.957	26.004	25.943	1
10	Citra_10	25.653	26.43	25.658	25.697	1
11	Citra_11	24.573	25.725	24.579	25.34	1
12	Citra_12	24.659	25.599	24.659	25.555	2

Dari Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa energi rata-rata cenderung sama berkisar diangka 24,25, dan 26. Grade 3 mempunyai nilai energi cenderung kecil jadi menunjukkan grade nya lebih parah. Semakin tinggi gradenya maka nilai energi rata-ratanya semakin kecil. Untuk coif1 energi rata-rata sebeesar 24 dan 25. Pada tabel 2 menunjukkan Ea,Eh1,Ed1,Edetail pada coif1.

Tabel 2. Ea,Eh1,Ed1,Edetail coif1

Data	Ea1	Eh1	Ev1	Ed1	Edetail	Energi	Entropi	DR grade
citra_1	71.3982	14.8936	3.3238	3.3238	28.6018	24.30824	0.4627	3
citra_2	70.4871	16.8313	8.7288	3.9528	29.5129	25.90258	0.5845	0
citra_3	71.7464	15.1967	10.8949	2.1621	28.2536	25.65074	0.5115	2
citra_4	72.4852	10.9149	13.0645	3.5354	27.5148	25.50296	0.5787	0
citra_5	71.7326	11.1032	13.7593	3.4049	28.2674	25.65348	0.4668	3
citra_6	71.5801	12.9185	12.5049	2.9965	28.4199	25.68398	0.5446	0
citra_7	74.3861	16.4178	7.2267	1.9693	25.6139	25.12276	0.523	0
citra_8	72.0035	13.2367	10.4686	4.2912	27.9965	25.5993	0.6161	2
citra_9	70.284	15.8909	10.5919	3.2332	29.716	25.9432	0.6509	1
citra_10	71.5145	12.9623	12.1071	3.4161	28.4855	25.6971	0.6311	1

citra_11	73.2953	13.1208	10.2243	3.3596	26.7047	25.34094	0.5922	1
citra_12	72.2212	13.7706	10.9064	3.1018	27.7788	25.55576	0.5777	2

Dari Tabel 2 diatas menunjukkan bahwa energi rata-rata E_a , E_{h1} , E_{d1} , E_{detail} pada coifl cenderung sama di angka 25. Sedangkan pada citra1 menunjukkan energi terkecil dibandingkan dengan citra yang lain. Energi aproksimasi (E_a) mempunyai nilai yang paling tinggi. Untuk energi diagonal (E_d) mempunyai nilai terkecil. Pada tabel 3 menunjukkan prosentase error absolute dan akurasi coifl. Entropi terkecil didapatkan pada citra_1, sedangkan E_{v1} dengan E_{d1} energinya didapatkan sama 3,3238.

Tabel 3. Prosentase Error Absolute dan Akurasi Coifl

Data	E_{coifl}	Standar Energi	Error (%)
Citra_1	24.308	20	17.7225605
Citra_2	25.902	20	22.7858853
Citra_3	25.65	20	22.0272904
Citra_4	25.502	20	21.5747784
Citra_5	25.653	20	22.036409
Citra_6	25.683	20	22.1274773
Citra_7	25.122	20	20.3885041
Citra_8	25.599	20	21.8719481
Citra_9	25.943	20	22.9079135
Citra_10	25.697	20	22.1699031
Citra_11	25.34	20	21.0734017
Citra_12	25.555	20	21.7374291
Error absolute rata-rata			21.5352917
Akurasi			78.4647083

Dari Tabel 3 diatas menunjukkan bahwa standard energi sebagai batasan adalah sebesar 20. Karena dilihat dari hasil sebagian besar diangka 25. Jadi standar energi dibuat batasan dibawah nilai 25. Pada coif 1 mempunyai nilai error absolute rata-rata sebesar 21.53% sedangkan akurasinya 78.46%. Akurasi coifl mempunyai nilai yang paling tinggi dibandingkan wavelet yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa coifl dapat lebih bagus dalam mendeteksi Diabetic Retinopathy dengan mata normal berdasarkan label dari data messidor yang terdiri dari grade 0-3. Meskipun nilai akurasi tidak mendekati 100%. Pada tabel 4 menunjukkan $E_a, E_{h1}, E_{d1}, E_{detail}$ dari db9.

Tabel 4. $E_a, E_{h1}, E_{d1}, E_{detail}$ db9

E_a	E_{h1}	E_{v1}	E_{d1}	E_{detail}	Energi	Entropi	DR grade
71.7862	13.9106	11.4270	2.8761	28.2138	25.64274	0.4627	3
67.8678	18.7242	9.3028	4.1052	32.1322	26.42644	0.5845	0
69.6681	18.7924	9.0921	2.4473	30.3319	26.06636	0.5115	2
72.3216	11.5854	12.5504	3.5427	27.6784	25.5357	0.5787	0
70.493	10.5125	15.0849	3.9097	29.507	25.90142	0.4668	3
69.8637	14.9206	12.1281	3.0876	30.1363	26.02726	0.5446	0
71.2389	18.9233	8.2953	1.5425	28.7611	25.75222	0.523	0
72.0479	13.1594	10.1175	4.6753	27.9521	25.59044	0.6161	2
70.2414	16.7878	9.8028	3.1681	29.7586	25.95174	0.6509	1
67.8502	12.6933	15.4765	3.98	32.1498	26.42996	0.6311	1
71.3875	14.4964	11.3127	2.8034	28.6125	25.7225	0.5922	1
72.0352	10.8825	14.3343	2.7479	27.9648	25.59294	0.5777	2

Dari Tabel 4 menunjukkan bahwa energi rata-rata E_a , E_{h1} , E_{d1} , E_{detail} pada db9 berkisar di angka 25 dan 26. Untuk Energi horizontal (E_h) mempunyai nilai lebih tinggi dibandingkan Energi vertikal (E_v). Untuk energi diagonal (E_d) mempunyai nilai terkecil. Pada tabel 3 menunjukkan prosentase error absolute dan akurasi coifl.

Tabel 5. Prosentase Error Absolute dan Akurasi db9

Data	E_{db9}	Standar Energi	Error (%)
Citra_1	25.647	20	22.0181698
Citra_2	26.424	20	24.3112322
Citra_3	26.064	20	23.2658072
Citra_4	25.537	20	21.6822649
Citra_5	25.904	20	22.7918468
Citra_6	26.023	20	23.1449103
Citra_7	25.752	20	22.3361292
Citra_8	25.594	20	21.8566852
Citra_9	25.957	20	22.9494934
Citra_10	26.43	20	24.3284147
Citra_11	25.725	20	22.2546161
Citra_12	25.599	20	21.8719481
Error absolute rata-rata			22.7342932
Akurasi			77.2657068

Dari Tabel 5 diatas menunjukkan bahwa db9 mempunyai nilai error absolute rata-rata sebesar 22.73% sedangkan akurasinya 77.26%. Akurasi db9 mempunyai nilai akurasi dibawah coif1. Hal ini menunjukkan bahwa db9 kinerja dalam mendeteksi Diabetic Retinopathy dengan mata normal berdasarkan label dari data messidor yang terdiri dari grade 0-3 lebih rendah dibandingkan coif1. Pada tabel 6 menunjukkan $E_a, E_{h1}, E_{d1}, E_{detail}$ Symlet2.

Tabel 6. $E_a, E_{h1}, E_{d1}, E_{detail}$ Symlet 2

Data	E_a	E_{h1}	E_{v1}	E_{d1}	E_{detail}	Energi	Entropi	DR grade
citra_1	67.7771	16.4221	12.0700	3.7309	32.2229	26.4446	0.4627	3
citra_2	69.4697	17.9509	8.6024	3.977	30.5303	26.10606	0.5845	0
citra_3	72.5049	16.0847	9.1011	2.3094	27.4951	25.49904	0.5115	2
citra_4	71.7945	12.8094	11.7039	3.6922	28.2055	25.6411	0.5787	0
citra_5	68.6658	12.7733	14.6752	3.8857	31.3342	26.26684	0.4668	3
citra_6	71.8306	13.5665	11.3442	3.2587	28.1694	25.63388	0.5446	0
citra_7	76.1213	13.6138	8.1832	2.0817	23.8787	24.77574	0.523	0
citra_8	69.0842	14.802	11.4038	4.71	30.9158	26.18316	0.6161	2
citra_9	69.963	17.3639	9.0082	3.665	30.037	26.00742	0.6509	1
citra_10	71.7308	11.6194	12.9374	3.7124	28.2692	25.65384	0.6311	1
citra_11	77.1303	10.9571	8.7349	3.1777	22.8697	24.57394	0.5922	1
citra_12	76.7003	11.3988	8.715	3.1859	23.2997	24.65994	0.5777	2

Dari Tabel 6 diatas menunjukkan bahwa energi rata-rata $E_a, E_{h1}, E_{d1}, E_{detail}$ pada db9 berkisar di angka 24, 25 dan 26. Nilai energi nya lebih variatif dibandingkan db9. Untuk E_{detail} nilainya lebih besar dibandingkan dengan nilai energinya. Untuk Energi diagonal (E_d) pada citra 7 mempunyai nilai paling kecil sebesar 2,08. Pada tabel 7 menunjukkan prosentase error absolute dan akurasi symlet2.

Tabel 7. Energi Rata-Rata Symlet 2

Data	$E_{symlet2}$	Standar Energi	Error (%)
Citra_1	26.446	20	24.3741965
Citra_2	26.101	20	23.3745833
Citra_3	25.499	20	21.5655516
Citra_4	25.641	20	21.999922
Citra_5	26.268	20	23.8617329
Citra_6	25.639	20	21.9938375
Citra_7	24.777	20	19.2799774

Citra_8	26.182	20	23.6116416
Citra_9	26.004	20	23.0887556
Citra_10	25.658	20	22.0516018
Citra_11	24.579	20	18.6297246
Citra_12	24.659	20	18.8937102
Error absolute rata-rata			21.8937696
Akurasi			78.1062304

Dari Tabel 7 diatas menunjukkan bahwa symlet 2 mempunyai nilai error absolute rata-rata sebesar 21.89% sedangkan akurasinya 78.10%. Akurasi symlet2 mempunyai nilai akurasi dibawah coif1. Hal ini menunjukkan bahwa symlet2 kinerja dalam mendeteksi Diabetic Retinopathy dengan mata normal berdasarkan label dari data messidor yang terdiri dari grade 0-3 lebih rendah dibandingkan coif1. Nilai error terkecil pada citra_11 dan citra_12 sebesar 18%. Pada tabel 8 menunjukkan Ea,Eh1,Ed1,Edetail db2.

Tabel 8. Ea,Eh1,Ed1,Edetail db 2

Data	Ea1	Eh1	Ev1	Ed1	Edetail	Energi	Entropi	DR grade
citra_1	67.7771	16.4221	12.0700	3.7309	32.2229	26.4446	0.4627	3
citra_2	69.4697	17.9509	8.6024	3.9770	30.5303	26.10606	0.5845	0
citra_3	72.5049	16.0847	9.1011	2.3094	27.4951	25.49904	0.5115	2
citra_4	71.7945	12.8094	11.7039	3.6922	28.2055	25.6411	0.5787	0
citra_5	68.6658	12.7733	14.6752	3.8857	31.3342	26.26684	0.4668	3
citra_6	71.8306	13.5665	11.3442	3.2587	28.1694	25.63388	0.5446	0
citra_7	76.1213	13.6138	8.1832	2.0817	23.8787	24.77574	0.523	0
citra_8	69.2066	14.6796	11.3227	4.7911	30.7934	26.15868	0.6161	2
citra_9	69.963	17.3639	9.0082	3.665	30.037	26.00742	0.6509	1
citra_10	71.7308	11.6194	12.9374	3.7124	28.2692	25.65384	0.6311	1
citra_11	77.1303	10.9571	8.7349	3.1777	22.8697	24.57394	0.5922	1
citra_12	76.7003	11.3988	8.715	3.1859	23.2997	24.65994	0.5777	2

Dari Tabel 8 diatas menunjukkan bahwa energi rata-rata Ea, Eh1, Ed1, Edetail pada db2 berkisar di angka 24, 25 dan 26. Nilai energi nya sama variatif dengan symlet2. Untuk Edetail nilainya setengahnya dari Energi aproksimasi. Untuk Energi diagonal (Ed) pada citra 11 dan 12 mempunyai nilai terkecil. Pada tabel 9 menunjukkan prosentase error absolute dan akurasi db2.

Tabel 9. Energi Rata-Rata db2

Data	E _{db2}	Standar Energi	Error (%)
Citra_1	26.444	20	24.3684768
Citra_2	26.106	20	23.3892592
Citra_3	25.499	20	21.5655516
Citra_4	25.641	20	21.999922
Citra_5	26.266	20	23.8559354
Citra_6	25.633	20	21.9755784
Citra_7	24.775	20	19.2734612
Citra_8	26.158	20	23.5415552
Citra_9	26.007	20	23.0976276
Citra_10	25.653	20	22.036409
Citra_11	24.573	20	18.6098563
Citra_12	24.659	20	18.8937102
Error absolute rata-rata			21.8839452
Akurasi			78.1160548

Dari Tabel 9 diatas menunjukkan bahwa db2 mempunyai nilai error absolute rata-rata sebesar 21.88% sedangkan akurasinya 78.11%. Akurasi symlet2 mempunyai nilai akurasi dibawah coif1. Hal ini menunjukkan bahwa symlet2 kinerja dalam mendeteksi Diabetic Retinopathy dengan mata normal berdasarkan label dari data messidor yang terdiri dari grade 0-3 lebih rendah

dibandingkan $coif1$. Nilai error terkecil pada $citra_{11}$ dan $citra_{12}$ sebesar 18% sama dengan $symlet2$. Nilai akurasi sama dengan $coif1$ hanya beda di angka belakang koma. Jadi lebih akurat dari $coif1$.

4. KESIMPULAN

Metode wavelet $coif1$ ternyata memiliki prosentase akurasi kinerja terbaik dalam menentukan dekomposisi energi dari citra retina diabetic retinopathy yaitu sebesar 78,46% dibandingkan dengan wavelet $db2$ (78.11%) $sym2$ (78.10%) dan $db9$ (77.26%).

Pada penelitian berikutnya, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan metode wavelet lainnya seperti wavelet counterlet maupun cvoerlet. Dan juga disertai dengan melakukan klasifikasi

DAFTAR PUSTAKA

- Cheung N, Mitchel P, Wong TY (2010) Diabetic Retinopathy. *Lancet* 376 :124-136.
- American academy of ophthalmology retina panel. Preferred practice pattern guidelines. Diabetic retinopathy. American Academy of Ophthalmology San Francisco, CA. <http://www.aao.org/>. Diakses: 20 Januari 2014, jam 08.30.
- International Diabetes Federation, 2012. IDF Diabetes Atlas, 5thEd., (Online), http://www.idf.org/sites/default/files/IDFAtlas5E_Detailed_Estimates_0.xls. Diakses : 20 Februari 2012.
- R. A. Vora, V. A. Bharadi, and H. B. Kekre.,(2012), "Retinal scan recognition using wavelet energy entropy," in *Communication, Information & Computing Technology (ICCICT), International Conference on*, 2012, pp. 1-6.
- K. J. Khouzani and H. Soltanian-Zadeh., (2001), "Automatic grading of pathological images of prostate using multiwavelet transform," in *Engineering in Medicine and Biology Society, Proceedings of the 23rd Annual International Conference of the IEEE*, pp. 2545-2548 vol.3.
- J. Saraswathy, M. Hariharan, V. Vijejan, S. Yaacob, and W. Khairuniz Kourosh Jafari., (2012), "Performance comparison of Daubechies wavelet family in infant cry classification," in *Signal Processing and its Applications (CSPA), IEEE 8th International Colloquium on*, , pp. 451-455.
- M. H. A. Fadzil, H. A. Nugroho, H. Nugroho, and I. L. Iznita., (2009), "Contrast Enhancement of Retinal Vasculature in Digital Fundus Image," in *Digital Image Processing, International Conference*, pp. 137-141.
- R.C. Gonzales and R.E. Wood.,(2002), "Digital Image Processing, Second Edition", *Prentice Hall*,
- Sutarno.,(2010), "Analisis perbandingan transformasi wavelet pada pengenalan citra wajah", Vol.5, No.2, Juli.