

Pengkonstruksian Pikel-Pikel Sekitar Pusat-Pusat Klaster Arus Listrik Tak Normal pada Elektroensipalografi 2D

Muhammad Abdy

Universitas Negeri Makassar
e-mail: muh.abdy@unm.ac.id

Abstrak

Elektroensipalografi 2-dimensi merupakan hasil dari transformasi sinyal elektroensipalografi (EEG) ke dalam bentuk dua dimensi. Dalam paper ini dikonstruksi piksel-piksel pada masing-masing pusat klaster arus listrik tak normal di dalam otak ketika terjadi serangan epilepsi yang direkam oleh EEG. Pikel-pikel yang terbentuk tersebut merupakan himpunan fuzzy yang masing-masing memiliki derajat keanggotaan terhadap pusat-pusat klaster.

Kata kunci: Elektroensipalografi 2-dimensi, piksel, epilepsi.

1. PENDAHULUAN

Elektroensiphalografi (EEG) merupakan suatu alat perekam aktivitas kelistrikan dalam otak. Alat ini memegang peranan penting dalam mendiagnosa penyakit epilepsi dan juga dapat membantu dalam menentukan klasifikasi epilepsi yang diderita seseorang. Serangan epilepsi merupakan akibat dari adanya lonjakan arus listrik lemah yang tidak normal di dalam suatu kelompok sel-sel otak. Penyembuhan dengan operasi bedah biasanya menjadi pilihan apabila pasien tidak mempan terhadap obat-obatan dalam Milton dkk (1987). EEG telah digunakan secara meluas untuk merekam aktivitas yang tidak normal dalam otak yang berkaitan dengan serangan epilepsi. Jenis aktivitas dan area dalam otak yang direkam dengan EEG dapat membantu dokter untuk meresepkan obat yang benar bagi penderita epilepsi dalam T. Ahmad dan Ken (2010). Penganalisisan hasil rekaman EEG masih berdasarkan pada pemeriksaan visual, sementara pemeriksaan visual sangat bersifat subjektif dan tidak memungkinkan analisis statistik atau standarisasi. Beberapa metode penganalisisan hasil rekaman EEG secara kuantitatif telah diusulkan. Diantaranya adalah transformasi Fourier, yang mampu menganalisis karakteristik dari komponen-komponen frekuensi sinyal EEG. Namun transformasi Fourier mempunyai beberapa kelemahan sehingga agak susah untuk diaplikasikan secara penuh. Oleh karena itu diperlukan metode lain yang mampu mengekstrak informasi yang tersembunyi dalam hasil rekaman EEG dalam T. Ahmad, dkk (2005). Zakariah, F (2008) telah memperkenalkan suatu metode baru untuk memetakan sinyal EEG berdimensi tinggi ke dalam ruang berdimensi rendah, yang dikenal dengan EEG-2 dimensi. Kemudian Nazihah, (2009) mengkaji secara teoritis EEG-2 dimensi sebagai ruang topologi digital. Hasil kerja dari Nazihah diperluas oleh M. Abdy dan Tahir, (2013) ke dalam ruang digital topologi fuzzy, dan M. Abdy dan Tahir, (2011) juga telah mentransformasi signal EEG-2 dimensi ke dalam bentuk citra.

2. EEG 2-DIMENSI

EEG-2 dimensi yang diperkenalkan oleh Zakariah, F merupakan proses transformasi sinyal EEG yang berasal dari kepala pasien ke dalam bidang datar (BD). Proses tersebut terdiri dari tiga bagian, yaitu: bagian pertama adalah mentransformasikan ruang 3-dimensi ke dalam ruang 2-dimensi melalui suatu proyeksi, termasuk memproyeksikan posisi sensor EEG di kepala ke dalam ruang 2-dimensi. Bagian kedua adalah memproses sinyal EEG dengan menggunakan fuzzy-c-mean, dan bagian ketiga adalah mencari banyaknya kluster optimal dengan menggunakan analisis validitas kluster. Nilai saintifik dari metode ini adalah kemampuannya untuk menjaga informasi yang ada di dalam otak. Sistem koordinat EEG dari Zakariah (Gambar 1) didefinisikan sebagai:

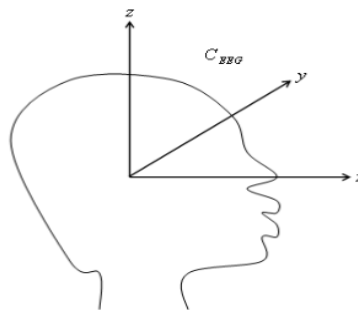
$$K_{EEG} = \{((x, y, z), v) : x, y, z, v \in R \text{ dan } x^2 + y^2 + z^2 = r^2\} \quad (1)$$

Dimana r adalah jari-jari kepala pasien, dan v adalah potensial listrik.

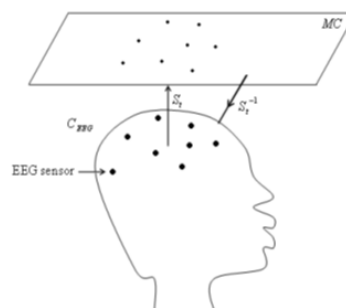
Suatu pemetaan dari K_{EEG} ke dalam BD, didefinisikan sebagai $S_t : K_{EEG} \rightarrow BD$ (lihat Gambar 2), sedemikian hingga

$$S_t((x, y, z), v) = \left(\frac{rx + iry}{r + z}, v \right) = \left(\frac{rx}{r + z}, \frac{ry}{r + z} \right)_{v(x,y,z)} \quad (2)$$

Dengan $BD = \{((x, y), v) : x, y, v \in R\}$ (3)



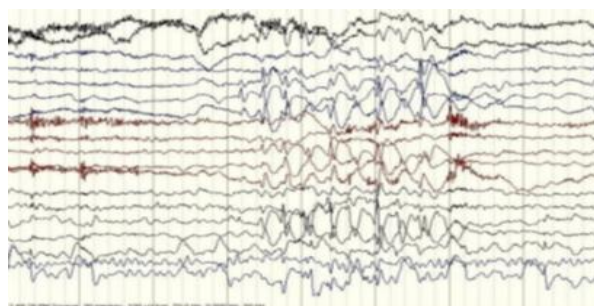
Gambar 1 Sistem koordinat EEG



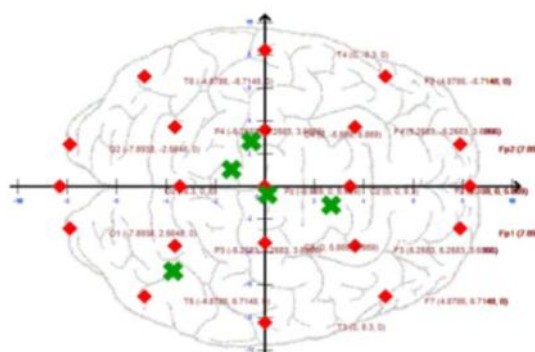
Gambar 2 Proyeksi EEG

Zakariah, F telah membuktikan bahwa fungsi S_t dari K_{EEG} ke dalam BD merupakan suatu pemetaan konformal, sehingga fungsi tersebut mengekalkan sifat-sifat yang ada di K_{EEG} . Sinyal EEG seorang pasien epilepsi ketika terjadi serangan, terlihat dalam Gambar

3, dan dapat dianalisa detik demi detik pada EEG 2-dimensi, seperti terlihat dalam Gambar 4.



Gambar 3 Sinyal EEG seorang pasien ketika terjadi serangan epilepsi



Gambar 4 EEG 2-dimensi pada detik ke-3

3. PENGONSTRUKSIAN PIKSEL EEG 2-DIMENSI

Misalkan K adalah himpunan semua pusat kluster pada waktu ke- t , yaitu:

$K_t = \{k_1, k_2, \dots, k_s\}$, dimana s adalah banyaknya pusat kluster pada waktu ke- t .

Setiap k_j mewakili posisi pusat potensial listrik pada EEG-2 dimensi, yaitu:

$(k_j)_t = ((x, y), v_j)_t$ dimana v_j adalah potensial listrik pada pusat kluster ke- j .

Sehingga $K_t = \{((x, y), v_j)_t \mid x, y, v_j \in R\}$; dimana $j = 1, 2, \dots, s$. Misalkan dikonstruksi

himpunan P sebagai himpunan piksel-piksel dari EEG-2 dimensi, yaitu $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$

sedemikian hingga $p_i = (x, y)$, maka $K_t \subseteq P$. Piksel-piksel EEG-2 dimensi dipandang

sebagai himpunan fuzzy pada EEG-2 dimensi. Himpunan fuzzy tersebut dinyatakan oleh suatu fungsi keanggotaan μ_{k_j} . Fungsi keanggotaan ini harus memenuhi beberapa sifat,

yaitu:

Misalkan p_r dan p_l dua piksel pada EEG-2 dimensi, maka:

(i). $\forall p_r, p_l \in P$ dan $|p_r - k_j| = |p_l - k_j|$ jika dan hanya jika $\mu_{k_j}(p_r) = \mu_{k_j}(p_l)$

(ii). $\forall k_j \in K, \mu_{k_j}(k_j) = 1$

Fungsi keanggotaan μ_{k_j} pada waktu t didefinisikan sebagai:

$$\mu_{k_j} : P \rightarrow [0,1] \tag{4}$$

sedemikian hingga

$$\mu_{k_j}(p_i)_t = \frac{(v_j)_t}{(v_j)_t + d(p_i, k_j)_t}, \tag{5}$$

Dimana $(v_j)_t$ adalah potensial listrik pada pusat kluster k_j dan $d(p_i, k_j)_t$ adalah jarak Euclide antara piksel p_i dan pusat kluster k_j pada waktu t .

Pernyataan berikut dapat dibuktikan secara langsung dari (5).

Pernyataan 1

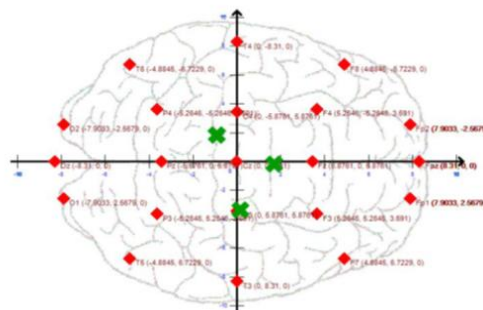
Misalkan $(v_j)_t$ dan $(v_w)_t$ adalah masing-masing potensial listrik pada $(k_j)_t$ dan $(k_w)_t$, dan $p_r, p_l \in P$. Jika $(v_j)_t \geq (v_w)_t$ dan $d(p_r, k_j)_t = d(p_l, k_w)_t$ maka $\mu_{k_j}(p_r)_t \geq \mu_{k_w}(p_l)_t$

Pernyataan 2

Misalkan $(v_j)_t$ dan $(v_w)_t$ adalah masing-masing potensial listrik pada $(k_j)_t$ dan $(k_w)_t$, dan $p_r, p_l \in P$. Jika $(v_j)_t = (v_w)_t$ dan $d(p_r, k_j)_t \geq d(p_l, k_w)_t$ maka $\mu_{k_j}(p_r)_t \leq \mu_{k_w}(p_l)_t$

4. PENERAPAN

Diberikan suatu data sinyal EEG seorang pasien epilepsi ketika terserang epilepsi. Setelah dibentuk dalam EEG 2-dimensi, datanya seperti dalam Tabel 1, dan bentuk EEG 2-dimensinya seperti dalam Gambar 5 (hanya dipilih untuk serangan pada detik ke-4). Terdapat tiga pusat kluster untuk detik ke-4 dari data tersebut. Dengan menggunakan rumus derajat keanggotaan pada (5), diperoleh piksel-piksel yang merupakan himpunan fuzzy pada setiap kluster, seperti dalam Tabel 2. Pada setiap pusat kluster, nilai keanggotaannya adalah sama dengan satu. Semakin jauh piksel dari pusat kluster semakin kecil nilai keanggotaannya.



Gambar 5 EEG 2-dimensi pada detik ke-4

Tabel 1 Posisi pusat kluster dan potensial listrik tiap kluster

waktu (detik)	posisi pusat kluster		Potensial listrik (mikrovolt)
	x	y	
ke-4	0,1634	3,3869	107,06011
	1,7033	0,19834	329,53586
	-0,9222	-1,8426	25,198729

Tabel 2 Persekitaran fuzzy setiap pusat klaster detik ke-4 pada EEG 2-dimensi ketika terjadi serangan epilepsi

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
-10	0.41287	0.42492	0.47317	0.44948	0.46171	0.47395	0.48534	0.49558	0.50492	0.51227	0.51856	0.52222	0.52346	0.52322	0.52056	0.51207	0.50492	0.49558	0.48534	0.47395	0.46171	0.44948
-9	0.42273	0.43594	0.44948	0.46324	0.47705	0.49096	0.50505	0.51919	0.53276	0.54598	0.54813	0.54965	0.54813	0.54308	0.53808	0.52726	0.51805	0.50868	0.49824	0.48705	0.47548	0.46381
-8	0.43235	0.44678	0.46171	0.47705	0.49362	0.5082	0.52346	0.53977	0.55119	0.56249	0.5712	0.57671	0.5786	0.57671	0.5712	0.56249	0.55119	0.53977	0.52346	0.5082	0.49362	0.47705
-7	0.44155	0.45725	0.47365	0.49068	0.5082	0.52598	0.54388	0.56081	0.57671	0.59056	0.60141	0.60837	0.61079	0.60837	0.60141	0.59056	0.57671	0.56081	0.54388	0.52598	0.5082	0.49068
-6	0.45017	0.46714	0.48504	0.50385	0.52346	0.54388	0.56418	0.58445	0.60369	0.62085	0.63641	0.64936	0.64974	0.64363	0.63461	0.62085	0.60369	0.58445	0.56418	0.54388	0.52346	0.50385
-5	0.45758	0.47619	0.49558	0.51619	0.53797	0.56081	0.58445	0.60827	0.63174	0.65524	0.67807	0.69027	0.69027	0.68237	0.67059	0.65524	0.63174	0.60827	0.58445	0.56081	0.53797	0.51619
-4	0.46478	0.48413	0.50492	0.52716	0.55119	0.57671	0.60369	0.63174	0.66007	0.6872	0.71208	0.73506	0.75707	0.76707	0.76207	0.75119	0.73506	0.71208	0.6872	0.66007	0.63174	0.60369
-3	0.47395	0.49508	0.51727	0.54096	0.56649	0.59385	0.62285	0.65324	0.68472	0.71728	0.75088	0.78547	0.81996	0.85427	0.88836	0.92207	0.95536	0.98824	1.02071	1.05276	1.08431	1.11536
-2	0.47498	0.49758	0.52165	0.54838	0.57712	0.60741	0.63964	0.67339	0.70872	0.74568	0.78328	0.82153	0.86043	0.89988	0.93988	0.98043	1.02158	1.06323	1.10538	1.14803	1.19118	1.23483
-1	0.47705	0.49862	0.52222	0.54813	0.57671	0.60827	0.64296	0.67972	0.71768	0.75683	0.79718	0.83873	0.88148	0.92543	0.97058	1.01693	1.06448	1.11323	1.16328	1.21453	1.26698	1.32053
0	0.47791	0.49952	0.52346	0.54965	0.5786	0.61079	0.64674	0.68472	0.72383	0.76418	0.80573	0.84848	0.89243	0.93758	0.98403	1.03178	1.08093	1.13138	1.18303	1.23588	1.29003	1.34548
1	0.47705	0.49862	0.52222	0.54813	0.57671	0.60827	0.64296	0.67972	0.71768	0.75683	0.79718	0.83873	0.88148	0.92543	0.97058	1.01693	1.06448	1.11323	1.16328	1.21453	1.26698	1.32053
2	0.47498	0.49758	0.52165	0.54838	0.57712	0.60741	0.63964	0.67339	0.70872	0.74568	0.78328	0.82153	0.86043	0.89988	0.93988	0.98043	1.02158	1.06323	1.10538	1.14803	1.19118	1.23483
3	0.47395	0.49508	0.51727	0.54096	0.56649	0.59385	0.62285	0.65324	0.68472	0.71728	0.75088	0.78547	0.81996	0.85427	0.88836	0.92207	0.95536	0.98824	1.02071	1.05276	1.08431	1.11536
4	0.47498	0.49758	0.52165	0.54838	0.57712	0.60741	0.63964	0.67339	0.70872	0.74568	0.78328	0.82153	0.86043	0.89988	0.93988	0.98043	1.02158	1.06323	1.10538	1.14803	1.19118	1.23483
5	0.47705	0.49862	0.52222	0.54813	0.57671	0.60827	0.64296	0.67972	0.71768	0.75683	0.79718	0.83873	0.88148	0.92543	0.97058	1.01693	1.06448	1.11323	1.16328	1.21453	1.26698	1.32053
6	0.47498	0.49758	0.52165	0.54838	0.57712	0.60741	0.63964	0.67339	0.70872	0.74568	0.78328	0.82153	0.86043	0.89988	0.93988	0.98043	1.02158	1.06323	1.10538	1.14803	1.19118	1.23483
7	0.47395	0.49508	0.51727	0.54096	0.56649	0.59385	0.62285	0.65324	0.68472	0.71728	0.75088	0.78547	0.81996	0.85427	0.88836	0.92207	0.95536	0.98824	1.02071	1.05276	1.08431	1.11536
8	0.47498	0.49758	0.52165	0.54838	0.57712	0.60741	0.63964	0.67339	0.70872	0.74568	0.78328	0.82153	0.86043	0.89988	0.93988	0.98043	1.02158	1.06323	1.10538	1.14803	1.19118	1.23483
9	0.47705	0.49862	0.52222	0.54813	0.57671	0.60827	0.64296	0.67972	0.71768	0.75683	0.79718	0.83873	0.88148	0.92543	0.97058	1.01693	1.06448	1.11323	1.16328	1.21453	1.26698	1.32053
10	0.47498	0.49758	0.52165	0.54838	0.57712	0.60741	0.63964	0.67339	0.70872	0.74568	0.78328	0.82153	0.86043	0.89988	0.93988	0.98043	1.02158	1.06323	1.10538	1.14803	1.19118	1.23483

a. Pusat klaster 1

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
-10	0.1787	0.18434	0.18949	0.19465	0.19981	0.20396	0.20784	0.21139	0.21442	0.21699	0.21918	0.22099	0.22242	0.22346	0.22413	0.22446	0.22446	0.22413	0.22242	0.21918	0.21699	0.21442
-9	0.18937	0.19519	0.19836	0.20181	0.20511	0.20815	0.21084	0.21319	0.21519	0.21684	0.21814	0.21918	0.22007	0.22074	0.22119	0.22146	0.22146	0.22119	0.22007	0.21814	0.21684	0.21519
-8	0.19508	0.20074	0.20349	0.20644	0.20919	0.21164	0.21369	0.21534	0.21664	0.21768	0.21846	0.21907	0.21952	0.21981	0.21996	0.22007	0.22007	0.21981	0.21952	0.21846	0.21768	0.21664
-7	0.2015	0.20685	0.21094	0.21424	0.21669	0.21829	0.21904	0.21984	0.22039	0.22074	0.22099	0.22114	0.22129	0.22134	0.22139	0.22144	0.22144	0.22139	0.22129	0.22099	0.22074	0.22039
-6	0.20865	0.21381	0.21736	0.22011	0.22216	0.22381	0.22506	0.22591	0.22646	0.22681	0.22706	0.22721	0.22726	0.22726	0.22726	0.22726	0.22726	0.22726	0.22726	0.22726	0.22726	0.22726
-5	0.21794	0.22311	0.22616	0.22841	0.23016	0.23141	0.23226	0.23281	0.23316	0.23341	0.23356	0.23366	0.23371	0.23371	0.23371	0.23371	0.23371	0.23371	0.23371	0.23371	0.23371	0.23371
-4	0.22622	0.23139	0.23444	0.23669	0.23814	0.23919	0.23984	0.24029	0.24054	0.24069	0.24074	0.24074	0.24074	0.24074	0.24074	0.24074	0.24074	0.24074	0.24074	0.24074	0.24074	0.24074
-3	0.23431	0.24008	0.24363	0.24618	0.24793	0.24888	0.24913	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918	0.24918
-2	0.24196	0.24744	0.24999	0.25174	0.25269	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294	0.25294
-1	0.24888	0.25436	0.25691	0.25866	0.25961	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986	0.25986
0	0.25474	0.26022	0.26277	0.26452	0.26547	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572	0.26572
1	0.25922	0.26470	0.26725	0.26900	0.26995	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020	0.27020
2	0.26370	0.26918	0.27173	0.27348	0.27443	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468	0.27468
3	0.26818	0.27366	0.27621	0.27796	0.27891	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916	0.27916
4	0.27266	0.27814	0.28069	0.28244	0.28339	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364	0.28364
5	0.27714	0.28262	0.28517	0.28692	0.28787	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812	0.28812
6	0.28162	0.28710	0.28965	0.29140	0.29235	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260	0.29260
7	0.28610	0.29158	0.29413	0.29588	0.29683	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708	0.29708
8	0.29058	0.29606	0.29861	0.30036	0.30131	0.30156																

DAFTAR PUSTAKA

- Milton J, Gotman J, Anderman, F. Timing of Seizure Recurrence in Adult Epileptic Patients, *Epilepsia*. **28**, 1987 pp. 471 – 478.
- T. Ahmad and Ken, T, L. Topological Conjugacy between Seizure and Flat Electroencephalography, *American Journal of Applied Sciences* **7** (11) 2010 pp. 1470-1476.
- T. Ahmad., Fairuz, R, Zakaria, F. Selection of a subset of EEG channel of epileptic patient during seizures using PCA in *Proceeding of the 7th WSEAS International Conference on Signal Processing, Robotic and Automation, Advanced Topics on Signal Processing and Automation*, Feb. 20-22, University of Cambridge, UK. 2008
- M. Abdy and T. Ahmad, *Int. J. of Basic & Appl. Sc.* 11, 2011, pp.18-23.
- M. Abdy and T. Ahmad, *Journal of Mathematics and Statistics*, Vol. 9, Issue 3, 2013, pp. 180-185.
- Naziha, A, Theoretical Foundation for Digital Space of flat EEG, 2009, *PhD Dissertation*, Universiti Teknologi Malaysia. 2009
- Zakaria, F. Dynamic Profiling of EEG Data during Seizure Using Fuzzy Information, *PhD Dissertation*, Universiti Teknologi Malaysia. 2008