

SCORING KEPUTUSAN PENENTUAN PUSAT PENGEMBANG ENERGI TERBARUKAN BERDASARKAN *CLUSTER* WILAYAH MENGGUNAKAN METODE SAWP

DECISSION SCORING DETERMINING DEVELOPMENT OF REGIONAL BASED RENEWABLE ENERGY CENTER *CLUSTER* WITH SAWP METHOD

Mustakim*, Agus Buono, dan Irman Hermadi

Departemen Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Darmaga, Bogor, 16002
E-mail: mustakim@apps.ipb.ac.id

Makalah: Diterima 24 November 2014; Diperbaiki 3 Maret 2015; Disetujui 15 Maret 2014

ABSTRACT

According to energy law, the government Indonesia is required to develop alternative energy. It is also mandated to consider equalization of energy development for each region in taking decision. Simple Addictive Weighting (SAW) method was able to provide the best solution in determining decision and can be applied to determine the renewable energy center. The result was than reinforced by Weighting Product to normalize the so that reaches the absolute value equals 1 that was yielded based on eigen Analytic Hierarchy process method. That alternative Bagan Sinembah was chose with value of 0.8090 which has 25% of five alternatives. Besides that, to find out the possibility of alternative that was not chosen as primary alternative, of decision making in group by using *K-Means Clustering* method was used. The comparison between the result of main criteria LSP and HPP had the best trend in which contiguity value was 2.45% in SAW. The results concluded that the main criterion of LSP and HPP was not dominant criteria influence the absolute value final decision either by using SAW or WP. The potential energy that can be palm production including waste of shell, fiber frond, and an empty bunch will be 135% of electrical energy of Riau area.

Keywords: *analytical hierarchy process, k-means clustering, reneweble energy, simple additive weighting, weighting product*

ABSTRAK

Berdasarkan undang-undang energi, pemerintah diwajibkan untuk mengembangkan energi alternatif berbahan baku kelapa sawit. Hal senada juga diamanatkan sebagai bentuk pemerataan pembangunan energi untuk setiap wilayah dalam bentuk pengambilan keputusan. Metode *Simple Additive Weighting* mampu memberikan solusi terbaik dalam menentukan keputusan sebagai penentu pusat pengembang energi terbarukan. Hasil keputusan diperkuat dengan metode *Weighting Product* yang dapat menormalkan bobot hingga mencapai nilai mutlak sama dengan 1 yang dihasilkan berdasarkan *eigen* metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), alternatif terpilih yaitu Bagan Sinembah sebesar 0,8090 dengan persentase 25% dari 5 alternatif. Selain itu untuk menelusuri kemungkinan alternatif yang tidak terpilih menjadi alternatif prioritas digunakan pengambilan keputusan secara berkelompok menggunakan metode *K-Means Clustering*. Perbandingan antara hasil keputusan dengan kriteria utama luas sektor perkebunan (LSP) dan hasil produksi perkebunan (HPP) memiliki *trend* terbaik dengan nilai kedekatan 2,45% pada *cluster* SAWP (*Simple Additive Weighting Product*) dibandingkan dengan *trend* data pada masing-masing *cluster*. Hasil akhir diperoleh bahwa kriteria utama LSP dan HPP bukan merupakan kriteria dominan yang dapat mempengaruhi hasil mutlak keputusan final baik menggunakan SAW maupun WP. Potensi energi yang dihasilkan dari produksi kelapa sawit keseluruhan dengan menghitung limbah cangkang, serat dan tandan buah kosong akan menghasilkan 135% energi listrik yang dapat mengalir wilayah Riau.

Kata kunci: *analytical hierarchy process, energi terbarukan, k-means clustering, simple additive weighting, weighting product*

PENDAHULUAN

Perkembangan energi di Indonesia mengalami perubahan dari negara pengekspor menjadi negara pengimpor. Berbagai kebijakan pemerintah daerah maupun pusat yang ditetapkan untuk menyelamatkan energi terus dilakukan, namun hal itu dirasakan oleh berbagai pihak belum maksimal. Krisis energi yang dialami sebagian besar wilayah

pelosok Nusantara memberikan dampak negatif bagi pertumbuhan sektor ekonomi. Setiap tahunnya krisis energi selalu melanda wilayah-wilayah penghasil energi utama seperti Provinsi Riau.

Blueprint pengelolaan energi nasional 2006-2025 menyatakan bahwa persoalan terbesar terkait krisis energi di Indonesia yaitu struktur Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) masih tergantung pada sektor migas dan subsidi

Bahan Bakar Minyak (BBM), belum optimalnya industri energi, keterbatasan infrastruktur energi, belum tercapainya harga keekonomian energi serta belum efisiennya pemanfaatan energi (Elinur, 2012). Hal demikian yang menyebabkan produktivitas energi dan perekonomian di Indonesia semakin melemah, terutama terkait permasalahan ketergantungan terhadap BBM yang semakin lama energi fosil akan semakin berkurang (Pudyantoro, 2012).

Undang-undang energi No. 30/ 2007 pasal 20 ayat 4 menyatakan bahwa penyediaan dan pemanfaatan energi baru dan terbarukan wajib ditingkatkan oleh pemerintah pusat dan pemerintah daerah sesuai dengan kewenangannya. Salah satu energi terbarukan yang dimaksud adalah biomassa berbahan baku limbah kelapa sawit (Kusdiana, 2008). Bahan baku dan limbah kelapa sawit akan dilakukan konversi menggunakan teknologi energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik sebagai sumber bahan bakar utama PLTU (Mahajoeno, 2008). Demikian juga, energi listrik yang dihasilkan oleh konversi energi ini sangat bergantung dari limbah yang dihasilkan oleh pusat pengolahan minyak kelapa sawit (Kusuma, 2011).

Provinsi Riau merupakan provinsi dengan luas 8,91 juta ha sangat berpotensi untuk menghasilkan kelapa sawit terbesar di Indonesia karena memiliki lahan perkebunan seluas 2,26 juta ha dengan rata-rata produksi sebesar 6,93 juta ton per tahun yang tersebar di berbagai kabupaten (BPS Riau dalam Angka, 2013). Produktivitas kelapa sawit di Provinsi Riau setiap tahun mengalami peningkatan baik produksi maupun luas lahan perkebunan. Hal ini menjadi gambaran akan terwujudnya energi alternatif berbahan baku kelapa sawit untuk masa mendatang. Berdasarkan riset yang telah dilakukan oleh Partogi tahun 2013, dengan jumlah produksi kelapa sawit di Riau mampu menghasilkan energi lebih dari 135% dapat mengalir wilayah Riau.

Keterkaitan antara energi alternatif masa depan dengan produksi kelapa sawit tidak terlepas dengan kondisi data masa lalu yang bersifat *time series*. Kondisi ini mampu memberikan gambaran keefektifan sebuah daerah dalam mengembangkan energi biomassa, dengan sumber yang memadai dan tidak kurang pasokan bahan bakunya (Kusdiana, 2008). Abdulah dan Sulaiman merincikan komposisi pembagian limbah kelapa sawit yang mampu dikonversi menjadi energi terbarukan yang terdiri dari cangkang 6%, serabut 15% dan tandan buah kosong 23% (Abdulah dan Sulaiman, 2013 dalam Nur, 2014). Jika dikaitkan dengan jumlah produksi kelapa sawit di Riau akan mampu menghasilkan 91% energi baru terbarukan yang masing-masing tersebar di wilayah Riau. Oleh sebab itu, pemerintah diharapkan mampu mengkoordinir dan menentukan prioritas kebijakan terkait pemerataan energi pada suatu wilayah dengan wujud perankingan penentuan

pusat pengembang energi terbarukan dalam bentuk pengambilan keputusan. Permasalahan terbesar dalam penentuan tersebut hanya dilihat berdasarkan aspek luas perkebunan dan jumlah produksi per tahun, beberapa aspek lain yang memiliki peranan penting sering diabaikan.

Analytical Hierarchy Process (AHP) merupakan metode yang merefleksikan cara orang berfikir (Saaty, 2008) adalah salah satu dari serangkaian banyak metode dalam grup *Multi-Attribute Decision Making* (MADM) yang merupakan metode pengambilan keputusan untuk menetapkan alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan kriteria tertentu (Jarial, 2012), serta model peringkat sederhana yang mampu memberikan solusi terbaik dari serangkaian beberapa alternatif yang diberikan (Kumar, 2013). Selain AHP metode yang termasuk kedalam kelompok MADM adalah *Simple Additive Weighting* (SAW) yang mengusung konsep mencari penjumlahan terbobot dari peringkat kinerja pada setiap alternatif pada semua atribut (Memariani, 2009). Demikian juga dengan metode *Weighting Product* (WP) yang mampu memberikan nilai normalisasi untuk mencapai tingkat maksimum penjumlahan pembobotan (Kusumadewi, 2011).

Beberapa metode MADM merupakan metode dengan model peringkat sederhana yang mampu memberikan solusi terbaik dari serangkaian beberapa alternatif yang diberikan (Kumar, 2013). Disisi lain SAW merupakan metode pendukung keputusan dengan sistem pembobotan yang mampu memberikan sebuah keputusan terbaik, hal itu dinyatakan oleh Afshari *et al.*, 2010. Metode WP merupakan metode yang memaksimalkan penjumlahan terbobot serta mempertimbangkan nilai negatif dan positif untuk setiap alternatif kepentingan (Kumar, 2013).

Pada penelitian-penelitian sebelumnya kasus pembobotan MADM biasanya pengambil keputusan memberikan bobot preferensi berupa nilai langsung berdasarkan tingkat kepentingan, sedangkan pada kasus ini pembobotan akan dilakukan dengan menggunakan nilai *eigen* perbandingan berpasangan metode AHP. Cara ini dapat meminimalisir hasil keputusan yang selalu berubah-ubah (Afshari *et al.*, 2010). Selain itu pengambilan keputusan akan dilakukan berdasarkan kelompok-kelompok tertentu menggunakan *K-Means Clustering* untuk mencari alternatif terpilih secara maksimal, kemudian menggabungkan hasil *ranking* terbaik untuk dilakukan pengambilan keputusan final. Dengan *Euclidean distance space* dan nilai *centroid*, *K-Means Clustering* dapat mengelompokkan alternatif berdasarkan kriteria yang digunakan (Mustakim, 2012). Dari beberapa pemaparan diatas, tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan serangkaian hasil keputusan berdasarkan *cluster* alternatif menggunakan metode SAW dan WP berdasarkan pembobotan AHP, sehingga *goal* utama dari

penelitian ini mampu memberikan rekomendasi kepada pemerintah dalam menentukan kebijakan terkait wilayah pengembangan energi terbarukan yang didasarkan atas 6 kriteria yaitu jumlah desa (JD), jumlah penduduk (JP), kepadatan penduduk (KP), luas sektor perkebunan (LSP), hasil produksi perkebunan (HPP) dan jumlah pabrik kelapa sawit (PKS).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di laboratorium *computational intelligence* (CI) IPB dengan menggunakan data sekunder dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Riau dan Dinas Perkebunan (Disbun) Provinsi Riau. Data yang digunakan merupakan serangkaian data *time series* dari tahun 2005 sampai dengan tahun 2012 dengan mengacu kepada Riau dalam Angka 2005 – 2012 dan Kabupaten dalam Angka 2005 – 2012, serta beberapa data lainnya seperti data kelistrikan dari Pembangkit Listrik Negara (PLN) wilayah Riau dan data penunjang lainnya dari lembaga penelitian *Energy Research Center* (EnReach) UIN Sultan Syarif Kasim Riau. Data sekunder yang digunakan terdiri dari 6 kriteria yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Selain data sekunder, pada penelitian ini terdapat data hasil perbandingan berpasangan yang dinyatakan dalam bentuk nilai *eigen*. Data perbandingan berpasangan ini diperoleh dari hasil perkalian matriks pada metode AHP yang dilakukan oleh beberapa pakar energi terbarukan. Nilai *eigen* nantinya digunakan untuk menentukan bobot preferensi pada metode SAW dan WP. Keseluruhan data-data diproses dengan menggunakan aplikasi Matlab R2010b serta *Microsoft Office Excell* 2010 sebagai tools analisis tambahan.

Untuk memulai penelitian beberapa hal yang harus dipersiapkan adalah perencanaan dan

penetapan tujuan dari penelitian. Sesuai dengan *goal* utama dalam kajian ini adalah mendapatkan hasil serangkaian keputusan dalam bentuk *scoring* atau perankingan untuk menentukan wilayah pengembangan energi terbarukan di Riau. Empat tahapan utama sebagai analisis dari kajian ini adalah pembobotan AHP, pengelompokan menggunakan *K-Means Clustering*, perankingan hasil *cluster* dengan SAW dan penentuan keputusan final dengan metode WP. Secara umum metode penelitian dalam kajian ini disajikan pada Gambar 1.

Analisis Pembobotan dengan Metode AHP

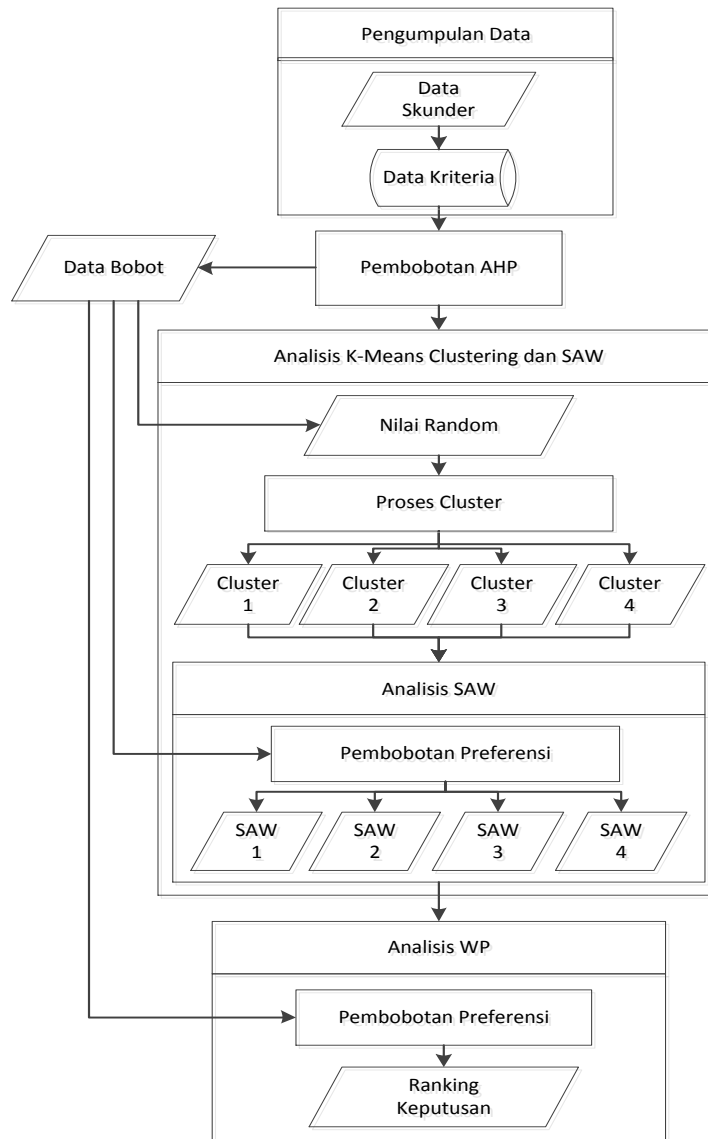
AHP dikembangkan oleh Thomas Saaty pada tahun 1970-an. AHP kemudian menjadi alat yang sering digunakan dalam pengambilan keputusan karena AHP berdasarkan pada teori yang merefleksikan cara orang berpikir (Marimin, 2005). Dalam perkembangannya, AHP dapat digunakan sebagai model alternatif dalam menyelesaikan berbagai macam masalah pengambilan keputusan (Saaty, 2008). Pada dasarnya inti dari AHP adalah perbandingan berpasangan hingga diakhiri dengan memperoleh nilai *eigen* dan *consistency ratio* (Kusumadewi, 2006).

Analisis K-Means Clustering

Metode ini mempartisi data kedalam kelompok sehingga data yang memiliki karakteristik yang sama dikelompokkan ke dalam satu *cluster* yang sama dan data yang mempunyai karakteristik yang berbeda dikelompokkan ke dalam kelompok yang lain (Agusta, 2007). Adapun tujuan dari data *clustering* ini adalah untuk meminimalkan *objective function* yang diset dalam proses *clustering*, yang pada umumnya berusaha meminimalkan variasi di dalam suatu *cluster* dan memaksimalkan variasi antar *cluster* (Salman *et al.*, 2011).

Tabel 1. Data kriteria 10 dari 142 alternatif

No	Kecamatan	Jumlah Desa (JD)	Jumlah Penduduk (JP)	Kepadatan Penduduk (KP)	Luas Sektor Perkebunan (LSP)	Hasil Produksi Perkebunan (HPP)	Jumlah Pabrik Kelapa Sawit (PKS)
...
50	Tambang	16	44,701	120.18	4,249	20,063	1
51	Tapung	25	76,801	56.22	32,574	288,697	4
52	Tapung Hilir	16	48,597	47.95	31,299	268,219	5
53	Tapung Hulu	14	69,785	59.69	33,183	177,095	2
54	XIII Koto Kampar	18	32,396	26.69	8,993	69,781	1
55	Kampar Kiri Tengah	11	23,363	70.67	3,856	44,059	1
56	Rengat	16	44,897	37.10	1,191	1,747	0
57	Rengat Barat	18	37,444	40.66	1,905	6,070	0
58	Pasir Penyu	13	27,189	72.99	2,946	14,078	1
59	Peranap	12	26,424	15.53	1,659	12,914	0
...



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

Distance Space untuk Menghitung Jarak Antara Data dan Centroid

Jarak antara dua titik x_1 dan x_2 pada *manhattan/ city block distance space* dihitung dengan menggunakan persamaan 1 (Celebi, 2012).

$$D_{L_1}(x_2, x_1) = \|x_2 - x_1\|_1 = \sum_{j=1}^p |x_{2j} - x_{1j}| \dots \dots \dots (1)$$

Untuk *euclidean distance space*, jarak antara dua titik dihitung menggunakan persamaan 2. (Celebi, 2012)

$$D_{L_2}(x_2, x_1) = \|x_2 - x_1\|_2 = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{2j} - x_{1j})^2} \dots \dots \dots (2)$$

Analisis SAW

Metode SAW atau sering disebut dengan istilah metode penjumlahan terbobot. Konsep dasar SAW adalah mencari penjumlahan terbobot dari peringkat kinerja pada setiap alternatif pada semua atribut (Memariani, 2009). Langkah-langkah

penyelesaian dengan metode SAW dimulai dari menentukan kriteria hingga diakhiri dengan penjumlahan matriks ternormalisasi (Kusumadewi, 2011). Normalisasi matriks berdasarkan persamaan yang disesuaikan dengan jenis atribut (atribut keuntungan atau atribut biaya) dengan persamaan matriks ternormalisasi r .

$$r = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i x_{ij}} & \text{Jika } j \text{ adalah attribute} \\ & \text{keuntungan (benefit)} \\ \dots \dots \dots (3) \\ \frac{\min_i x_{ij}}{x_{ij}} & \text{Jika } j \text{ adalah attribute} \\ & \text{biaya (cost)} \end{cases}$$

Penjumlahan dari perkalian matriks ternormalisasi R dengan *vector* bobot sehingga diperoleh nilai terbesar yang dipilih sebagai alternatif terbaik (A_i) sebagai solusi.

$$v_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \dots\dots\dots(4)$$

Analisis WP

Metode WP menggunakan perkalian untuk menghubungkan peringkat atribut, dimana peringkat setiap atribut harus dipangkatkan terlebih dahulu dengan bobot atribut yang bersangkutan (Kusumadewi, 2006).

$$s_i = \prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j}; \text{ dengan } i=1,2,3,\dots,m \dots\dots\dots(5)$$

$$v_i = \frac{\prod_{j=1}^n x_{ij}^{w_j}}{\prod_{j=1}^n (x_j)^{w_j}}; \text{ dengan } i=1,2,3,\dots,m \dots\dots\dots(6)$$

Penelitian Terkait

Mariana (2005) melakukan pengambilan keputusan terkait investasi industri biodiesel kelapa sawit dengan model sistem dinamis menggunakan lima submodel kriteria yaitu sumber daya, teknis produksi, analisis finansial, pasar dan lingkungan. Hasil dari riset ini menyimpulkan bahwa industri biodiesel kelapa sawit layak untuk dikembangkan jika didukung oleh kebijakan pemerintah terkait energi terbarukan serta lingkungan wilayah yang memadai.

Badri (2008) menyatakan bahwa hasil perhitungan dengan teknik AHP yang ditunjukkan dengan hirarki pengembangan klaster agroindustri kelapa sawit untuk setiap masing-masing kriteria tertinggi yakni; pelaku: masyarakat sekitar (36%), faktor pendukung: kondisi infrastruktur lahan (40%) tujuan pengembangan program: peningkatan nilai tambah produk daerah (41%), dan strategi pengembangan program: peningkatan institusi pendukung (42). Dari beberapa riset tersebut dapat diambil inti

permasalahan yang diangkat yaitu terkait kebijakan pemerintah untuk pengembangan energi terbarukan dan faktor-faktor untuk penentuan pengambilan keputusan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Normalisasi

Normalisasi data merupakan bagian dari data transformasi, yaitu teknik mengubah data menjadi nilai yang lebih mudah dipahami (Patel dan Rupa, 2011). Tujuan normalisasi data adalah mendapatkan bobot yang sama dari semua atribut data dan tidak bervariasi atau hasil dari pembobotan tersebut tidak terdapat atribut yang lebih dominan atau dianggap lebih utama dari pada yang lain (Jain, 2011). Normalisasi data kriteria diperoleh dengan persamaan 7, sedangkan hasil Normalisasi data kriteria 10 dari 142 alternatif disajikan pada Tabel 2.

$$V^* = \frac{v - \min}{\max - \min} \dots\dots\dots(7)$$

Data alternatif terdiri dari 142 Kecamatan diproses sesuai dengan kebutuhan dan langkah-langkah beberapa metode untuk mendapatkan hasil keputusan sesuai dengan skenario penelitian.

Analisis Pembobotan AHP

Terdapat 10 penilai dalam menentukan pusat energi terbarukan yang terdiri dari pakar, peneliti dan *supporting decision commite*. Dengan mengambil nilai rata-rata *eigen* sebagai bobot preferensi metode SAW dan WP. Nilai *Eigen* kriteria AHP disajikan pada Tabel 3.

Tabel 2. Normalisasi data kriteria 10 dari 142 alternatif

No	Kecamatan	JD	JP	KP	LSP	HPP	PKS
...
50	Tambang	0,5185	0,1672	0,0169	0,0532	0,0362	0,2222
51	Tapung	0,8730	0,3065	0,0076	0,4124	0,5219	0,9722
52	Tapung Hilir	0,5079	0,1841	0,0064	0,3962	0,4849	1,0000
53	Tapung Hulu	0,4127	0,2761	0,0081	0,4201	0,3201	0,4444
54	XIII Koto Kampar	0,5979	0,1138	0,0033	0,1133	0,1261	0,2500
55	Kampar Kiri Tengah	0,2963	0,0747	0,0097	0,0482	0,0796	0,2222
56	Rengat	0,5079	0,1681	0,0048	0,0144	0,0031	0,0000
57	Rengat Barat	0,5820	0,1358	0,0053	0,0235	0,0109	0,0000
58	Pasir Penyu	0,3651	0,0913	0,0100	0,0367	0,0254	0,2222
59	Peranap	0,3280	0,0879	0,0017	0,0203	0,0233	0,0000
...

Tabel 3. Nilai *Eigen* kriteria AHP

Kriteria	<i>Eigen</i>									
	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10
JD	0,4176	0,0350	0,1093	0,2074	0,2074	0,2077	0,2246	0,1859	0,0590	0,2072
JP	0,3286	0,1733	0,1093	0,0919	0,0919	0,0900	0,0942	0,0924	0,2685	0,3030
KP	0,1259	0,3615	0,0222	0,0221	0,0221	0,0222	0,0214	0,3205	0,1630	0,0756
LSP	0,0702	0,0445	0,3685	0,3709	0,2856	0,3290	0,3405	0,1796	0,2668	0,1116
HPP	0,0349	0,0365	0,3685	0,2856	0,3709	0,3290	0,2979	0,1865	0,0884	0,2022
PKS	0,0227	0,3492	0,0222	0,0221	0,0221	0,0222	0,0214	0,0350	0,1543	0,1004
Jumlah	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Dari data pada Tabel 3 diperoleh rata-rata *eigen* sebagai berikut: 0,1861; 0,1643; 0,1156; 0,2367; 0,2200 dan 0,0772 untuk masing-masing kriteria. Nilai *eigen* diperoleh dari hasil perbandingan berpasangan antara kriteria yang satu dengan yang lain berdasarkan Tabel penilaian perbandingan yang dikemukakan oleh Saaty. Rata-rata dari 10 *eigen* tersebut nantinya digunakan sebagai nilai bobot untuk metode SAW dan WP pada proses perankingan. Semakin besar nilai *eigen* maka semakin besar pula tingkat kepentingan kriteria tersebut dalam pengambilan keputusan, dalam hal ini adalah kriteria LSP dan HPP. Sedangkan rasio konsistensi dari kesepuluh *eigen* tersebut secara berturut-turut adalah 9,3%; 2,0%; 6,8%; 9,6%; 9,6%; 8,9%; 8,8%; 9,3%; 9,7%; 9,6%.

Analisis K-Means Clustering

Analisis pengelompokan dari 142 alternatif didasarkan atas 6 kriteria untuk mencari nilai kedekatan antar data berdasarkan nilai minimum. Pengambil keputusan menetapkan alternatif dikelompokkan berdasarkan 4 *cluster*. Tujuan dari pengelompokan ini adalah untuk mendapatkan pola data pada hasil keputusan akhir, sehingga dapat memaksimalkan hasil keputusan SAW. Empat *cluster* tersebut diberikan nilai *centroid* awal menggunakan nilai random 0 dan 1, sebagai berikut:

0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	x1
0,0000	0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	x2
0,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	x3
1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	x4

Berdasarkan persamaan 1 dan 2 diperoleh *centroid* terdekat antar *cluster* dan iterasi sebelumnya dan sesudahnya memiliki nilai yang sama yaitu terdapat pada iterasi ke-18, iterasi ke-19 dan seterusnya dengan nilai *cluster* disajikan pada Tabel 4.

Dari hasil analisis terdapat 30 kecamatan berada pada *cluster* pertama, 32, 30 dan 50 Kecamatan berturut-turut pada *cluster* 2, 3 dan 4. Dengan demikian proses pengelompokan wilayah

berdasarkan 6 kriteria dapat dilakukan analisis selanjutnya yaitu penentuan *ranking* keputusan disetiap kelompok.

Analisis SAW

Analisis ini melakukan *scoring* atau *ranking* setiap *cluster* untuk menghasilkan alternatif terbaik diatas rata-rata. Proses SAW menggunakan dataa kriteria yang telah dinormalisasi sesuai dengan kelompoknya berdasarkan persamaan 7 untuk setiap kelompok dari hasil *K-Means clustering*. *Cluster* 1 dengan data normalisasi disajikan pada Tabel 5.

Data pada Tabel 5 kemudian dilakukan penentuan alternatif kepentingan yang terdiri dari atribut biaya dan keuntungan berdasarkan persamaan 3, alternatif kepentingan disajikan pada Tabel 6.

Dari hasil penentuan tersebut diperoleh matriks ternormalisasi kemudian dikalikan dengan bobot preferensi atau nilai *eigen* AHP sesuai dengan persamaan 4. Perkalian antara matriks ternormalisasi dengan bobot preferensi inilah hasil akhir dari metode SAW untuk selanjutnya dilakukan *ranking* berdasarkan nilai tertinggi hingga terendah, hasil keputusan pada *cluster* 1 dapat dilihat pada Tabel 7.

Nilai rata-rata dari 30 data tersebut digunakan sebagai nilai batasan alternatif yang diambil untuk setiap kelompoknya. Dari *cluster* 1 diperoleh dari nilai rata-rata 0,5035, artinya kecamatan yang berada diatas nilai rata-rata tersebut dinyatakan sebagai alternatif terpilih untuk dilakukan analisis penentuan keputusan lanjutan menggunakan metode WP, demikian seterusnya untuk ke 3 *cluster* yang lain. Hasil perhitungan metode SAW terpilih diatas rata-rata untuk *cluster* 1 disajikan pada Tabel 8.

Hasil *scoring* sementara yang dihasilkan dari metode SAW terdapat nilai rata-rata setiap kelompok adalah 0,5035 dengan 11 kecamatan pada *cluster* 1, 0,5050 dengan 13 kecamatan pada *cluster* 2, 0,4716 dengan 10 kecamatan pada *cluster* 3 dan 0,4233 dengan 16 kecamatan pada *cluster* 4. Dengan demikian terdapat 49 alternatif kecamatan yang dilakukan seleksi berdasarkan metode WP.

Tabel 4. Cluster iterasi ke-18, ke-19 dan seterusnya pada data 10 dari 142 alternatif

No	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Cluster 4	Minimum	C
...
50	1,3800	1,3766	1,4379	1,1911	1,1911	C1
51	1,2562	1,2982	1,4302	0,9853	0,9853	C4
52	1,3227	1,2557	1,3889	1,1872	1,1872	C4
53	1,0318	1,1781	1,2879	0,9432	0,9432	C3
54	1,3003	1,3516	1,4555	1,1282	1,1282	C2
55	1,4303	1,4165	1,4541	1,3376	1,3376	C1
56	1,4130	1,4963	1,5220	1,2532	1,2532	C4
57	1,40353	1,4926	1,5508	1,2372	1,2372	C3
58	1,4475	1,4089	1,4707	1,3185	1,3185	C3
59	1,4536	1,5165	1,5399	1,3687	1,3687	C3
...

Tabel 5. Cluster 1 dengan data normalisasi

No	Kecamatan	JD	JP	KP	LSP	HPP	PKS
1	Gaung	0,4459	0,3737	0,0655	0,0864	0,0799	0,3478
2	Kemuning	0,3919	0,1549	0,0842	0,6445	0,3099	0,3478
3	Mandah	0,5000	0,4085	0,0811	0,0022	0,0000	0,0000
4	Tanah Merah	0,3243	0,2889	0,1030	0,0000	0,0003	0,0000
5	Bengkalis	0,8649	0,7101	0,3678	0,0816	0,0505	0,2174
6	Pinggir	0,4865	0,7521	0,0602	1,0000	0,2849	0,6522
7	Kampar Kiri Hulu	1,0000	0,0588	0,0000	0,0397	0,0051	0,3478
8	Tambang	0,6622	0,4080	0,3064	0,0709	0,0346	0,3478
...
30	Singingi Hilir	0,3986	0,2584	0,0302	0,3059	0,4669	0,3478

Tabel 6. Alternatif kepentingan

Nilai Kepentingan		Keuntungan		Biaya	
Bawah	Atas	Tingkat	Rating	Tingkat	Rating
0,0000	0,2500	Kurang Penting	1	Sangat Penting	1
0,2600	0,5000	Cukup Penting	2	Penting	2
0,5100	0,7500	Penting	3	Cukup Penting	3
0,7600	1,0000	Sangat Penting	4	Kurang Penting	4

Tabel 7. Hasil ranking keputusan cluster 1

No	Kecamatan	JD	JP	KP	LSP	HPP	PKS	Total
1	Gaung	0,0931	0,0822	0,1156	0,0592	0,0550	0,0386	0,4436
2	Kemuning	0,0931	0,0411	0,1156	0,1776	0,1100	0,0386	0,5759
3	Mandah	0,0931	0,0822	0,1156	0,0592	0,0550	0,0193	0,4243
4	Tanah Merah	0,0931	0,0822	0,1156	0,0592	0,0550	0,0193	0,4243
5	Bengkalis	0,1861	0,1232	0,0867	0,0592	0,0550	0,0193	0,5296
6	Pinggir	0,0931	0,1643	0,1156	0,2367	0,1100	0,0579	0,7776
7	Kampar Kiri Hulu	0,1861	0,0411	0,1156	0,0592	0,0550	0,0386	0,4956
8	Tambang	0,1396	0,0822	0,0867	0,0592	0,0550	0,0386	0,4612
9	Kampar Kiri Tengah	0,0931	0,0411	0,1156	0,0592	0,0550	0,0386	0,4026
10	Seberida	0,0931	0,0822	0,1156	0,0592	0,0550	0,0579	0,4629
...
30	Singingi Hilir	0,0931	0,0822	0,1156	0,1184	0,1100	0,0386	0,5578

Tabel 8. Hasil perhitungan metode SAW diatas nilai rata-rata untuk *cluster* 1

Alternatif Terpilih	Hasil Perhitungan Metode SAW
Kandis	0,8466
Tambusai Utara	0,8109
Pinggir	0,7776
Pangkalan Kuras	0,7613
Dayun	0,6268
Kerinci Kanan	0,6171
Tualang	0,6083
Minas	0,5995
Kemuning	0,5759
Singingi Hilir	0,5578
Bengkalis	0,5296

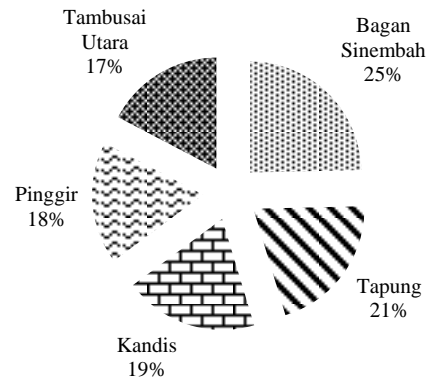
Analisis WP

Dalam konteks perbandingan berpasangan terdapat nilai 1 yang dinyatakan sebagai kedua alternatif memiliki tingkat kepentingan yang sama, sehingga nilai tersebut tidak akan mempengaruhi nilai yang lain. Sesuai dengan tujuan metode WP, pada kasus ini nilai bobot yang didasarkan atas nilai *eigen* AHP yaitu 0,1861; 0,1643; 0,1156; 0,2367; 0,2200 dan 0,0772 telah memiliki nilai penjumlahan sama dengan 1, artinya dari segi pembobotan telah sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan. Alternatif kecamatan terpilih berdasarkan metode SAW setelah dinormalisasi dapat dilihat pada Tabel 9.

Data normalisasi dipangkatkan dengan bobot preferensi yang dihitung menggunakan metode AHP. Tujuan dari pemangkatan adalah menormalkan bobot preferensi sehingga mendapatkan nilai 1 sesuai dengan persamaan 5 dan 6. Pemangkatan data normalisasi dengan data bobot preferensi dilihat dari dua aspek dalam konsep metode WP, dimana pemangkat (bobot) bernilai positif untuk atribut keuntungan dan pemangkat (bobot) bernilai negatif jika atribut biaya. Dengan

demikian kriteria JD, JP, LSP, HPP dan PKS bernilai positif yaitu 0,1861; 0,1643; 0,2367; 0,2200 dan 0,0772 sedangkan kriteria KP memiliki nilai negatif yaitu -0,1156 untuk nilai pemangkatnya.

Hasil akhir yang diperoleh dari metode WP untuk *ranking* 1 – 5 adalah Bagan Sinembah, Tapung, Kandis, Pinggir dan Tambusai Utara masing-masing dengan nilai akhir 0,8090; 0,6801; 0,6404; 0,5861 dan 0,5691, sedangkan dalam bentuk persentase hasil akhir dari metode ini disajikan pada Gambar 2.

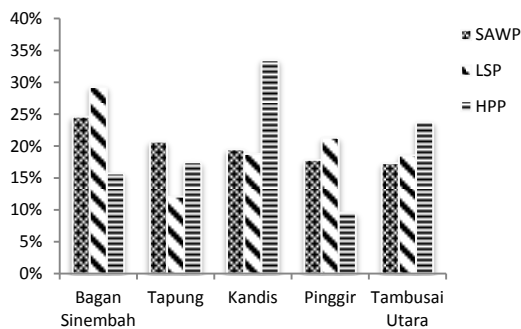
Gambar 2. Persentase hasil metode *cluster* SAWP *ranking* 1 - 5

Hasil yang diperoleh dari metode ini membuktikan bahwa perhitungan sesuai dengan yang diharapkan oleh pengambil kebijakan. Enam kriteria yang dijadikan acuan dalam penilaian penetapan wilayah pengembangan energi terbarukan terbukti menjadi prioritas sesuai dengan prediksi Dinas Perkebunan bahwa Kabupaten Rokan Hilir, Rokan Hulu, Kampar dan Bengkalis merupakan kabupaten yang berpeluang untuk dikembangkan energi alternatif berbahan baku kelapa sawit (Disbun, 2013).

Tabel 9. Hasil penggabungan keputusan metode SAW berdasarkan dari masing-masing *Cluster*

No	Kecamatan	JD	JP	KP	LSP	HPP	PKS
1	Kandis	0,2431	0,2170	0,1269	0,6350	1,0000	0,4444
2	Tambusai Utara	0,2652	0,2451	0,3097	0,6271	0,7072	0,6389
3	Pinggir	0,3536	0,3072	0,0922	0,7236	0,2821	0,4167
4	Pangkalan Kuras	0,5083	0,1581	0,1108	0,6559	0,3019	0,5833
5	Dayun	0,2265	0,0868	0,3007	0,2795	0,7623	0,2222
6	Kerinci Kanan	0,2541	0,0645	0,4740	0,3396	0,9964	0,3611
7	Tualang	0,1768	0,4090	1,0000	0,2866	0,7450	0,2222
...
49	Kuantan Tengah	0,6188	0,1857	0,5706	0,0708	0,0874	0,0000

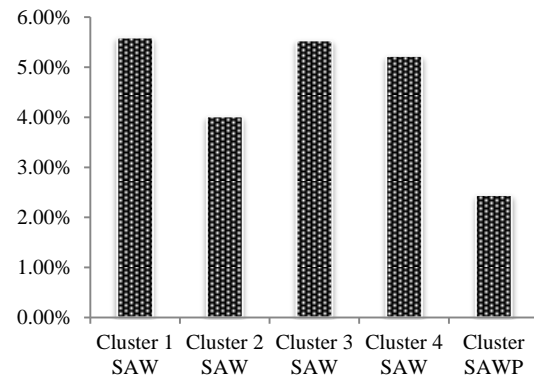
Untuk perbandingan antara hasil keputusan *cluster* SAWP dengan kriteria utama LSP dan HPP dalam penentuan keputusan terkait pengembangan energi terbarukan dapat dilihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3 tersebut dapat dilihat bahwa kriteria utama LSP dan HPP tidak mempengaruhi hasil keputusan secara mutlak dikarenakan faktor penentu lainnya juga memiliki andil yang sangat besar dalam keputusan ini seperti halnya penduduk, wilayah dan pabrik. Wilayah dengan penghasil produksi terendah kedua dapat menempati *ranking* pertama dalam keputusan ini begitu juga sebaliknya wilayah dengan luas area perkebunan tertinggi kedua hanya memperoleh peringkat keempat demikian juga untuk pola data yang lain. Dengan demikian jelas bahwa dalam upaya pengembangan energi terbarukan yang bersumber dari limbah kelapa sawit tidak hanya sekedar memperhitungkan nilai produksi dan luas areal perkebunan, akan tetapi juga harus mempertimbangkan kriteria yang lain.



Gambar 3. Grafik perbandingan hasil keputusan menggunakan metode *cluster* SAWP dengan kriteria utama LSP dan HPP

Jika dilihat pada Gambar 4, perbandingan *trend* antara hasil keputusan berdasarkan masing-masing *cluster* metode SAW dengan *cluster* SAWP, metode SAWP memiliki persentase perbedaan *trend* data yang lebih kecil dibandingkan dengan data hasil keputusan setiap kelompoknya. Hal ini menunjukkan bahwa pengambilan keputusan menggunakan *cluster* SAWP dengan membandingkan kriteria utama LSP dan HPP memiliki nilai kedekatan yang sangat

rendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa *trend* data pada *cluster* SAWP lebih baik dibandingkan dengan *trend* data pada masing-masing *cluster*. Selanjutnya *trend* pada *cluster* SAWP dapat menjawab bahwa ranking 5 besar pada setiap *cluster* mendekati *trend* terbaik dengan persentase rata-rata 5,59%, 4,02%; 5,54%; dan 5,23% terhadap 2,45% atau untuk setiap *cluster* hanya memiliki perbedaan persentase kurang dari 3,50%.



Gambar 4. *Trend* perbandingan 5 *ranking* pertama hasil keputusan setiap *cluster* dengan hasil keputusan *cluster* SAWP jika dibandingkan dengan kriteria utama LSP dan HPP

Berdasarkan pembagian komposisi limbah kelapa sawit yang dilakukan oleh Partogi serta berdasarkan penelitian Abdullah dan Sulaiman untuk konversi 5 alternatif terpilih memiliki potensi sumber baku energi terbarukan yang ditunjukkan pada Tabel 10.

Keseluruhan limbah dapat menghasilkan 10 juta MWh energi listrik, sedangkan pada tahun 2012 kapasitas energi yang dipakai oleh masyarakat untuk 4 cabang Pekanbaru, Dumai, Tanjung Pinang dan Rengat adalah 3,25 juta MWh. Analisis sederhana dari 3,25 juta MWh tersebut PLN mampu mengaliri 44% wilayah di Provinsi Riau. Jika kedua sumber energi tersebut digabungkan maka mampu mengaliri 135% wilayah Riau.

Tabel 10. Komposisi limbah kelapa sawit sebagai bahan baku energi terbarukan di 5 alternatif terpilih

Alternatif	Produksi (Ton)	Canggang (6%)	Serat (15%)	TBK (23%)	Jumlah (44%)	%
Bagan Sinembah	259.552	15.573	38.933	59.697	114.203	19%
Tapung	288.825	17.329	43.324	66.430	127.083	21%
Kandis	98.629	5.918	14.794	22.685	43.397	7%
Pinggir	146.850	8.811	22.027	33.775	64.614	11%
Tambusai Utara	395.498	23.730	59.325	90.964	174.019	29%

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pengambilan keputusan yang dilakukan berdasarkan kelompok-kelompok lebih efisien karena dapat menelusuri kemungkinan alternatif yang tidak terpilih menjadi alternatif prioritas untuk menyimpulkan hasil keputusan. Pada *clustering K-Means* berbeda nilai *random* mempengaruhi *cluster* yang dihasilkan. Pembobotan menggunakan nilai *eigen* metode AHP memiliki kemungkinan kecil perubahan disetiap hasil keputusan metode SAW dibandingkan dengan pemberian bobot preferensi secara langsung oleh pengambil keputusan. Selanjutnya metode WP mampu memberikan hasil maksimal untuk setiap keputusan dengan menormalkan total nilai bobot sama dengan 1. Alternatif terpilih yaitu Bagan Sinembah sebesar 0,8090 dengan persentase 25% dari 5 alternatif. Demikian pula dengan kriteria utama LSP dan HPP bukan sebagai kriteria mutlak dan dominan yang dapat mempengaruhi hasil keputusan final baik menggunakan SAW maupun WP. Beberapa hasil membuktikan bahwa kriteria HPP terbesar menepati urutan ketiga hasil keputusan, demikian juga dengan LSP terkecil tetapi menempati *ranking* kedua dari hasil metode. Hubungan antara hasil keputusan dengan kriteria utama LSP dan HPP memiliki *trend* data terbaik dengan nilai kedekatan 2,45% pada *cluster* SAWP dibandingkan dengan *trend* data pada masing-masing *cluster*. Potensi energi yang dihasilkan dari produksi kelapa sawit keseluruhan dengan menghitung limbah cangkang, serat dan tandan buah kosong menghasilkan 135% energi listrik yang dapat mengaliri wilayah Riau.

Saran

Berdasarkan hasil analisis dan kesimpulan pada penelitian ini penulis memberikan saran kepada pembaca untuk penelitian lanjutan, diantaranya adalah untuk melakukan pengelompokan jika menggunakan *K-Means Clustering* perlu menggunakan data yang lebih besar, hal tersebut akan memberikan variasi dan akurasi yang lebih baik lagi. Kemudian pada penentuan alternatif kepentingan pada metode SAW perlu menerapkan *logika fuzzy* untuk menetapkan tingkat kepentingan kurang penting, cukup penting, penting dan sangat penting.

DAFTAR PUSTAKA

- Afshari A, Mojahed M, dan Yusuff RM. 2010. Simple additive weighting approach to personnel selection problem. *Int J Innov Mgmt Technol*. 1(5): 511-515.
- Agusta Y. 2007. K-Means penerapan, permasalahan dan metode terkait. *J Sistem dan Informatika*. 3(1):47-60.
- Badri S. 2008. Proses keputusan dengan metode ahp (aplikasi model untuk mengembangkan klaster agroindustri kelapa sawit). *Seminar Nasional Teknologi Informasi 2008*. 3(2):12-22.
- [BPS] Badan Pusat Statistik Provinsi Riau. 2013. Riau dalam Angka 2006-2013 dan Kabupaten dalam Angka 2006-2013.
- Celebi dan Emre M. 2012. Deterministic initialization of the K-Means algorithm using hierarchical clustering. *Int J Pattern Recognition Artificial Intel*. 26(7): 55-61.
- [Disbun] Dinas Perkebunan Provinsi Riau. 2013. Perkembangan luas perkebunan dan produksi kelapa sawit Provinsi Riau.
- Elinur. 2011. Analisis konsumsi dan penyediaan energi dalam perekonomian Indonesia. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Jain YK dan Bhandare SK. 2011. Min max normalization based data perturbation method for privacy protection. *Int J Comp Communication Technol*. 2(8): 45-50.
- Jarial SK dan Garg RK. 2012. Ranking of vendors based on criteria by MCDM-matrix method-a case study for commercial vehicles in an industry. *Int J Latest Res Sci Technol*. 1(4):337-341.
- Kusdiana D. 2008. Kondisi riil kebutuhan energi di Indonesia dan sumber-sumber energi alternatif terbarukan. *Direktorat Jendral Listrik dan Pemanfaatan Energi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral*.
- Kumar DS, Radhika S, dan Suman KNS. 2013. MADM methods for finding the right personnel in academic institutions. *Int J u-and e- Service, Sci Technol*. 6(5): 133-144.
- Kusumadewi S, Hartati S, Harjoko A, Wardoyo R. 2006. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Jogjakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi S dan Hartati S. 2011. Sensitivity analysis of multi-attribute decision making methods in clinical group decision support system. *International Conference Informatics Department, Indonesia Islamic University Yogyakarta, Indonesia*.
- Kusuma IP. 2011. Studi pemanfaatan biomassa limbah kelapa sawit sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap di Kalimantan Selatan (Studi Kasus Kabupaten Tanah Laut). *Proceeding Seminar Nasional Teknologi Industri*.
- Mahajoeno E. 2008. Pengembangan energi terbarukan dari limbah cair pabrik minyak kelapa sawit. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Mariana A. 2005. Rancang bangun sistem penunjang keputusan investasi pada industri biodisel kelapa sawit menggunakan model sistem dinamis. [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Marimin. 2005. *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk*. Jakarta: Grasindo.
- Memariani A, Amini A, dan Alinezhad A. 2009. Sensitivity analysis of simple additive weighting method (SAW): The results of change in the weight of one attribute on final ranking of alternatives. *J Indust Eng*. 4(1):13-18.
- Mustakim. 2012. Pemetaan digital dan pengelompokan lahan hijau di wilayah Provinsi Riau berdasarkan knowledge discovery in databases (KDD) dengan Teknik K-Means mining. *Proceedings Seminar Nasional Teknologi Informasi, Komunikasi dan Industri (SNTIKI) 4*. 78-88. ISSN : 2085-9902.
- Nur SM. 2014. *Karakteristik Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Bioenergi*. Kalimantan: San Design.
- Partogi D, Amin MN, dan Kasim ST. 2013. Analisis biaya produksi listrik per KWh menggunakan bahan bakar biogas limbah cair kelapa sawit (Aplikasi pada PLTBGS PKS Tandun). *Singuda Ensikom*. 3 (1): 17-22.
- Patel VR dan Rupa GM. 2011. Impact of outlier removal and normalization approach in modified k-means clustering algorithm. *Int J Comp Sci Issues*. 8(5): 111-121.
- Pudyantoro AR. 2012. Dampak kebijakan fiskal dan sektor hulu migas terhadap perekonomian Provinsi Riau. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Saaty TL. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *Int J Services Sci*.1(1): 83-98.
- Salman R dan Kecman V. 2011. Fast K-Means algorithm clustering. *Int J Comp Networks & Communications*. 3(4): 76-85.