



Penyediaan Energi Listrik pada Remote Area Observatorium Astronomi ITERA Lampung

Rishal Asri^{1,*}, Koko Friansa¹, and Setiadi Wira Buana¹

¹Energy System Engineering, Institut Teknologi Sumatera

Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL) merupakan salah satu observatorium terbesar di Asia Tenggara yang dibangun di Provinsi Lampung. Lokasi pembangunan OAIL berada pada daerah remote area yang sulit terjangkau. Remote area tersebut memerlukan penyediaan energi listrik yang dapat memberikan jaminan keberlanjutan kegiatan astronomi. Penyediaan energi listrik melalui PLN tidak terjangkau pada daerah tersebut. Energi terbarukan berupa PV dengan sumber energi matahari dapat menjadi solusi. Energi matahari dapat menghasilkan listrik dan memenuhi kebutuhan dengan berbagai aspek ekonomi teknik dan keandalan. Dari hasil penelitian ini didapatkan bauran energi terbarukan untuk penyediaan energi adalah 10%.

Keywords: OAIL, Listrik, Astronomi, PV, dan Matahari.

1. LATAR BELAKANG

Observatorium Lampung ini adalah observatorium terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara [1]. Karena observatorium yang sudah ada saat ini yaitu Boscha Bandung sudah terbilang kecil dan memiliki banyak masalah seperti polusi cahaya yang dihasilkan dari pemukiman kota yang setiap tahun semakin meningkat sehingga untuk melihat bintang menggunakan teropong bintang pada observatorium Boscha mulai terganggu dan data yang dihasilkan kurang valid. Ide untuk observatorium yang baru ini berada di provinsi Lampung lebih tepatnya berada pada taman wan Abdul Rahman. Energi terbarukan menjadi salah satu solusi terbaik untuk mengatasi permasalahan ketergantungan pada energi fosil. Dari lokasi yang digunakan pada pembangunan observatorium yang masih bergantung pada bahan bakar fosil untuk menyalakan generator listrik. Sedangkan lokasi untuk suplai bahan bakar tersebut sangat sulit untuk dijangkau sehingga pada saat pengoperasian generator listrik hanya maksimal 6 sampai 7 jam. Energi matahari merupakan solusi yang dapat mengatasi hal tersebut. Kondisi observatorium yang sudah dibersihkan dari pohon-pohon yang menimbulkan bayangan dan pem-

*Email Address: rishal.asri@tse.itera.ac.id

bebasan lahan dapat digunakan untuk membuat pembangkit listrik tenaga surya secara hibrid dengan generator diesel. Penggunaan sel surya dalam bentuk *Photo-Voltage* (PV) sebagai perangkat yang mengubah energi matahari dari cahaya menjadi listrik dapat dimanfaatkan secara langsung pada pengoperasian di pagi hingga siang hari pada jam operasional kerja. Sedangkan apa bila terjadi kelebihan energi yang dihasilkan oleh PV dapat disimpan di dalam baterai sebagai penyimpan cadangan untuk digunakan malam hari. Sedangkan penggunaan generator diesel difungsikan untuk keadaan darurat jika energi telah habis atau sebagai suplai tambahan pada operasional jam kerja maupun di malam hari. Energi terbarukan merupakan sumber energi yang dapat diakses pada daerah yang terpencil seperti pada lokasi pembangunan OAIL. Selain itu energi terbarukan tidak dapat diandalkan sepanjang waktu untuk menghasilkan energi sehingga membutuhkan energi tambahan sendiri seperti generator diesel. Energi terbarukan yang dapat digunakan selain matahari yaitu angin, air, dan biomassa. Pada kondisi pembangunan OAIL saat ini yang dapat dioptimalkan hanyalah energi matahari. Studi potensi sebelumnya pada angin sangat kecil sehingga tidak layak untuk menghasilkan karena kondisi kecepatan angin yang sangat rendah. Sedangkan

untuk air dengan menggunakan tinggi potensi untuk menghasilkan energi kinetik dari wilayah OAL sangatlah jauh dan membutuhkan biaya yang sangat tinggi dengan kondisi saat ini. Begitu pun dengan biomassa biaya investasi yang sangat tinggi untuk peralatan dan sumber bahan bakar yang tidak dapat diproduksi secara massal pada lokasi tersebut. Dari sumber energi terbarukan tersebut matahari yang paling mungkin dari segi teknis, kehandalan, dan ekonomis. Pada penelitian ini menggunakan dua skenario yaitu menggunakan jaringan listrik PLN dan tanpa jaringan listrik PLN. Pada saat ini pembangunan observatorium memiliki karakteristik lokasi pembangunan yang sama dengan pembangunan menara jaringan telekomunikasi yaitu berada pada daerah yang sulit terjangkau oleh aliran listrik yang berada pada bukit yang tinggi atau dataran tinggi dengan lokasi jauh seperti yang ada pada penelitian [2]. Pada penelitian tersebut menghitung tingkat kelayakan ekonomi yang dapat diterapkan pada daerah yang sulit dijangkau jaringan listrik. Penggunaan energi hibrida selain untuk penggunaan perangkat dengan akses energi listrik terbatas dapat juga digunakan pada fasilitas rumah sakit [3]. Pada penelitian di negara Kenya [4] digunakan untuk desa yang tidak mendapatkan akses listrik. Penggunaan energi terbarukan juga digunakan pada saat pembangunan proyek perminyakan seperti pada penelitian [5].

Kondisi daerah yang akan digunakan sebagai lahan observatorium adalah sebesar 30 Ha dengan lokasi yang terletak pada daerah pegunungan dengan akses jalan yang belum diperkeras atau hanya tersusun dari tanah liat sehingga untuk mobilisasi pembangunan area terdapat kendala seperti pengangkutan alat berat dan material. Pada gambar 1 ditunjukkan lokasi pembangunan observatorium ITERA Lampung.



Gambar 1. Lokasi Observatorium ITERA Lampung

Pada penelitian ini lokasi dan luar area telah dapat dipetakan melalui pencitraan satelit dan pengukuran langsung pada lokasi dengan menggunakan teknik geomatika serta memetakan kontur pada wilayah tersebut. Pada lokasi tersebut yang dibutuhkan adalah data potensi curah hujan, intensitas matahari, dan kecepatan angin.

Sedangkan untuk kebutuhan energi gedung yang akan dibangun atau pun sumber energi yang nanti digunakan pada saat pembangunan oleh kontraktor yaitu suplai listrik yang memadai agar dalam pelaksanaannya dapat terselenggara tepat waktu.

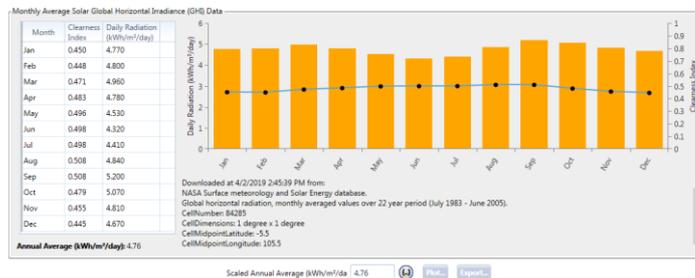
Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan gambaran mengenai sumber daya potensi energi yang dapat digunakan untuk dapat digunakan pada pra dan pasca pembangunan OAIL karena lokasi yang digunakan saat ini tidak termasuk dalam rencana jangka panjang PLN untuk dialiri listrik atau elektrifikasi salah satu sebabnya yaitu adalah akses remote area. Penelitian ini memberikan gambaran mengenai potensi energi terbarukan yang ada pada lokasi dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi pada lokasi tersebut. Penelitian ini menggunakan data pada konstruksi bangunan dan luas bangunan yang akan didirikan pada OAIL. Luas bangunan tersebut digunakan sebagai asumsi untuk menentukan kebutuhan energi secara optimal dengan menghitung beberapa perangkat listrik dan instalasi jaringan pendukung seperti pendingin ruangan, pompa air, dan lain-lain. Pada tabel 1 ditunjukkan data yang digunakan sebagai estimasi untuk menentukan kebutuhan energi.

Tabel 1 Luasan Area pada Pembangunan OAIL

FID	NAME	PERIMETER	ENCLOSED A
0	Gerbang	17.896 m	0.00002 sq km
1	Pos Keamanan Bawah Gedung	17.896 m	0.00002 sq km
2	Administrasi Perpustakaan	131.87 m	0.001086 sq km
3	Umum Toilet dan Kamar	56.591 m	0.0002 sq km
4	Mandi Umum Masjid di Area	30.996 m	0.00006 sq km
5	Bawah Ruang Kesehatan dan P3K	80.032 m	0.0004 sq km
6	Gedung IAO Center	220.54 m	0.002742 sq km
7	Gedung Instrumen Observatorium	106.02 m	0.000702 sq km
8	Rumah Kepala Observatorium	154.98 m	0.0015 sq km
9	Rumah Peneliti Observatorium	26.843 m	0.000045 sq km
10	Mess Satpam	92.988 m	0.00054 sq km
11	Mess Pegawai	37.962 m	0.00009 sq km
12	Asrama Laki Laki	53.687 m	0.00018 sq km
13	Asrama Perempuan Toilet dan Kamar	65.753 m	0.00027 sq km
14	Mandi Umum	30.996 m	0.00006 sq km
15	Pos Keamanan Atas	17.895 m	0.00002 sq km
16	Gardu Pandang Mushola di Area	56.591 m	0.0002 sq km
17	Atas	30.996 m	0.00006 sq km
18	Taman Terbuka	53.687 m	0.00018 sq km
19	Taman Astro Arkeo	53.687 m	0.00018 sq km

Pada tabel 1 menunjukkan beberapa data seperti luas area dan koordinat area. Gedung yang paling besar adalah gedung IAO center penggunaan energinya pun besar

karenan beberapa alat instrumentasi utama seperti teleskop bintang berada pada gedung tersebut. Selain instrumentasi seperti teleskop beberapa instrument seperti computer dengan dengan spesifikasi tinggi untuk komputasi secara *real time* seperti *workstation* dan jaringan komputer. Kebutuhan total energi perhari adalah 2089,74 kWh per hari. Pada penyediaan energi listrik menggunakan potensi energi matahari dan angin. Potensi energi angin dan matahari tersebut menggunakan forecasting selama 5 tahun untuk lokasi tersebut. Pada gambar 2 menunjukkan potensi energi matahari yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan panel surya yang akan diterapkan pada atap bangunan atau pun pada lokasi dengan tanah lapang langsung.



Gambar 2. Potensi Energi Matahari OAIL

Energi matahari yang dapat dikonversikan kedalam energi listrik adalah sebesar 4,76 kWh per meter per hari. Potensi energi matahari tersebut secara global dapat digunakan menggunakan PV flat langsung baik tipe mono atau poly yang ada pada panel PV. Sedangkan untuk potensi energi angin diukur menggunakan data global. Penggunaan energi angin ini diukur dengan batasan penggunaan turbin angin minimal ketinggian adalah 10 meter. Penggunaan turbin angin diterapkan karena lokasi pembangunan yang berada pada daerah pengunungan. Energi angin ini juga menjadi subsidi silang dengan panel surya untuk memenuhi kebutuhan listrik yang ada pada OAIL. Selain itu turbin angin dan panel surya tidak menghasilkan polusi yang mengancam lingkungan. Pada gambar 3 ditunjukkan potensi energi angin OAIL.

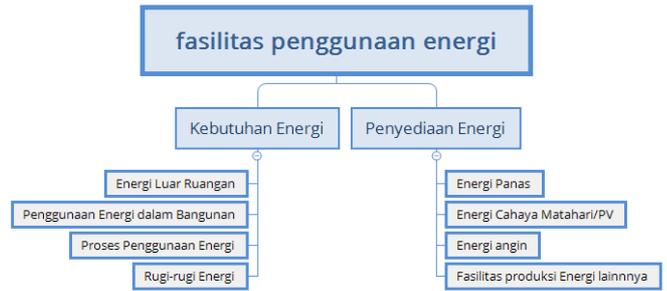


Gambar 3. Potensi Energi Angin

2. METODE

Desain penggunaan dan penyediaan energi terdapat pada gambar 3 dengan mengukur setiap intensitas energi dari setiap ruangan. Pada gambar 3 menunjukkan setiap langkah pengukuran dan pembagian dari kebutuhan

energi di Observatorium Astronomi ITERA Lampung (OAIL).



Gambar 4. Detail metode penelitian

Pada gambar 4 dijelaskan pembagian kebutuhan energi dan penyediaan energi yang dilaksanakan. Kebutuhan energi diukur berdasarkan beberapa spesifikasi ruangan dan gedung. Sedangkan untuk penyediaan energi diukur berdasarkan potensi alam yang ada pada bangunan. Konsumsi energi pada bangunan biasanya berasal dari proses pemanasan, pendingin ruangan, pencahayaan, beban terpasang, penggerak objek, dan seluruh kebutuhan energi lainnya terkecuali proses pada penggunaan energi itu sendiri dan rugi rugi energi yang hilang. Kebutuhan energi dikonversikan kedalam beberapa satuan seperti kWh, Btu, atau pun Joule.

$$\text{Intensitas Penggunaan Energi (kW/m}^2\text{)} = \frac{\text{Kebutuhan Listrik gedung / Fungsi Area}}{\dots\dots\dots(1)}$$

$$\text{Penggunaan Energi Cahaya (kWh)} = \frac{\text{Jumlah Lampu yang Terpasang} + \text{Jumlah Lampu yang digunakan}}{\dots\dots\dots(2)}$$

Langkah yang digunakan terlebih dahulu setelah memformulasikan penggunaan dan penyediaan energi. Seluruh kebutuhan energi diukur dengan mendetailkan setiap perangkat dan luasan area atau ruangan yang digunakan baik dalam ruangan mau pun luar ruangan. Penggunaan perangkat energi seperti lampu atau pun lainnya memiliki faktor toleransi sebesar 5%. Setelah itu detail penggunaan energi berdasarkan data yang tertera pada alat seperti lampu berapa jumlah output daya yang dihasilkan dan periode penggunaan alat. Setelah data perangkat didata seluruhnya, luas area diukur dengan menghitung berdasarkan denah atau asumsi jumlah penghuni atau yang akan mendiami ruangan tersebut karena berkaitan dengan kebutuhan energi dari setiap ruangan. Contoh penggunaan energi pada ruangan kerja dan ruang tunggu berbeda kebutuhan energi karena populasi pada setiap ruangan misalnya pendingin ruangan yang selalu menyala, jumlah perangkat elektronik yang menyala, dan lain-lain. Energi matahari diukur menggunakan photon flux yang dimana setiap jumlah photon per detik yang ada menggunakan data sekunder satelit atau stasiun cuaca terdekat [6] .

$$E_{Out} = A_e E_e G \dots\dots\dots(3)$$

Dimana

E_{Out} = Produksi energi listrik (kWh)

A_e = total area yang di ukur dalam luasan (m^2)

E_e = Konversi efisiensi energi yang dihasilkan dari matahari ke PV

G = Total radiasi energi (Wh/m^2)

Energi angin diukur dengan menggunakan sumber data satelit yang sama dengan pengukuran matahari. Data yang digunakan disesuaikan dengan elevasi ketinggian dari dasar 10 meter dan ketinggian laut adalah 800 m [7].

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3 \dots\dots\dots(4)$$

Dimana,

P = Total daya listrik yang dihasilkan dari turbin angin (Watt)

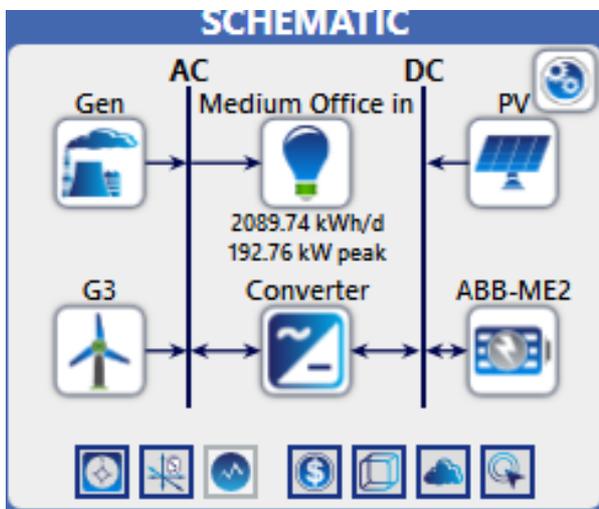
ρ = massa jenis dengan perubahan elevasi dan temperature suhu (kg/m^3)

A = Radius efek dari angin (m^2)

v^3 = Perubahan kecepatan angin dalam area ruang (m^3)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil simulasi sistem yang digunakan dengan estimasi perangkat yang sesuai dengan area pemasangan PV dan turbin angin serta sumber energi potensial lainnya. Maka terdapat dua perbandingan dan scenario untuk mendapat energi listrik pada area OAIL. Scenario pertama yaitu menggunakan sumber energi bahan bakar fosil untuk memenuhi energi tetapi sebagai sumber tunggal. Sedangkan scenario kedua yaitu menggunakan energi matahari, angin, dan generator secara *hybrid* untuk memenuhi energi pada area OAIL. Pada gambar 5 ditunjukkan desain dari sistem energi OAIL sebagai pemenuhan energy.



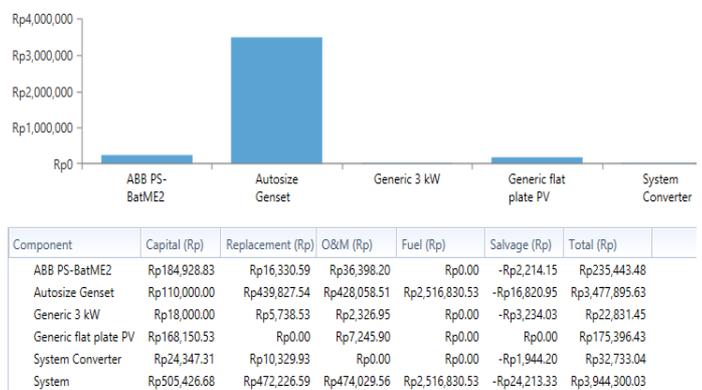
Gambar 5. Desain sistem energi OAIL

Pada simulasi pertama menggunakan generator diesel sebagai sumber utama dari seluruh sistem tanpa menggunakan sumber energi terbarukan didapatkan beberapa hasil salah satunya yaitu nilai investasi yang lebih tinggi karena dengan menggunakan sumber energi tersebut otomatis tergantung dengan sumber bahan baku yang sulit untuk dijangkau dan harus disuplai setiap sekali sebulan. Selain itu dengan menggunakan generator dapat menghasilkan polusi suara yang dapat menyebabkan gangguan pada alat instrumentasi OAIL.



Gambar 6. Nilai ekonomi sistem generator OAIL

Dari sistem generator ini didapatkan nilai proyek selama masa berjalannya peralatan adalah Rp 4.826.532.000. Dari hasil sistem ini energi listrik yang didapatkan adalah 859 kWh per tahun dengan kelebihan energi pertahun adalah 76 kWh per tahun. Sedangkan untuk sistem energi dengan menggunakan energi terbarukan seperti angin dan matahari. Pada gambar 7 ditunjukkan hasil simulasi dari energi hybrid angin, matahari, dan generator



Gambar 7. Nilai ekonomi dari sistem hybrid OAIL

Dari sistem tersebut didapatkan nilai proyek selama berjalan adalah Rp 3.944.300.000 dengan prosentase energi yang dihasilkan adalah dari generator sebesar 90% dan PV sebesar 10% sedangkan energi dari turbin angin tidak ada. Kelebihan energi yang dihasilkan pertahun adalah 241 kWh per tahun. Total dari simulasi dari setiap perbandingan sistem pada gambar 8.

Architecture					Cost				System		
PV (kW)	Gen (kW)	ABB-ME2	Converter (kW)	Dispatch	NFC (Rp)	CCE (Rp)	Operating cost (Rp/yr)	Initial capital (Rp)	Ren Frac (%)	Total Fuel (L/yr)	
56.3	220	1,188	77.5	CC	Rp3,93M	Rp0,399	Rp366,400	Rp487,100	7.19	194,852	
56.1	1	220	1,188	81.2	CC	Rp3,94M	Rp0,400	Rp366,012	Rp505,427	7.14	194,688
	220	198	19.9	LF	Rp4,82M	Rp0,489	Rp361,574	Rp146,803	0	242,033	
	220			CC	Rp4,83M	Rp0,489	Rp364,844	Rp110,000	0	246,114	
0.521	220		1.51	CC	Rp4,83M	Rp0,490	Rp364,728	Rp112,016	0	245,980	
	1	220		CC	Rp4,83M	Rp0,492	Rp365,164	Rp128,000	0	246,059	

Gambar 8. perbandingan dari sistem energi secara total

Dari hasil simulasi dengan berbagai macam analisa dari output energi dan kelayakan ekonomi. Penggunaan energi hibrid memberikan nilai luaran energi yang lebih optimal dibandingkan dengan luaran energi tunggal seperti generator diesel maupun energi hibrid seperti angin dan energi lainnya. Faktor sensitivitas memberikan tolak ukur utama dalam penentuan model optimal. Standar yang sering digunakan adalah nilai jangka panjang dengan biaya ekonomi yang efisiensi yang terdapat pada model PV dan generator diesel pada gambar 8.

4. KESIMPULAN

Pada hasil perbandingan dua scenario generator diesel dan energi hybrid yang paling handal dan secara ekonomi lebih optimal untuk diterapkan adalah energi hybrid. Dari hasil simulasi ini dalam pembangunan OAIL perlu diperhatikan mengenai ketersediaan energi listrik baik dari sumber energi terbarukan maupun non terbarukan karena saat ini kondisi tersebut sangat besar mempengaruhi operasional OAIL. Selain itu penggunaan energi terbarukan setiap tahunnya semakin meningkat dengan penurunan nilai teknologi sehingga lebih mudah. Penyediaan energi listrik menggunakan matahari melalui solar PV belum sampai pada nilai 50% salah satunya adalah lokasi yang masih belum dapat diperdetail mengenai setiap area yang dapat diletakkan PV nanti dan kondisi cuaca serta area hutan dan pepohonan yang masih banyak. Kebutuhan energi listrik OAIL per tahun adalah 762.755 kWh pertahun sedangkan untuk sistem yang dipilih dengan menggunakan sistem hybrid dapat mensuplai sebesar 786.440 kWh. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan gedung OAIL sudah dapat berdiri dan berfungsi secara optimal.

Ucapan Terima Kasih: kepada UPT OAIL dan UPT MKG ITERA dalam pelaksanaan penelitian ini dalam bentuk support data pelengkap. Terima kasih kepada hibah mandiri ITERA dB/257/IT9.C1.1/PT.01.00/2019 sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Referensi

1. Antara, "Observatorium di Lampung akan Menjadi Terbesar di Asia Tenggara - Travel Tempo.co." [Online]. Available: <https://travel.tempo.co/read/1101078/observatorium-di-lampung-akan-menjadi-terbesar-di-asia-tenggara/full&view=ok>. [Accessed: 15-Mar-2019].
2. B. K. Das, N. Hoque, S. Mandal, T. K. Pal, and M. A. Raihan, "A techno-economic feasibility of a stand-alone hybrid power generation for remote area application in Bangladesh," *Energy*, vol. 134, pp. 775–788, Sep. 2017.
3. L. Olatomiwa, R. Blanchard, S. Mekhilef, and D. Akinyele, "Hybrid renewable energy supply for rural healthcare facilities: An approach to quality healthcare delivery," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 30, pp. 121–138, Dec. 2018.
4. J. M. Hansen and G. A. Xydis, "Rural electrification in Kenya: a useful case for remote areas in sub-Saharan Africa," *Energy Efficiency*, Dec. 2018.
5. M. Ansong, L. D. Mensah, and M. S. Adaramola, "Techno-economic analysis of a hybrid system to power a mine in an off-grid area in Ghana," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 23, pp. 48–56, Oct. 2017.
6. Christiana Honsberg and Stuart Bowden, "Solar Cell Parameters | PV Education," *PV Education*. [Online]. Available: <https://www.pveducation.org/pvc/drom/solar-cell-operation/solar-cell-parameters>. [Accessed: 06-May-2019].
7. "Wind power calculator," *Wind & wet*. [Online]. Available: http://www.windandwet.com/windturbine/power_calc/. [Accessed: 06-May-2019].

Received: 07 Apr 2019, Accepted: 14 May 2019