Hak cipta dilindungi Undang-Undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

PROSIDING

SINTA

SEMINAR NASIONAL ILMU TEKNIK DAN APLIKASI INDUSTRI 2020

"Peranan Teknologi Dalam Mendukung Keberlangsungan Riset Selama Masa Pandemic COVID 19"

Penyunting:
Prof. Mohammad Badaruddin, Ph.D (ketua)
Irza Sukmana, S.T.., M.T., Ph.D
Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.
Dr. Lilis Hermida, S.T., M.T.
Dr. F.X. Arinto, S.T., M.T.
Dr. Ir. Yanuar Burhanudin, M.T.
Dr. Shirley Savetlana, S.T., M.Sc.
Dr. Nandi Haeruddin, S.T., M.T.
Muhammad Hanif, S.T., M.T.

ISSN 2655-2914

Diterbitkan Oleh:
Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng Bandar Lampung (35145)
Telp. (0721)704947

Prosiding Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA) 2020

"Peranan Teknologi dalam Mendukung Keberlangsungan Riset Selama Masa Pandemi COVID-19"

Penyunting:
Prof. Mohammad Badaruddin, PhD (ketua)
Irza Sukmana, S.T.., M.T., PhD
Dr. Joni Agustian, S.T., M.Sc.
Dr. Lilis Hermida, S.T., M.T.
Dr. F.X. Arinto, S.T., M.T.
Dr. Ir. Yanuar Burhanudin, M.T.
Dr. Shirley Savetlana, S.T., M.Sc.
Dr. Nandi Haeruddin, S.T., M.T.
Muhammad Hanif, S.T., M.T.

ISSN 2655-2914

Design Layout:
Fikri Muhammad

Diterbitkan Oleh:
Fakultas Teknik Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Gedong Meneng Bandar Lampung (35145)
Telp. (0721)704947

Hak cipta dilindungi Undang-Undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit.

KATA PENGANTAR

Sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas riset di perguruan tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dan Kementrian Riset dan Teknologi dan Badan Riset Nasional secara berkelanjutan mendorong para ilmuan untuk melakukan terobosan dalam riset dan pengembangan yang mendukung Revolusi Industri 4.0.

Sejak awal Maret 2020, Indonesia dinyatakan sebagai salah satu Negara yang terdampak bencana nasional pandemi Corona Virus Disease 2019 (Covid19). Kondisi pandemi ini menjadi tantangan keberlangsungan kegiatan riset, dan hanya perguruan tinggi serta lembaga riset yang mempunyai fasilitas laboratorium canggih dan memadai mampu melakukannya. Guna memfasilitasi luaran riset tersebut, Fakultas Teknik Universitas Lampung menyelenggarakan Seminar Nasional tahunan bertajuk Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA), dan pada tahun ini, SINTA 2020 dilaksanakan secara daring.

SINTA 2020 adalah seminar nasional tahunan ke-3 yang diselenggarakan oleh Fakultas Teknik Universitas Lampung dengan mengusung tema "PERANAN TEKNOLOGI DALAM MENDUKUNG KEBERLANGSUNGAN RISET SELAMA MASA PANDEMI COVID-19". SINTA 2020 menghadirkan Prof. Muh. Nur dari Universitas Diponogoro dan Prof. Suharso dari Universitas Lampung sebagai Keynote Speaker. Turut hadir PT Tamara Overseas Corporindo dan PT Dynatech Internasional yang telah mendukung berjalannya kegiatan ini.

SINTA 2020 dibuka secara resmi oleh Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung pada Rabu, 14 Oktober 2020 yang berpusat di Aula Fakultas Teknik. Sebanyak 50 topik telah masuk ke dalam sistem *easy chair* baik berupa abstrak maupun manuskrip, dan lebih dari 55% berasal dari perguruan tinggi diluar Universitas Lampung dan lembaga riset.

Dalam penyelenggaraan SINTA 2020 ini ada beberapa poin yang menjadi perhatian kami secara substansi yaitu perbaikan format artikel (selingkung) yang diterbitkan dalam bentuk prosiding, proses *peer review* sebelum artikel dinyatakan layak diterima, pemeriksaan *similarity* yang tidak lebih dari 25% dan kelengkapan unsur dalam artikel (gambar dan tabel) serta kesalahan pengetikan.

Bandar Lampung, 5 Mei 2021
Penyunting,

Prof. Moh. Badaruddin

DAFTAR ISI

Identifikasi kelas emosi majemuk pada kalimat majemuk Bahasa Indonesia menggunakan model multinomial *Naïve Bayes*
Aripin, W Agastya dan H Haryanto *098(1-7)*

Evaluasi problem pemboran berdasarkan analisa *geopressure* sumur "AIG-1" untuk perencanaan *offset wells*
A I G Capah, R A M Putra, C Julianto *099(1-7)*

Rekonstruksi penampang zona rawan longsor di daerah Pidada, Bandar Lampung, menggunakan metode tomografi seismik refraksi
I Dani, R Z Sinambela, I B S Yogi *100(1-6)*

Analisis *heat loss* dan pemetaan sebaran suhu permukaan manifestasi di lapangan panas bumi Way Ratai
Karyanto, M Sarkowi, A Hidayatika, F Ukhti, N Haerudin, I G B Darmawan *101(1-7)*

Masalah *infusion* resin pada *sandwich composite honeycomb structure* menggunakan metode vari
K I Jaya, N L Muzayadah, T S Nurtiasto, R Fitriansyah, M F Ramadhan *102(1-6)*

Rancang bangun mesin cuci tangan otomatis cutato-Unhan berbasis karakteristik anthropometri
L Y W Rukmono, A S Jaya, A Aulia, E I Bhiftime *104(1-6)*

Mitigasi bencana longsor dengan kombinasi metode kontrol dan perkuatan di kabupaten Tanggamus
A Syaha, S Erfani, I Dani *105(1-7)*

Analisis tabrak burung pada *windshield* pesawat komuter 19 penumpang dengan variasi perbedaan massa burung
B A Warsiyanto , A Nurrohmad, R Fitriansyah, S A Sitompul, A B Utama *106(1-6)*

Pengaruh media pendingin yang tersirkulasi pada proses *quenching* terhadap kekerasan dan ketahanan aus pada baja AISI 1045
D E Hartanto, H Supriadi, dan S Savetlana *107(1-4)*

Perhitungan *gas content* berdasarkan formula Kim pada *seam* batubara formasi Muaraenim
R Juniarto, A I G Capah, N K Hisan *108(1-4)*

Analisis pengendalian kualitas produk di ukm roti uci berdasarkan pendekatan *six sigma* dan metode kaizen pada tahap *improve* dalam *six sigma*
D Lutfiah, K Sariza, S Ananda, H Oktaviani *109(1-6)*

Penyisihan kadar amoniak (NH_3) dalam limbah cair karet dengan kombinasi adsorben bentonit dan zeolit secara kontinyu
R Mayasari, E Purba, M Djana *110(1-4)*

Privatisasi ruang publik trotoar: "Koridor jalan di lingkungan kampus Universitas Lampung"
Nandang, D Lisa, D Hardilla, D Jhonnata *111(1-10)*

Kajian dampak lingkungan sistem pengelolaan sampah di kawasan wisata pantai Pariaman menggunakan metode *life cycle assessment*
S Nurunnissa, R Aziz *112(1-5)*

Analisis kebutuhan prosesor, memori dan *bandwith* jaringan untuk kebutuhan kuliah nirruang
M R Rathomi, dan F Chahyadi *113(1-4)*

Konsep awal penerapan alat akselerometer dan LoRa sebagai pendeteksi ketahanan jembatan yang dapat dipantau melalui data center
M F Yassar, Nurwahyudi, Z Meidina, I G B Darmawan *114(1-4)*

Aplikasi respon surface methode box behnken design pada proses las gesek titik metode *refill* AA2024-T3
O Sumardi, I Sukmana, Y Burhanuddin *115(1-4)*

Reduksi suara bising genset menggunakan kotak genset berperedam 3 cm
A Suudi, A Lubis, N Tanti, Ardimansyah *116(1-6)*

Analisis pola perjalanan kereta api studi kasus pengembangan jalur ganda Gedebage-Cicalengka
A M Siregar, I Kustiani, R Widyawati, dan A Purba *117(1-9)*

Persepsi pengunjungterhadap taman Kalpataru Bandar Lampung sebagai taman layak anak
A Sekarini, C Persada, H A Fitra *118(1-8)*

Kajian pola isoterm adsorpsi zat pewarna kristal violet padaadsorben dari karbon cangkang kelapa sawit dengan pelapisan partikel Fe_3O_4
Buhani, F Luziana, Suharso, M Rilyanti , Sumadi, D Permatasari *119(1-6)*

Investigasi kinetika adsorpsi kristal violet dan metilen biru pada hibrida alga Spirulina sp.-silika
Buhani, D Permatasari, Suharso, I Aditya *120(1-5)*

Sistem pakar diagnosis hama dan penyakit pada tanaman lada menggunakan metode backward chaining berbasis android
Y Mulyani , M Komarudin, Heridian, Pariyem *121(1-5)*

Budaya visual perkembangan arsitektur di Kabupaten Lampung Barat
D Lisa, C Persada, F Rusmiati *122(1-7)*

Degradasi kekuatan tarik baja karbon rendah AISI 1018 pada suhu tinggi
A Prasetyo, M Salimar, M Badaruddin *123(1-7)*

Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Alamat Prosiding: sinta.eng.unila.ac.id

Analisis *heat loss* dan pemetaan sebaran suhu permukaan manifestasi di lapangan panas bumi Way Ratai

Karyanto, M Sarkowi, A Hidayatika, F Ukhti, N Haerudin, dan I G B Darmawan*

Jurusan Teknik Geofisika, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:
Diterima 10 Agustus 2020
Direvisi 1 Oktober 2020

Kata kunci:
Heat loss
Manifestasi
Panas bumi
Suhu permukaan
Way Ratai

ABSTRAK

Penelitian *heat loss* dan pemetaan sebaran suhu permukaan manifestasi panas bumi di Way Ratai dilakukan untuk menghitung sumber daya spekulatif. Pemetaan sebaran suhu permukaan manifestasi serta analisis potensi sumber daya spekulatif pada sistem panas bumi Way Ratai dilakukan dengan metode *heat loss*. Pengukuran *heat loss* dilakukan sebanyak 33 titik, menghasilkan suhu manifestasi berada pada rentang 46°C sampai ≥100°C. Hasil perhitungan nilai *heat loss* total di seluruh manifestasi terukur di wilayah panas bumi Way Ratai mencapai 6414 kWe atau setara dengan 6.4 MWe. Hasil ini menunjukkan pola yang cukup berbeda dengan sebaran suhu manifestasi. Suhu manifestasi tinggi didominasi oleh manifestasi Margodadi, Way Asin dan Bambu Kuning, sedangkan nilai *heat loss* total didominasi oleh manifetasi Padok, Kalitiga, Way Hurang dan Cangkuang. Kemungkinan karena area terukur sangat kecil sehingga *heat loss* total rendah, maka diperlukan perbandingan dengan metode lainnya seperti metode volumetrik.

1. Pendahuluan

Lapangan panas bumi Way Ratai merupakan salah satu lokasi potensi energi panas bumi yang terletak di Gunung Ratai, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung (Karyanto et al., 2020). Status pekerjaan yang sampai saat ini dilakukan di Way Ratai masih pada tahap eksplorasi. Salah satu tahapan dalam kegiatan eksplorasi ini adalah menghitung besaran sumber daya potensial yang ada di lapangan panas bumi. Pada tahapan ini, keberadaan dan jenis manifestasi di lapangan panas bumi menjadi penting dan cukup menentukan dalam proses menghitung besarnya *heat loss* alamiah. Namun untuk melakukan analisis *heat loss* diperlukan sebaran data suhu permukaan dan manifestasi di lapangan panas bumi tersebut. Permasalahan ini menjadi salah satu penghambat proses ekplorasi yang berujung pada terhambatnya peningkatan pemanfaatan sumber daya energi baru dan terbarukan khususnya panas bumi di Way Ratai, Pesawaran, Lampung.

Studi panas bumi di Way Ratai menggunakan geolistrik yang berhasil mencitrakan dua sumber manifestasi mata air panas yang saling berhubungan (Karyanto, 2003; Pratama, 2018). Manifestasi di lapangan panas bumi Way Ratai diidentifikasi sebagai bagian dari struktur berarah baratlaut-tenggara melalui mata air panas Bambu Kuning dan Margodadi (Haerudin et al., 2016). Struktur yang diduga sebagai sesar tersebut mempengaruhi hasil pengukuran konduktivitas termal di Way Ratai (Donovan et al., 2018). Hal ini selaras dengan inversi data *Audio Magnetotelluric* (AMT) di Way Ratai yang juga menggambarkan konseptual model panas bumi dengan *cap rock* berada pada kedalaman 100-750 meter, reservoar pada kedalaman 300-1600 meter dan batuan *basement* yang berada pada kedalaman 700-3000 meter (Suryadi et al., 2017). Penelitian tim yang terbaru berupa analisis geokimia dengan geotermometer Na-K menunjukkan bahwa suhu reservoar di lapangan panas bumi Way Ratai berkisar antara 196ºC sampai dengan 218ºC (Dewi, 2018).

Belum adanya penelitian mengenai analisis *heat loss* untuk perhitungan sumber daya energi listrik pada sistem panas bumi Way Ratai menjadi peluang kebaruan pada penelitian ini. Selain itu, penelitian ini juga selaras dengan isu energi baru dan terbarukan yang menjadi salah satu prioritas ketahanan energi nasional selain energi angin, solar dan biofuel 100% (B-100). Penelitian ini bertujuan khusus untuk melakukan pemetaan sebaran suhu permukaan manifestasi serta menganalisis potensi sumber daya spekulatif pada sistem panas bumi Way Ratai dengan metode *heat loss*. Metode ini menggunakan konsep dasar Hukum Kekekalan Massa melalui panas yang keluar dan yang terkandung di dalam reservoar adalah sama. Metode ini berpedoman pada hilangnya energi panas di permukaan oleh

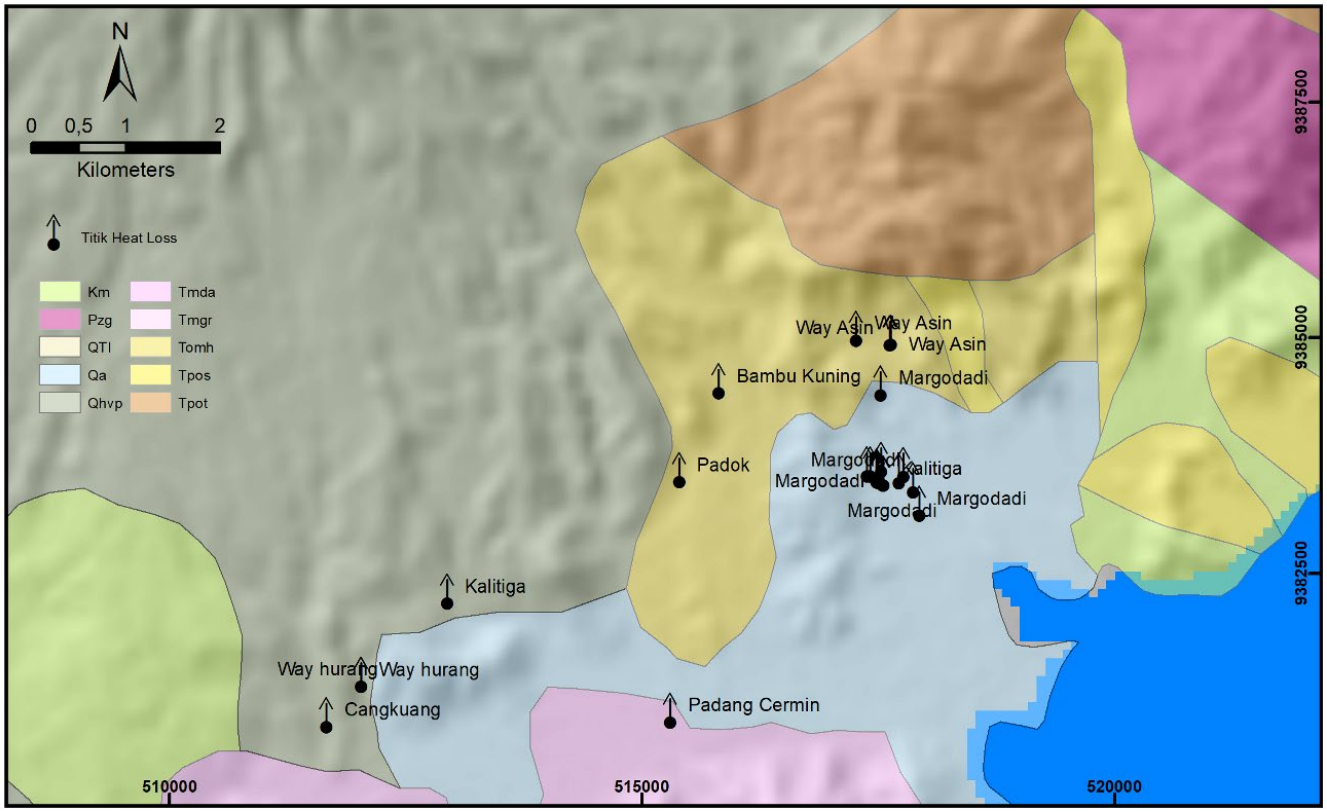
* I Gede Boy Darmawan.
E-mail: igedeboy@staff.unila.ac.id.

2655-2914/ ©2020 Fakultas Teknik-Universitas Lampung.

manifestasi. Untuk mendapatkan parameter lapangan sebagai data yang diinput, kegiatan pengukuran sebaran suhu manifestasi, pengukuran laju aliran massa air dan laju aliran massa uap di lapangan panas bumi Way Ratai sangat diperlukan. Kegiatan ini dimaksudkan untuk mendapatkan data luas, suhu, enthalpi air, enthalpi uap, laju massa air dan laju massa uap sebagai parameter kondisi *heat loss* di lapangan. Untuk menghitung besarnya potensi sumber daya listrik dengan teknik ini, nilai panas yang hilang secara konveksi akan dijumlahkan dengan total panas yang hilang secara konduksi (Zulwidyatama, 2014).

Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya perhitungan sumber daya spekulatif untuk memberikan gambaran potensi energi listrik yang dapat dihasilkan dari lapangan panas bumi Way Ratai. Data ini menjadi krusial sebagai bagian dari proses pengambilan keputusan apakah lapangan panas bumi layak untuk diteruskan ke tahapan selanjutnya atau menunggu data pendukung lainnya. Melalui penelitian ini diharapkan analisis *heat loss* tersebut dapat memberikan nilai sumber daya spekulatif dari energi panas bumi Way Ratai sehingga dapat memberikan kontribusi pada upaya peningkatan status eksplorasi panas dan ilmu pengetahuan. Penelitian ini ditargetkan untuk menemukan besaran *heat loss* dan menghitung sumber daya spekulatif dari energi panas dan suhu permukaan manifestasi yang mendekati kondisi sebenarnya di lapangan panas bumi Way Ratai.

Sebaran pengukuran *heat loss* pada manifestasi panas bumi Way Ratai sebagian besar merupakan mata air panas dan kolam air panas. Manifestasi yang paling banyak berada di area manifestasi Margodadi, kemudian di sebelah utaranya terdapat manifestasi mata air panas Way Asin, Bambu Kuning dan Padok. Manifestasi lainnya yaitu Kali Tiga, Way Hurang, Cangkuang dan Padang Cermin berada di arah baratdaya dari manifestasi Margodadi.



Gambar 2. Untuk memformat gambar dapat digunakan Microsoft Word template style: Jika gambar terdiri atas lebih dari satu bagian dapt dgunakan label (a), (b), dan seterusnya. Keterangan gambar ditulis dalam rata justify. Format penulisan keterangan sumbu grafik menggunakan font 8 point (diakhir caption gambar tidak boleh ada tanda baca titik)

2. Metodologi

Metode *heat loss* panas bumi merupakan metode perhitungan panas yang hilang melalui manifestasi permukaan panas bumi. Panas yang hilang secara konveksi bisa diartikan sebagai proses perpindahan panas melalui pergerakan fluida. Fluida panas bumi dapat berupa air maupun gas, sehingga perpindahan panas ini bergantung pada laju aliran massa air serta laju aliran massa uap. Panas yang hilang (*heat loss*) yang diperhitungkan ini adalah panas yang keluar bersamaan dengan fluida (air dan uap) sebagai media yang mengandung panas. Pola sebaran suhu permukaan menunjukkan daerah potensial *heat loss* di lapangan panas bumi. Pengukuran *heat loss* akan bergantung pada jenis manifestasi di lapangan. Hal ini disebabkan oleh adanya perbedaan proses transfer panas pada tiap jenis manifestasi (Williams, 2005).

Perhitungan *heat loss* secara konvektif diakibatkan oleh perpindahan panas secara konveksi yang umum diterapkan pada manifestasi mata air panas, fumarol dan sebagainya. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *heat loss* konveksi adalah:

$$Q = m \times c \times (T - T_0) = (h_l \times q_{ml}) + (h_v \times q_{mv}) \qquad (1)$$

dimana:

Q = Laju aliran panas hilang (*heat loss* (*J/s* atau W))
m = Massa (kg)
c = Kapasitas panas/kalor (*J/kg* ˚C)

T = Suhu manifestasi (˚C)
T_0 = Suhu udara (˚C)
h_l = Enthalpy air (J/kg)
h_v = Enthalpy uap (J/kg)
h_l = Enthalpy air (J/kg)
q_{ml} = Laju massa air (kg/s)
q_{mv} = Laju massa uap (kg/s)

Sementara untuk menghitung perpindahan panas dengan metode konveksi namun melibatkan proses evaporasi, seperti yang umum terjadi pada tipe manifestasi kolam air panas, maka persamaan perhitungan *heat loss* menggunakan persamaan berikut:

$$Q = A \times (Q_t - Q_{t_0}) \quad (2)$$

dengan:
Q = Laju aliran panas hilang (*heat loss* (*J/s* atau W))
A = Luas area manifestasi (m^2)
Q_t = Nilai Q pada suhu manifestasi (˚C)
Q_{t_0} = Nilai Q pada suhu udara (˚C)

dimana nilai Q_t dan Q_{t_0} dapat dikonversi dari nilai referensi yang ditunjukkan oleh Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Nilai *heat loss* referensi untuk Q_t dan Q_{t_0} pada manifestasi panas bumi

Temperatus/suhu (˚C)	Q (kJ/m^2s)
20	≈ 0,35
40	1,3
60	3,7
80	9,2
98.5	~ 22

Kemudian untuk menghitung nilai *heat loss* pada manifestasi yang mengalami proses perpindahan panas secara konduksi seperti tanah beruap dan tanah hangat, dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Mwawasi, 2012; Toth, 2012):

$$Q = A \times C \times (\frac{dT}{dZ} - (\frac{dT}{dZ})_0) \quad (3)$$

dimana:
Q = Laju aliran panas hilang (*heat loss* (*J/s* atau W))
A = Luas area manifestasi (m^2)
C = Konduktivitas batuan rata-rata (kJ/kg)
$\frac{dT}{dZ}$ = Gradien termal manifestasi (˚C/m)
$(\frac{dT}{dZ})_0$ = Gradien termal normal (˚C/m)

Untuk menghitung total sumber daya spekulatif dengan teknik *heat loss* dapat dilakukan dengan menjumlahkan seluruh hasil perhitungan dari setiap model perpindahan panas di seluruh manifestasi panas bumi di lapangan. Hasil penjumlahan ini menjadi total sumber daya spekulatif energi listrik yang berpotensi dapat dihasilkan dari lapangan panas bumi tersebut dalam satuan KWe maupun MWe.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Pengukuran di Lapangan Way Ratai

Pengukuran *heat loss* di lapangan panas bumi Way Ratai dilakukan sebanyak 33 titik yang tersebar di seluruh manifestasi permukaan panas bumi. Pengukuran manifestasi di Margodadi merupakan titik yang terbanyak dengan total 22 titik manifestasi tersebar di wilayah ini. Manifestasi di wilayah ini didominasi oleh mata air panas dan kolam air panas. Total sebanyak tiga titik telah diukur di lokasi manifestasi Way Asin dengan keseluruhan adalah manifestasi mata air panas. Sedangkan dua titik pengukuran di manifestasi Padok dan Bambu Kuning. Manifestasi Padok dan manifestasi Bambu Kuning juga merupakan mata air panas dengan suhu pengukuran di atas 90°C.

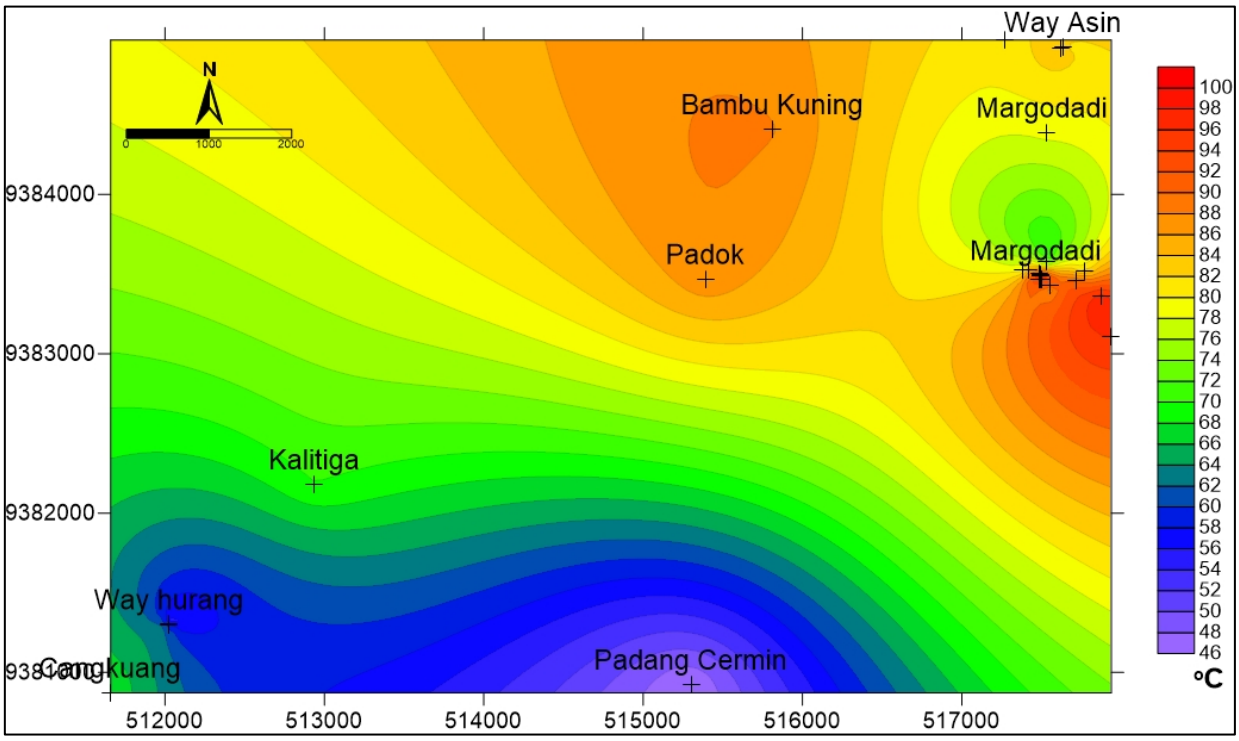
Gambar 2. Kegiatan pengukuran *heat loss* di manifestasi Margodadi Way Ratai, Pesawaran

Untuk manifestasi Way Hurang dan Padang Cermin telah dimanfaatkan secara langsung oleh masyarakat sekitar. Pemanfaatan tersebut dalam bentuk kawasan wisata pemandian air panas di Way Hurang dan sumber air panas umum di Padang Cermin. Pengukuran berikutnya berada di manifestasi Kali Tiga dan Cangkuang. Manifestasi ini berada di arah barat daya dari manifestasi Margodadi. Hasil pengukuran di seluruh area manifestasi disajikan dalam Tabel 2.

Berdasarkan tabel hasil pengukuran di atas, diperoleh data suhu tertinggi manifestasi yang ada di Way Ratai adalah 103,6°C yang berada pada mata air panas Margodadi. Sedangkan untuk manifestasi panas bumi yang paling luas berada di kawasan Way Hurang dengan luas manifestasi kurang lebih 49,14 meter persegi. Peta sebaran suhu manifestasi Way Ratai ditunjukkan oleh Gambar 3.

Tabel 2. Hasil pengukuran suhu dan luas manifestasi di lapangan panas bumi Way Ratai

No	Nama Manifestasi	Luas (m^2)	Suhu Qt (°C)	Laju massa air (kg/s)	Entalphy air (J/kg)	No	Nama Manifestasi	Luas (m^2)	Suhu Qt (°C)	Laju massa air (kg/s)	Entalphy air (J/kg)
1	Margodadi	3,14	91,6	0,16	383,68	18	Margodadi	6,60	94	0,00	0,00
2	Margodadi	3,00	74	0,00	0	19	Margodadi	3,80	97,8	0,00	0,00
3	Margodadi	12,81	85,3	0,00	0	20	Margodadi	0,95	83,9	0,00	0,00
4	Margodadi	5,31	89,3	0,00	0	21	Kalitiga	2,76	89	0,00	0,00
5	Margodadi	0,49	89	0,00	0	22	Kalitiga	43,34	76,3	0,09	319,60
6	Margodadi	0,15	98,1	0,00	0	23	Way hurang	23,10	56,6	0,06	237,09
7	Margodadi	0,20	99,6	0,00	0	24	Way hurang	49,14	65,6	0,18	274,78
8	Margodadi	0,64	83,3	0,00	0	25	Padok	1,04	97,1	0,24	406,71
9	Margodadi	0,08	94,3	0,00	0	26	Bambu Kuning	2,08	94,3	0,02	394,98
10	Margodadi	0,38	100,8	0,00	0	27	Way Asin	5,89	86,9	0,07	363,99
11	Margodadi	0,15	98,4	0,00	0	28	Way Asin	2,34	89,1	0,12	373,20
12	Margodadi	2,97	97,6	0,00	0	29	Way Asin	0,33	84	0,12	351,84
13	Margodadi	0,18	94,7	0,00	0	30	Cangkuang	1,52	72,1	0,35	302,01
14	Margodadi	0,20	103	0,00	0	31	Padang Cermin	6.25	45,9	0,17	192,27
15	Margodadi	0,95	103,6	0,00	0	32	Margodadi	0,75	80,1	0,00	0,00
16	Margodadi	0,59	99,2	0,00	0	33	Margodadi	0,20	98	0,00	0,00
17	Margodadi	2,27	92,1	0,00	0						



Gambar 3. Peta sebaran suhu hasil pengukuran manifestasi panas bumi di Way Ratai

3.2 Analisis Heat Loss

Dengan menggunakan persamaan perhitungan *heat loss* yang telah disajikan pada persamaan 1, 2 dan 3 maka diperoleh nilai besaran *heat loss* di area manifestasi panas bumi Way Ratai yang disajikan pada Tabel 3.

Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa nilai *heat loss* evaporasi di manifestasi Way Ratai tersebar dengan nilai yang beragam dengan nilai terendah sebesar 0,312 kWe yang berada di area Margodadi. Sedangkan nilai Qt tertinggi untuk *heat loss* evaporasi bernilai 55,177 kWe yang berada pada lokasi manifestasi Kali Tiga. Nilai *heat loss* evaporasi dihitung berdasarkan persamaan 2 dengan memanfaatkan suhu manifestasi dan suhu permukaan sebagai selisih panas yang dihasilkan. peta sebaran nilai Qt *heat loss* evaporasi disajikan pada Gambar 4.

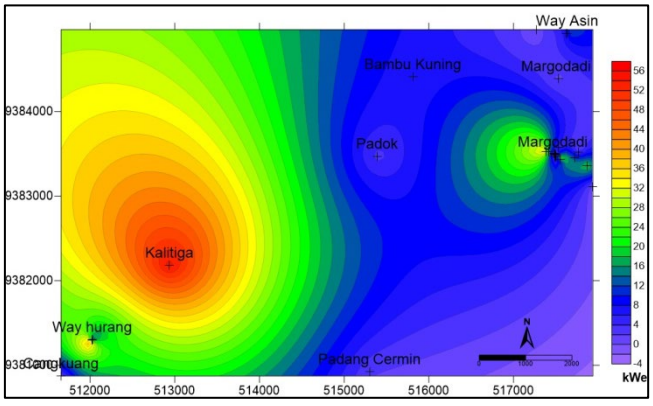
Hasil perhitungan *heat loss* akibat proses evaporasi yang ditunjukkan oleh Gambar 4 menunjukkan sebaran nilai energi setara kWe yang cukup rendah di daerah manifestasi Way Asin, Bambu Kuning, Padok, Padang Cermin dan Cangkuang. Sedangkan untuk nilai *heat loss* evaporasi yang cukup besar hanya berada di manifestasi Kali Tiga, Way Hurang, dan beberapa Margodadi. Kondisi ini tercermin dari jenis manifestasi di wilayah selain Kali Tiga yang didominasi oleh mata air panas.

Selain itu, luas area yang menghasilkan proses evaporasi juga sangat mempengaruhi perhitungan nilai *heat loss* evaporasi di Way Ratai.

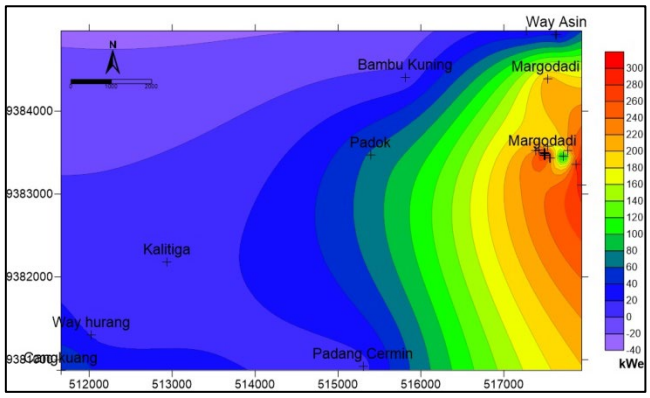
Persamaan yang digunakan untuk melakukan perhitungan *heat loss* konveksi adalah persamaan 1. Perhitungan nilai *heat loss* konveksi fokus pada perhitungan energi yang tersalurkan melalui fluida air. Perhitungan laju massa air menjadi parameter utama dalam perhitungan ini. Lalu dicari dengan menggunakan data suhu udara dan data suhu manifestasinya. Adapun sebaran nilai *heat loss* konveksi (Gambar 5) manifestasi Margodadi memiliki nilai yang lebih tinggi dibandingkan manifestasi lainnya. Sedangkan nilai energi pada manifestasi lainnya seperi Padang Cermin, Way Hurang, Bambu Kuning, dan Cangkuang memiliki nilai yang rendah. Manifestasi Padok memiliki nilai manifestasi yang cukup tinggi karenaa pada manifestasi Padok selaras dengan salah satu upaya pemanfaatan *direct use* yang pernah dipasang oleh BPPT. Instalasi yang dipasang adalah alat pengering kopra yang memanfaatkan *heat exchanger* dari manifestasi panas bumi di Padok.

Tabel 3. Hasil perhitungan nilai besaran *heat loss* di area manifestasi panas bumi Way Ratai

No	Nama Manifestasi	Qt Konveksi (kWe)	Qt Evaporasi (kWe)	Qt Konduksi (kWe)	No	Nama Manifestasi	Qt Konveksi (kWe)	Qt Evaporasi (kWe)	Qt Konduksi (kWe)
1	Margodadi	37,233	11,981	0,029	18	Margodadi	271,740	27,471	0,060
2	Margodadi	178,780	3,949	0,027	19	Margodadi	290,430	19,926	0,035
3	Margodadi	216,930	35,602	0,117	20	Margodadi	222,320	2,144	0,009
4	Margodadi	246,260	14,746	0,048	21	Kali tiga	232,540	7,069	0,027
5	Margodadi	251,020	1,578	0,004	22	Kali tiga	17,777	55,177	0,427
6	Margodadi	293,020	0,823	0,001	23	Way hurang	7,026	13,652	0,231
7	Margodadi	299,460	1,151	0,002	24	Way hurang	26,919	41,431	0,491
8	Margodadi	209,160	1,219	0,006	25	Padok	63,458	3,299	0,015
9	Margodadi	266,175	0,312	0,001	26	Bambu Kuning	5,830	6,840	0,031
10	Margodadi	305,620	2,393	0,003	27	Way Asin	17,362	11,713	0,049
11	Margodadi	294,280	0,825	0,001	28	Way Asin	38,597	6,258	0,023
12	Margodadi	258,930	10,546	0,027	29	Way Asin	19,950	0,726	0,003
13	Margodadi	279,020	0,797	0,002	30	Cangkuang	54,844	1,721	0,011
14	Margodadi	309,960	1,311	0,002	31	Padang Cermin	13,451	2,275	0,031
15	Margodadi	315,140	6,764	0,009	32	Margodadi	212,380	1,497	0,007
16	Margodadi	294,980	3,297	0,005	33	Margodadi	289,590	0,547	0,002
17	Margodadi	264,320	8,611	0,021			6104,502	307,648	1,758



Gambar 4. Peta sebaran nilai Qt *heat loss* evaporasi dari manifestasi panas bumi Way Ratai.



Gambar 5. Peta sebaran nilai Qt *heat loss* konveksi

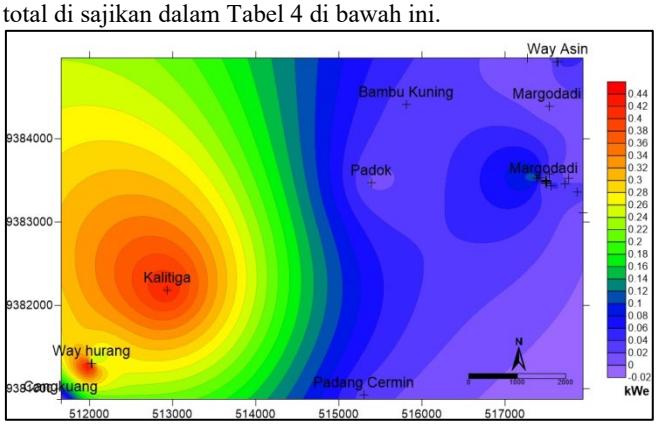
Perhitungan yang terakhir adalah nilai *heat loss* konduksi, yaitu nilai panas yang dipindahkan melalui proses konduksi seperti panas batuan atau tanah. Hasil perhitungan *heat loss* konduksi ditunjukkan oleh Gambar 6.

Hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan 3 menunjukkan nilai *heat loss* konduksi yang tidak terlalu besar. Meskipun manifestasi Kali Tiga dan Way Hurang memiliki nilai *heat loss* konduksi yang lebih besar dari manifestasi lainnya, namun nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan niat *heat loss*

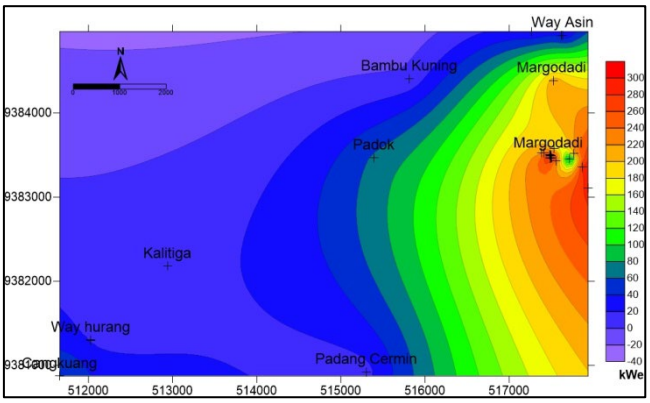
lainnya. Nilai ini memang tercermin dalam kondisi lapangan manifestasi yang umumnya berupa mata air panas dan kolam air panas.

Untuk mengetahui nilai sebaran *heat loss* secara keseluruhan, maka dilakukan penjumlahan antara nilai *heat loss* konveksi, evaporasi dan konduksi. Nilai total *heat loss* di lapangan panas bumi Way Ratai ditunjukkan oleh Gambar 7.

Hasil penjumlahan total nilai *heat loss* di manifestasi panas bumi Way ratai menunjukkan pola yang cukup berbeda dengan sebaran suhu manifestasi, dimana pada sebaran suhu manifestasi area Maargodadi, Padok, dan Bambu Kuning memiliki nilai yang rendah. Dari persebaran suhu manifestasi semakin ke selatan nilai akan semakin kecil terutama di area manifestasi Padang Cermin.Perubahan ini disebabkan oleh salah satu faktor yaitu luas area manifestasi. Adapun hasil perhitungan nilai *heat loss* total di sajikan dalam Tabel 4 di bawah ini.



Gambar 6. Peta sebaran nilai Qt *heat loss* konduksi dari manifestasi panas bumi Way Ratai



Gambar 7. Peta sebaran nilai Qt *heat loss* total dari manifestasi panas bumi Way Ratai

Tabel 4. Nilai *heat loss* total di lapangan panas bumi Way Ratai

Nilai *Heat Loss*	Q (kWe)
Qt konveksi	6104,502
Qt evaporasi	307,648
Qt konduksi	1,758
Qt Total	6413,909

Hasil perhitungan ini menunjukkan nilai *heat loss* total di seluruh manifestasi terukur di wilayah panas bumi Way Ratai mencapai 6414 kWe atau setara dengan 6.4 MWe. Jika dibandingkan dengan besaran umum energi panas bumi yang ekonomis dengan nilai setidaknya 55 Mwe, maka nilai ini sangatlah kecil. Namun demikian, perhitungan *heat loss* pada penelitian ini baru berfokus pada area manifestasi yang benar-benar nampak terukur dari sumber keluarnya fluida panas. Sehingga kemungkinan area terukur menjadi sangat kecil dan menyebabkan perhitungan *heat loss* total menjadi sangat kecil. Hal ini karena penelitian baru berfokus pada area manifestasi yang benar-benar nampak terukur dari sumber keluarnya fluida panas yaitu proses pengambilan luas area hanya diambil pada area manifestasi terlihat tidak pada seluruh area batuan teralterasi. Area manifestasi diperkirakan tidak lebih dari 10% dari area batuan teralterasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan dan perhitungan nilai *heat loss* manifestasi panas bumi di Way Ratai dalam penelitian ini berhasil memetakan sebanyak 33 titik dengan sebaran pengukuran *heat loss* pada manifestasi panas bumi Way Ratai sebagian besar merupakan mata air panas dan kolam air panas. Manifestasi yang paling banyak berada di area manifestasi Margodadi, kemudian di sebelah utaranya terdapat manifestasi mata air panas Way Asin, Bambu Kuning dan Padok. Manifestasi lainnya yaitu Kali Tiga, Way Hurang, Cangkuang dan Padang Cermin berada di arah baratdaya dari manifestasi Margodadi. Data suhu tertinggi manifestasi yang ada di Way Ratai adalah 103,6°C yang berada pada mata air panas Margodadi. Sedangkan untuk manifestasi panas bumi yang paling luas berada di kawasan Way Hurang dengan luas manifestasi kurang lebih 49,14 m^2.

Hasil perhitungan nilai *heat loss* total di seluruh manifestasi terukur di wilayah panas bumi Way Ratai mencapai 895,55 kWe atau setara dengan 0,895 MWe. Hasil ini menunjukkan pola yang cukup berbeda dengan sebaran suhu manifestasi. Suhu manifestasi tinggi didominasi oleh manifestasi Margodadi, Way Asin dan Bambu Kuning, sedangkan nilai *heat loss* total didominasi oleh manifetasi Margodadi. Pola ini menunjukkan jika suhu tinggi berada di area tenggara puncak Gunung Ratai sedangkan semakin ke selatan sampai baratdaya suhu manifestasi semakin rendah.

Untuk mendapatkan perbandingan nilai sumberdaya listrik yang lainnya diperlukan perhitungan lanjutan dengan metode volumetrik. Metode ini dapat menambahkan nilai volume ke dalam perhitungan jika dibandingkan dengan metode *heat loss* yang hanya menggunakan luas permukaan. Oleh karena itu, diperlukan data tambahan lainnya seperti data geokimia untuk geothermometer serta data geofisika untuk mendapatkan geometri dari potensi reservoar dalam melakukan perhitungan sumbar daya energi listrik dari lapangan panas bumi Way Ratai.

Ucapan terima kasih

Terima kasih disampaikan kepada LPPM Unila dan Fakultas Teknik Unila yang telah mendanai kegiatan ini sebagai bagian dari luaran penelitian DIPA FT. Ucapan terima kasih juga kami ucapkan kepada Bapak Aceng beserta seluruh mahasiswa yang terlibat dan telah banyak membantu dalam kegiatan penelitian ini.

Daftar pustaka

Dewi, E. K. S. (2018). *Integrasi Data Citra Landsat-8, DEM ALOS PALSAR, Isotop Radon, dan Geokimia untuk Penentuan Distribusi Batuan Alterasi dan Struktur Permeabel Gunung Way Ratai, Lampung*. Universitas Lampung.

Donovan, R., Karyanto, K., & Dewanto, O. (2018). Studi Sifat Termal Batuan Daerah Lapangan Panas Bumi Way Ratai Berdasarkan Pengukuran Metode Konduktivitas

Termal. *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, *4*, 103–119.

Haerudin, N., Karyanto, & Kuntoro, Y. (2016). Radon and thoron mapping to delineate the local-fault in the way Ratai geothermal field lampung Indonesia. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, *11*, 4804–4809.

Karyanto. (2003). *Pencitraan Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Way Ratai Lampung Dengan Metode Tahanan Jenis 2 Dimensi*. *9*, 55–59.

Karyanto, Haerudin, N., Mulyasari, R., Suharno, & Manurung, P. (2020). *Geothermal Potential Assesment of Way Ratai Area Based on Thermal Conductivity Measurement to Measure Thermal Properties of Rocks*. *45*, 89–98.

Mwawasi, H. M. (2012). Heat loss assessment of selected Kenyan geothermal prospects. *Transactions - Geothermal Resources Council*.

Pratama, W. (2018). *Aplikasi Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger untuk Mengidentifikasi Litologi Batuan Bawah Permukaan dan Fluida Panas Bumi Way Ratai di Area Manifestasi Padok di Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung*. Universitas Lampung.

Suryadi, Haerudin, N., Karyanto, & Sudrajat, Y. (2017). Identifikasi Struktur Bawah Permukaan Lapangan Panas Bumi Way Ratai Berdasarkan Data Audio Magnetotelluric (AMT). *Jurnal Geofisika Eksplorasi*, *3*, 85–97.

Toth, An. N. (2012). Heat Losses In A Geothermal Reservoir. *Geosciences and Engineering*, *1*, 321–327.

Williams, C. F. (2005). Evaluating Heat Flow as a Tool for Assessing Geothermal Resources. *Thirty-Eighth Workshop on Geothermal Reservoir Engineering*.

Zulwidyatama, W. (2014). Analisis Geokimia Fluida untuk Penentuan Potensi Sumberdaya Panasbumi Lapangan Zw, Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. *Geological Engineering E-Journal*, *6*, 618–630.