LESSON LEARNED REPORT

MODELING ENERGY CONSUMPTION IN GORONTALO CITY BASED GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

Prepared by:

Dr. Nursida Arif, S.T., M.Sc (UMGo)
Alfiatun Nur Khasanah, S.Si., M.Sc (UGM)
Risman Jaya, S.Pd., M.Si (UMGo)

2018

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GORONTALO
UNIVERSITAS GADJAH MADA

USAID FROM THE AMERICAN PEOPLE

RISTEKDIKTI

Boulder

CENTRE FOR DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE REGION

http://cdsr.pse.ugm.ac.id/ @CdsrShera @Cdsr_Shera

CDSR - Center for Development of Sustainable Region

Centre for Development of Sustainable Region (CDSR)

USAID Sustainable Higher Education Research Alliances (USAID SHERA)

CDSR - SHERA

http://cdsr.pse.ugm.ac.id/

Centre For Energy Studies – Universitas Gadjah Mada

Sekip Blok K1-A, Yogyakarta 55281 - INDONESIA

LAPORAN AKHIR

MODELING ENERGY CONSUMPTION IN GORONTALO CITY BASED GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

By :

Dr. Nursida Arif, S.T., M.Sc (UMGo)

Alfiatun Nur Khasanah, S.Si., M.Sc (UGM)

Risman Jaya, S.Pd., M.Si (UMGo)

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH GORONTALO

UNIVERSITAS GADJAH MADA

MEI 2018

CENTRE FOR DEVELOPMENT OF SUSTAINABLE REGION

http://cdsr.pse.ugm.ac.id/ @CdsrShera @Cdsr_Shera

CDSR - Center for Development of Sustainable Region

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayahNya sehingga kami selaku Tim Peneliti CDSR SHERA dapat melaksanakan kegiatan penelitian dengan judul "*Modeling Energy Consumption In Gorontalo City Based Geographic Information System*".

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktur Center for Develompent Sustainable Region atas bantuannya sehingga penelitian dapat dilakukan dengan biaya dari USAID melalui program Sustainable Higher Education Research Alliances. Terimakasih juga disampaikan kepada seluruh responden penelitian dan berbagai pihak yang telah membantu dalam proses penelitian sehingga laporan ini dapat terselesaikan.

Kami menyadari bahwa laporan penelitian masih jauh dari sempurna, sehingga segala kritik dan saran untuk perbaikan dan kesempurnaan tulisan ini sangat diharapkan. Terimakasih

Gorontalo, 25 Mei 2018

Tim Peneliti

ABSTRAK

Kondisi geografis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsumsi energi masyarakat termasuk perkotaan. Perkembangan fisik kota kedepan dapat diketahui dari analisis geografis wilayah sehingga dapat diprediksi pula tingkat konsumsi energi kota dimasa mendatang. Penelitian menggunakan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografi untuk memetakan area hijau, tutupan lahan dan panas kota Gorontalo sebagai lokasi penelitian.

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui suhu rata-rata permukaan kota yang akan dikorelasikan dengan tutupan lahan. Penelitian juga melakukan wawancara dengan responden menggunakan kuesioner untuk mengetahui konsumsi dan pola prilaku penggunaan energi rumah tangga.

Hasil penelitian menunjukan temperatur permukaan pada musim kering, temperatur dominan di area terbangun berkisar anata 60-70°C, sedangkan pada musim penghujan 40-50° C. Suhu tertinggi di kota Gorontalo baik pada musim kemarau maupun penghujan terdistribusi di kelurahan Pulubala, Limba U1, dan Biawao. Suhu kota yang panas belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai sumber energi alternatif di kota Gorontalo.

Kata kunci : energi, *land surface temperature*, kota Gorontalo

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ..... **II**
ABSTRAK ..... **III**
DAFTAR ISI ..... **IV**
DAFTAR GAMBAR ..... **V**
DAFTAR TABEL ..... **VI**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Tujuan 3
BAB II METODOLOGI **4**
2.1. *Milestone* 4
2.2. Pengambilan Data 5
2.3. Pra-Pemrosesan 6
2.4. Klasifikasi Tutupan Lahan dan Indeks Vegetasi 7
BAB III PEMBAHASAN **8**
3.1. Analisis Geografis Kota Gorontalo Terhadap Kebutuhan Energi 8
3.2. Analisis Citra Landsat 12
3.3. Analisis Prilaku Masyarakat Terhadap Kebutuhan Energi 14
BAB III KESIMPULAN DAN SARAN **16**
3.1. Kesimpulan 16
3.2. Saran 16
REFERENSI **17**
LAMPIRAN **18**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Rencana tahapan penelitian berikutnya 4
Gambar 2 Sebaran *Region of Interest* 10
Gambar 3 *Nilai separabilitas dari Region of Interest*.....11
Gambar 4 Landsat true color composite (432) Images in dry season 2017 and (right) in wet season 2018 12
Gambar 5 Distribusi temperatur permukaan di dalam area terbangun 13
Gambar 6 Persentase tingkat pendidikan responden.....15

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Sumber data citra 5
Tabel 2 Kepadatan Penduduk Tahun 2016 9
Tabel 3 Karakteristik Band Landsat 8 12

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Konsumsi terhadap energi menjadi kebutuhan yang mendesak saat ini. Peningkatan penduduk yang pesat menjadi salah satu alasan meningkatnya permintaan energi global yang mengakibatkan masalah terhadap lingkungan seperti polusi udara, pemanasan global dan gangguan pernafasan pada manusia. Namun, pemanfaatan energi telah banyak mendorong perkembangan ekonomi global. Khususnya di perkotaan dimana pertumbuhan ekonomi meningkat yang diringi pula dengan kebutuhan terhadap kebutuhan energi. Setengah dari populasi global berada di kota sehingga memberikan pengaruh yang signifikan dalam konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca (Gouldson et al, 2015).

Permasalahan energi kota menjadi penting karena masalah lingkungan disebabkan oleh konsumsi energi yang pada dasarnya untuk memenuhi kebutuhan manusia dan menopang petumbuhan ekonomi. Sehingga perlu dilakukan evaluasi terhadap konsumsi energi untuk menghasilkan perencanaan dan kebijakan energi kota demi energi berkelanjutan (*suistanable energy*) dan ramah lingkungan.

Kota gorontalo sebagai Ibukota Provinsi Gorontalo menjadi daya tarik berbagai macam usaha sehingga menjadi sentral kegiatan ekonomi. Secara fungsional kota sebagai pusat konsentrasi kelompok usaha atau cabang industri yang memiliki hubungan dinamis sehingga menstimulasi kehidupan ekonomi baik ke dalam maupun keluar (Tarigan, 2005). Pertambahan penduduk di kota Gorontalo bukan hanya bertambahnya jumlah kelahiran tetapi juga karena meningkatnya jumlah penduduk yang masuk dari luar wilayah Gorontalo. Selain karena terdapatnya Universitas Negeri Gorontalo yang menjadi tujuan pendidikan beberapa daerah sekitar Gorontalo termasuk dari provinsi lain yang terdekat. Kota Gorontalo memiliki 3 (tiga) simpul transportasi yang menunjang aktivitas masyarakat Provinsi Gorontalo secara regional, nasional maupun internasional yaitu terminal bus antar Provinsi, pelabuhan laut dan pelabuhan penyeberangan. Hal ini menggambarkan kebutuhan energi di kota Gorontalo sangat tinggi di bandingkan wilayah lain di Provinsi Gorontalo.

Matahari merupakan sumber energi utama. Energi Matahari yang masuk di permukaan bumi sekitar 342 watt per m^2 lahan. Disaat yang sama, planet bumi meradiasikan/ mengemisikan energi matahari kembali ke angkasa untuk

mencapai kesetimbangan energi. Hal ini menyebabkan pemanasan pada permukaan bumi. Besarnya energi bervariasi di setiap permukaan bumi, bergantung pada lokasi dan cuaca.

Kondisi geografis memberikan pengaruh yang signifikan terhadap konsumsi energi masyarakat. Faktor iklim, vegetasi dan topografi menjadi indikator untuk mengetahui suhu panas suatu wilayah sehingga dapat diprediksi kebutuhan penggunaan energi dimasa mendatang. Sehingga dapat diketahui skenario energi terbaik untuk kota Gorontalo. Penelitian ini dilakukan dengan mengkaji pola konsumsi energi melalui kacamata spasial. Integrasi perencanaan energi dalam bingkai spasial dapat digunakan oleh pembuat keputusan tentang kebijakan energi seperti menambah energi terbarukan, optimalisasi energi atau mengurangi emisi karbon.

Analisis panas suatu wilayah dapat dilakukan menggunakan pendekatan penginderaan jauh. Penginderaan jauh adalah salah satu teknologi yang komprehensif yang digunakan untuk observasi bumi untuk kepentingan militer, geologi, survei dan inventarisasi sumber daya alam, pemetaan, perencanaan kota dan lain-lain (Lillesand dan Kiefer, 2007; Liu *et al*, 2012). Salah satu sistem penginderaan jauh memanfaatkan perekaman energi termal, yaitu merekam informasi energi yang diemisikan obyek. Dasar dari sistem ini adalah Hukum Radiasi Plank dimana permukaan bumi meradiasikan energi secara optimal pada panjang gelombang sekitar 3μm - 14μm. Citra penginderaan jauh mempunyai panjang gelombang yang berbeda-beda yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi objek yang berbeda-beda. Salah satu sistem penginderaan jauh memanfaatkan perekaman energi termal, yaitu merekam informasi energi yang diemisikan obyek. Citra penginderaan jauh dapat digunakan untuk monitoring suhu permukaan sebagai analisis awal dalam pemetaan kebutuhan energi suatu wilayah.

Metode penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian ini adalah *land surface temperature* (LST). LST kaitannya dengan keseimbangan energi dan perubahan iklim (Singh et al, 2017). Perubahan dinamis kota sangat mempengaruhi perubahan iklim termasuk perubahan penggunaan lahan.

Sistem informasi geografis (SIG) merupakan *tools* dalam pemodelan spasial yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan data penginderaan jauh karena kemampuannya dalam mengkoleksi, menyimpan, menganalisis data spasial lebih cepat, *user* dapat memanipulasi data sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. SIG dapat digunakan untuk memodelkan strategi sistem energi yang berkelanjutan maupun merepresentasikan sistem energi perkotaan. Berbagai penelitian SIG telah dilakukan khususnya dibidang terapan lingkungan termasuk untuk kajian energi (Fabri et al, 2012; Ma et al, 2016; Lin et al, 2017). Model SIG secara umum telah dimanfaatkan untuk kepentingan

perencanaan nasional dan rekomendasi untuk perkembangan kota (Manfren et al, 2011; Roche, 2014)

Pemanfaatan penginderaan jauh dan SIG diharapkan dapat menjadi solusi cepat dan efisien dalam pemetaan suhu kota sehingga konsumsi energi kota dapat dianalisis serta faktor-faktor geografis yang mempengaruhinya dapat diidentifikasi.

1.2. Tujuan

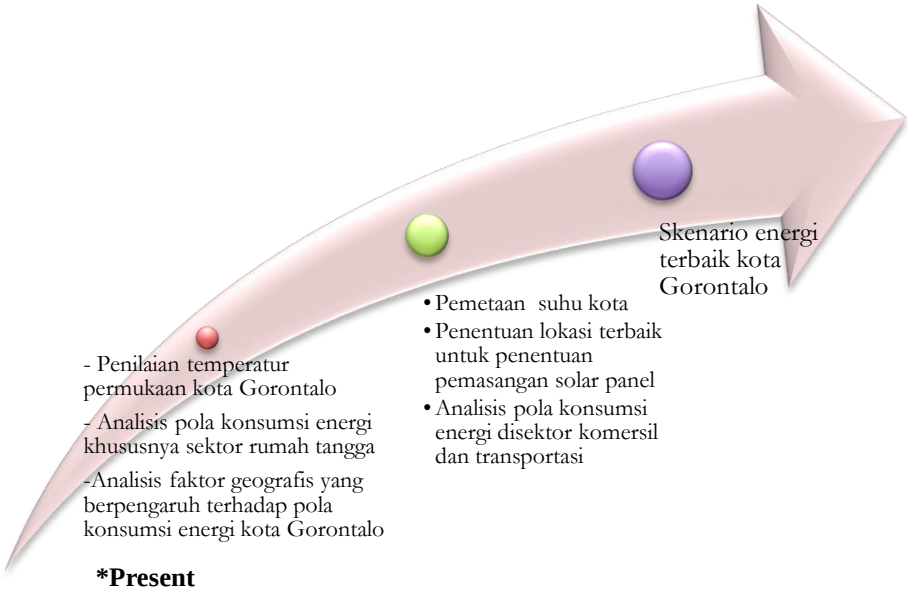
Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu :

1. Pemetaan Suhu Panas Kota Gorontalo
2. Identifikasi faktor-faktor geografis yang berpengaruh terhadap pola konsumsi energi kota

BAB II
METODOLOGI

2.1. *Milestone*

Penelitian ini merupakan bagian awal dari beberapa rangkaian penelitian selanjutnya. Tahapan rencana kegiatan selanjutnya dipaparkan seperti pada Gambar 1 berikut



Gambar 1 Rencana tahapan penelitian berikutnya

Berdasarkan Gambar 1 penelitian ini merupakan tahap pertama dari rencana penelitian untuk mencapai tujuan akhir yaitu skenario terbaik energi dimana kebutuhan energi kota kedepan bisa diprediksi dan sumber daya penyedia energi dapat memenuhi kebutuhan energi kedepan termasuk merancang energi alternatif atau energi terbarukan. Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu penilaian temperatur permukaan kota Gorontalo melalui persamaan *land surface temperature.* Temperatur sangat penting karena mempengaruhi iklim dan kenyamanan penggunaan energi. Pengguna energi dianalisis dari sektor rumah tangga, transportasi dan komersil.

2.2. Pengambilan Data

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini ada dua yaitu data citra Landsat 8 dan data kuisioner dari responden rumah tangga. Landsat 8 merupakan citra satelit yang dihasilkan dari project gabungan antara USGS dan NASA beserta NASA Goddard Space Flight Center pada tahun 2013. Citra ini merekam permukaan bumi setiap 16 hari sekali, sehingga memungkinkan jika digunakan untuk pemantauan suatu daerah secara berkala. Cakupan spasial dari setiap piksel lansat sebesar 30 m, dengan resolusi radiometrik sebesar 12 bit. Landsat 8 terdiri dari dua instrumen yaitu Operational Land Imager (OLI) dan Thermal Infrared Sensor (TIRS). Landsat 8 digunakan untuk pemetaan tutupan lahan kota Gorontalo, indeks vegetasi dan suhu permukaan kota Gorontalo. Data Landsat 8 yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1berikut

Tabel 1 Sumber data citra

Data used	Data acquisition date	Source
LANDSAT 8	12 Agustus 2017	http://earthexplorer.usgs.gov/
LANDSAT 8	13 Februari 2018	

Kuesioner adalah instrument yang digunakan untuk wawancara responden khusus rumah tangga. Pertanyaan dalam kuesioner meliputi informasi tentang informasi kondisi dasar keluarga yang meliputi pendapatan bulanan, jumlah anggota keluarga, jenis pemanfaatan energi serta pemahaman tentang konsep hemat energi dan energi terbarukan.

Metode wawancara melalui kuesioner dilakukan secara *random sampling*. Jumah total responden yaitu 149 dari 6 kelurahan dan sebagian besar sangat kooperatif selama proses survey. Dari sampel yang diperoleh rata-rata latar pendidikan responden adalah SMA sehingga sebagian besar memahami maksud pertanyaan dalam kuesioner, wawancara saat tatap muka dengan responden untuk mendapatkan data tentang kondisi dasar keluarga yang meliputi pendapatan bulanan, jumlah anggota keluarga, jenis pemanfaatan energi serta pemahaman tentang konsep hemat energi dan energi terbarukan.

Data sekunder yang dibutuhkan populasi masyarakat kota Gorontalo, pertumbuhan penduduk, kepadatan penduduk, total konsumsi listrik, total kendaraan di kota Gorontalo, dan data lainnya yang menunjang penelitian.

2.3. Pra-Pemrosesan

Pra pemrosesan adalah metode pengolahan citra sebelum tahapan pemetaan temperature permukaan yaitu koreksi citra. Ekstraksi nilai temperatur permukaan berdasarkan citra landsat melalui tahapan berikut :

- Menghitung Spektral Radian

$$L\lambda = MLQcal + AL$$

Lλ	=	TOA spektral radian (Watts/(m2 * srad * µm))
ML	=	Faktor pengskala pengali spesifik saluran (RADIANCE_MULT_BAND_x, di mana x merupakan nomor saluran)
AL	=	Faktor pengskala penambah (RADIANCE_ADD_BAND_x, di mana x merupakan nomor saluran)
Qcal	=	Nilai piksel (DN)

- Koreksi nilai spektral radians menggunakan persamaan dalam rumus Coll et al (2010)

$$L\lambda = \frac{L\lambda - L\uparrow}{\varepsilon\tau} - \frac{1-\varepsilon}{£} L\downarrow$$

Lλ “	= Nilai *Lλ* (spektral radian) terkoreksi (Watts/(m2*srad*µm))
ε	= emisivitas
τ	= transmitan
L↑	= upwelling radiance (Watts/(m2*srad*µm))
L↓	= downwelling radiance (Watts/(m2*srad*µm))

- Ekstraksi nilai temperatur kecerahan menggunakan persamaan McCarville et al (2011). Temperatur kecerahan merupakan rekaman sinyal energi yang diemisikan oleh obyek tertentu pada permukaan bumi. Dinilai dengan :

$$TB = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L\lambda} + 1)}$$

TB	= Nilai temperatur kecerahan (K)
Lλ	= Nilai spektral radian (Watts/(m2 * srad * µm))
K1	= Konstanta spesifik saluran(K1_CONSTANT_BAND) Band 10
K2	= Konstanta spesifik saluran(K2_CONSTANT_BAND) Band 10

- Nilai temperatur permukaan ditentukan dengan persamaan Artis & Carnahan (1982, dalam Weng, et al. 2003)

$$Ts = \frac{T_B}{1 + \frac{\lambda T_B}{\partial} \text{xln}\varepsilon}$$

Ts = Temperatur permukaan (K)
TB = Nilai temperatur kecerahan (K)
λ = Panjang gelombang yang digunakan (11, 5μm)
∂ = hc/σ (=1.438 x 10-2 mK)
h = Planck's Constant (6.26x10-34 J sec)
c = Kecepatan cahaya (2.998 x 108 m.sec-1)
σ = Stefan-Boltzman Constant (1.38 x 10-23 JK-1)
ε = Emisivitas obyek

2.4. Klasifikasi Tutupan Lahan dan Indeks Vegetasi

Klasifikasi citra untuk menurunkan informasi tutupan lahan menggunakan *maximum likelihood. Maximum likelihood* merupakan klasifikasi parametrik yang mensyaratkan setiap kelas selama pelatihan terdistribusi normal (Lillesand dan Kiefer, 2007; Danoedoro, 2012)

Analisis indeks vegetasi menggunakan *normalized difference vegetation index* (NDVI). Untuk mendapatkan kerapatan vegetasi yang menutupi lahan dibuat suatu citra yang mempresentasikan keberadaan vegetasi pada lahan tersebut yang disebut dengan citra NDVI (*Normalized Diffrence Vegetation Index*). Dalam Danoedoro (2012) menyatakan indeks vegetasi merupakan suatu transformasi yang dirancang dan diterapkan terhadap citra penginderaan jauh multisaluran untuk mempertajam atau menonjolkan aspek kerapatan vegetasi. Semakin rendah nilai pixel citra pada suatu lokasi menunjukkan bahwa intensitas vegetasi di lokasi tersebut semakin rendah dan sebaliknya bila nilai pixel tinggi maka lokasi tersebut memiliki kerapatan vegetasi tinggi. Persamaan transformasi NDVI adalah :

$$NDVI = \frac{(Saluran\ inframerah\ dekat - saluran\ merah)}{(Saluran\ inframerah\ dekat + saluran\ merah)}$$

BAB III
PEMBAHASAN

3.1. Analisis Geografis Kota Gorontalo Terhadap Kebutuhan Energi

Pola konsumsi energi kota dipengaruhi oleh banyak faktor diantaranya kondisi geografis, perilaku manusia, kebijakan energi. Peneliti mengkaji khusus pengaruh kondisi geografis dan perilaku manusia terhadap pola konsumsi energi kota khususnya di Gorontalo. Secara administrasi kota Gorontalo merupakan ibukota Provinsi Gorontalo yang memiliki luas wilayah berupa dataran seluas 79,03 Km^2. Secara geografis terletak pada $00^0 28' 17''$ – $00^0 35' 56''$ LU dan $122^0 59' 44''$ – $123^0 05' 59''$BT. Batas administrasi kota Gorontalo yaitu :

1. Sebelah utara berbatasan dengan kecamatan Tapa, kabupaten Bone Bolango
2. Sebelah selatan berbatasan dengan Teluk Tomini
3. Sebelah barat berbatasan dengan kecamatan Telaga dan kecamatan Batudaa, Kabupaten Gorontalo
4. Sebelah timur berbatasan dengan kecamatan Kabila dan kabupaten Bone Bolango

Wilayah administrasi kota Gorontalo terdiri dari 9 (sembilan) kecamatan yang terbagi menjadi 50 kelurahan di mana semua kelurahan sudah termasuk ke dalam kategori kelurahan swakarya. Kota Gorontalo merupakan salah satu kota pelabuhan yang berada di kawasan Teluk Tomini sebagai pelabuhan angkutan transportasi penumpang dan barang. Teluk tomini merupakan salah satu potensi kawasan andalan nasional dalam pengelolaan potensi perikanan kelautan dan kawasan segitiga pariwisata Togean – Gorontalo – Bunaken. Potensi ini menjadikan kota Gorontalo sangat strategis secara geografis dan menggambarkan kebutuhan energi yang tinggi.

Berdasarkan peta geologi lembar Gorontalo, sesar/patahan Gorontalo merupakan bagian zona pertemuan antara zona eurasia dan zona pasifik. Sesar Gorontalo tersebut menyerupai garis diagonal tunggal mulai dari pelabuhan Gorontalo sampai Kwandang. Pada daerah patahan terdapat potensi terjadinya tekntonik endogen damal bentuk bergesernya kerak/lapisan bumi secara vertikal atau horizontal. Namun, wilayah Kota Gorontalo (kawasan pantai selatan) memiliki potensi gempa yang tidak merusak. Sehingga berdasarkan kondisi geologi Kota Gorontalo memiliki potensi untuk terus berkembang secara fisik.

Secara demografi penduduk Kota Gorontalo pada 2016 berdasarkan sensus penduduk oleh BPS berjumlah 195.468 jiwa dengan tingkat kepadatan 2.473 orang/km^2. Kepadatan Penduduk Menurut Kecamatan di Kota Gorontalo disajikan pada Tabel 2

Tabel 2 Kepadatan Penduduk Tahun 2016

Kecamatan	Persentase Penduduk (%)	Kepadatan Penduduk per km^2
Kota Barat	11,65	1.134
Dungingi	12,28	5.138
Kota Selatan	10,57	7.353
Kota Timur	13,83	5.083
Hulonthalangi	8,52	1.170
Dumbo Raya	9,81	1.366
Kota Utara	9,62	2.345
Kota Tengah	14,06	5.731
Sipatana	9,66	3.740
Kota Gorontalo 2016	100,00	2.473

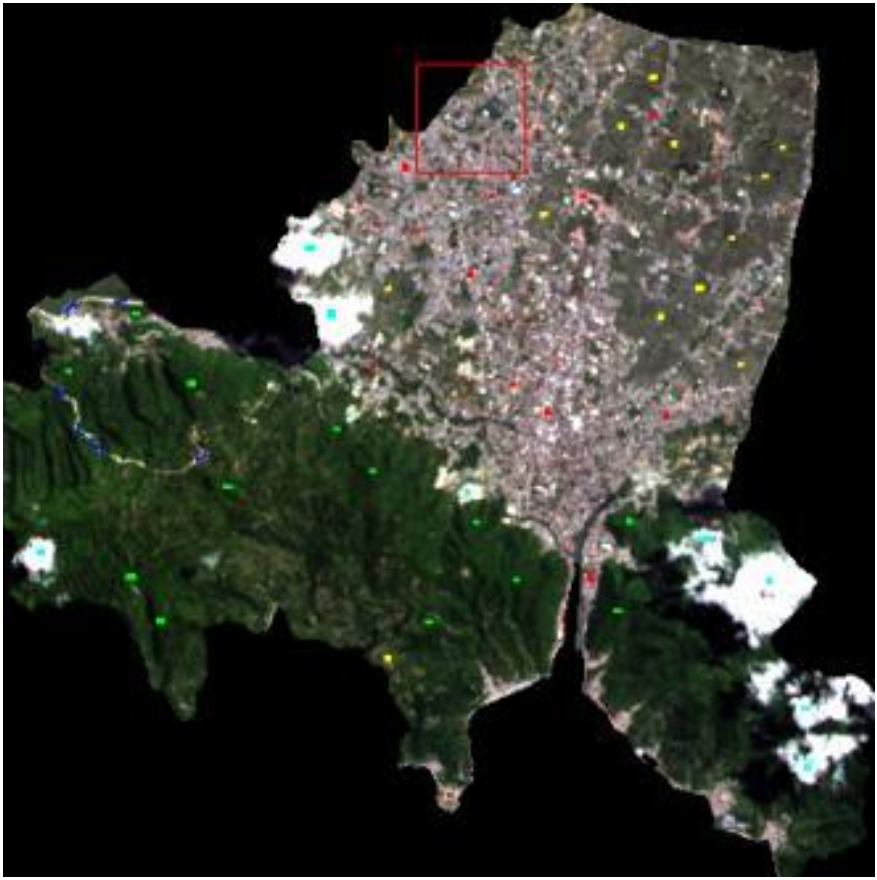
Sumber : Kota Gorontalo Dalam Angka Tahun 2017

Tabel 2 menunjukan kepadatan penduduk tertinggi terjadi di Kecamatan Kota Selatan yaitu 7.353 orang/Km^2. Berdasarkan kondisi demografis ini dapat disimpulkan sebagian besar kecamatan di Kota Gorontalo mengalami pertambahan jumlah penduduk setiap tahunnya sehingga akan berpengaruh pada konsumsi energi mendatang.

Kondisi geografis kota Gorontalo juga dilihat dari kondisi iklim. Tutupan lahan dan pengurangan area hijau dan produksi panas yang dihasilkan oleh kegiatan manusia dapat mengubah iklim suatu lokasi (Silva et al, 2018). Peta penutup lahan dibuat dengan memanfaatkan data citra Landsat Tahun 2017 melalui metode klasifikasi multispektral terbimbing (*supervised classification)* klasifikasi ini mengelompokkan piksel kedalam kelas-kelas penutup lahan yang sesuai atau paling mirip dengan nilai piksel sampel ROI (*region of interest*). Jumlah sampel ROI sebanyak 50 sampai 100 piksel (Gambar 1) setiap kelas penutup lahan yang tersebar di seluruh kota Gorontalo. ROI dikenali berdasarkan kenampakan visual obyek pada citra menggunakan kunci interpretasi berupa warna, rona, bentuk, ukuran, asosiasi. Misal, daerah bervegatasi dicirikan dengan warna yang hijau pekat sedangkan daerah terbangun memiliki warna cenderung kecoklatan berona terang dan bertekstur kasar. Setiap sampel diuji untuk mendapatkan indeks separabilitas. Indeks separabilitas dikatakan baik bila nilai perbedaan antar obyek lebih dari 1,7 (Gambar 2)

Perubahan penggunaan lahan di tahun 2017-2018 tidak terlalu spesifik, mengingat data yang digunakan hanya selisih 6 bulan. Oleh karenanya, hanya digunakan satu data Landsat yaitu data tahun 2017. Area tutupan lahan kota Gorontalo berdasarkan analisis citra kota Gorontalo dibagi menjadi lima (5)

yaitu area terbangun (*built area*), area dengan vegetasi kerapatan tinggi (VKT), area dengan vegetasi kerapatan sedang (VKS), area dengan vegetasi kerapatan rendah (VKR) dan awan (*cloud*).



ROI Name	Color	Pixels	Polygo
Buil up Area	Red	110	0/0
VKT	Green	110	0/0
VKR	Yellow	100	0/0
Cloud	Cyan	101	0/0
VKS	Blue	55	0/0

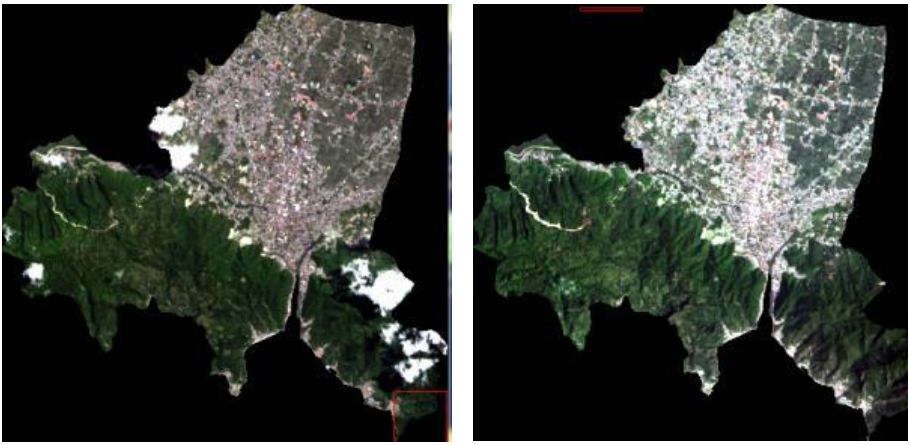
Gambar 2 Sebaran *Region of Interest*

```
Input File: gorontalo 2017
    ROI Name: (Jeffries-Matusita, Transformed Divergence)

Buil up Area [Red] 110 points:
    VKT [Green] 110 points: (1.99997169 2.00000000)
    VKR [Yellow] 100 points: (1.97871099 2.00000000)
    Cloud [Cyan] 101 points: (1.94230261 1.99998915)
    VKS [Blue] 55 points: (1.85871938 1.99844208)

VKT [Green] 110 points:
    Buil up Area [Red] 110 points: (1.99997169 2.00000000)
    VKR [Yellow] 100 points: (1.99994531 2.00000000)
    Cloud [Cyan] 101 points: (1.99997995 2.00000000)
    VKS [Blue] 55 points: (1.99955050 2.00000000)

VKR [Yellow] 100 points:
    Buil up Area [Red] 110 points: (1.97871099 2.00000000)
    VKT [Green] 110 points: (1.99994531 2.00000000)
    Cloud [Cyan] 101 points: (1.99861842 2.00000000)
    VKS [Blue] 55 points: (1.99328474 2.00000000)

Cloud [Cyan] 101 points:
    Buil up Area [Red] 110 points: (1.94230261 1.99998915)
    VKT [Green] 110 points: (1.99997995 2.00000000)
    VKR [Yellow] 100 points: (1.99861842 2.00000000)
    VKS [Blue] 55 points: (1.92619941 1.99930918)

VKS [Blue] 55 points:
    Buil up Area [Red] 110 points: (1.85871938 1.99844208)
    VKT [Green] 110 points: (1.99955050 2.00000000)
    VKR [Yellow] 100 points: (1.99328474 2.00000000)
    Cloud [Cyan] 101 points: (1.92619941 1.99930918)

Pair Separation (least to most);

Buil up Area [Red] 110 points and VKS [Blue] 55 points - 1.85871938
Cloud [Cyan] 101 points and VKS [Blue] 55 points - 1.92619941
Buil up Area [Red] 110 points and Cloud [Cyan] 101 points - 1.94230261
Buil up Area [Red] 110 points and VKR [Yellow] 100 points - 1.97871099
VKR [Yellow] 100 points and VKS [Blue] 55 points - 1.99328474
VKR [Yellow] 100 points and Cloud [Cyan] 101 points - 1.99861842
VKT [Green] 110 points and VKS [Blue] 55 points - 1.99955050
VKT [Green] 110 points and VKR [Yellow] 100 points - 1.99994531
Buil up Area [Red] 110 points and VKT [Green] 110 points - 1.99997169
VKT [Green] 110 points and Cloud [Cyan] 101 points - 1.99997995
```

Gambar 3 *Nilai separabilitas dari Region of Interest*

3.2. Analisis Citra Landsat

Citra Landsat digunakan untuk pemetaan temperatur permukaan lahan menggunakan persamaan *land surface temperature* (LST). LST diperoleh dari pengolahan dua citra landsat yaitu tahun perekaman agustus 2017 dan Februari 2018. Kedua citra digunakan untuk membedakan suhu permukaan pada musim penghujan dan musim kemarau. Tampilan citra dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Landsat true color composite (432) Images in dry season 2017 and (right) in wet season 2018

Landsat 8 memiliki 11 kanal yang terdiri atas 9 kanal multispektral dan 2 kanal thermal. Kalkulasi LST menggunakan 3 kanal (band) di citra Landsat, yaitu band merah, inframerah, dan thermal 1. Kanal merah dan inframerah digunakan untuk mengkalkulasi nilai NDVI dan emisi dari penutup lahan, sedangkan kanal thermal digunakan untuk mengkalkulasi suhu permukaan. Secara detil karakteristik saluran pada citra Landsat 8 di sajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Karakteristik Band Landsat 8

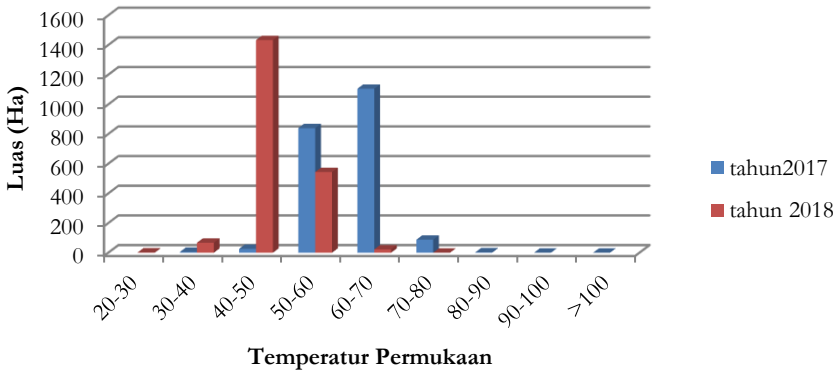
Band spectral	Panjang gelombang (μ)	Resolusi spasial	Kegunaan dalam pemetaan
Band 1 – coastal aerosol	0.43 – 0.45	30	Penelitian coastal dan aerosol
Band 2 – blue	0.45 – 0.51	30	Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation
Band 3 – green	0.53 – 0.59	30	Emphasize peak vegetation which is useful for assessing plant vigor
Band 4 – red	0.64 – 0.67	30	Discriminates vegetation slopes
Band 5 – near infrared	0.85 – 0.88	30	Emphasize biomass content and shorelines

Band spectral	Panjang gelombang (μ)	Resolusi spasial	Kegunaan dalam pemetaan
Band 6 – short wavelength infrared	1.57 – 1.65	30	Discriminates moisture content of soil and vegetation, penetrates thin clouds
Band 7 – short wavelength infrared	2.11 – 2.29	30	Improved moisture content of soil and vegetation thin clouds penetration
Band 8 – panchromatic	0.50 – 0.68	15	15 meter resolution, sharper image definition
Band 9 – cirrus	1.36 – 1.38	30	Improved detection of cirrus cloud contamination
Band 10 – long wavelength infrared	10.60 – 11.19	100	100 meter resolution, thermal mapping and estimated soil moisture
Band 11 - long wavelength infrared	11.50 – 12.51	100	100 meter resolution, improved thermal mapping and estimated soil moisture

Sumber : http://landsat.usgs.gov

Analisis kerapatan vegetasi dilakukan untuk mengetahui area hijau lokasi penelitian sebagai salah satu faktor yang mempengaruhi iklim. Jika kerapatan vegetasi berkurang, maka daerah terbuka akan terlihat lebih cerah dan memantulkan energi matahari lebih banyak. Dengan tidak adanya vegetasi yang memadai, penyerapan gas karbon dioksida di udara juga tidak akan maksimal.

Hasil pemetaan tutupan lahan akan digunakan untuk analisis suhu permukaan. Suhu permukaan sebagai indikator kebutuhan energi suatu kota. Gambar 5 menunjukkan hasil analisis temperatur permukaan pada musim kering, temperatur dominan di area terbangun berkisar anata 60-70°C, sedangkan pada musim penghujan 40-50°C. Suhu tertinggi di kota Gorontalo baik pada musim kemarau maupun penghujan terdistribusi di kelurahan Pulubala, Limba U1, dan Biawao.



Gambar 5 Distribusi temperatur permukaan di dalam area terbangun
(Sumber : Analisis Citra Landsat, 2018)

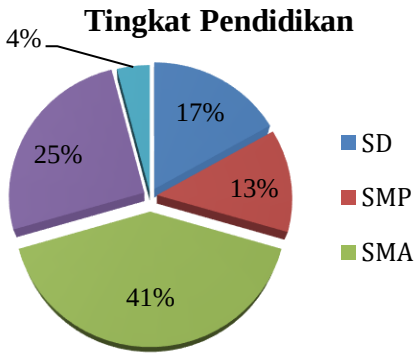
3.3. Analisis Prilaku Masyarakat Terhadap Kebutuhan Energi

Berdasarkan hasil analisis LST diperoleh beberapa area dengan suhu permukaan tetinggi diantaranya Pulubala. Kelurahan Pulubala merupakan salah satu kelurahan untuk pengambilan data wawancara. Perilaku masyarakat dalam penelitian ini dibatasi hanya dilihat dari perilaku pengguna energi rumah tangga. Rumah tangga merupakan representasi dari konsumsi energi masyarakat dan gambaran gaya hidup perorangan (Gram dan Hansen, 2011; Sugiura, et al, 2013). Hasil analisis data responden berdasarkan hasil kuesioner dapat dipaparkan bahwa konsumsi energi masyarakat di kota Gorontalo belum termasuk kategori tinggi karena dipengaruhi beberapa hal diantaranya harga energi yang rendah. Faktor ekonomi dilihat dari kemampuan penduduk dalam membayar tagihan listrik. Harga energi yang rendah ikut memberikan dampak negatif terhadap konsumsi energi karena konsumsi energi rumah tangga menjadi meningkat (Ding et al, 2016).

Rata-rata anggota keluarga dalam setiap rumah tangga dari keseluruhan responden yaitu 4 – 7 orang/rumah tangga. Biaya kebutuhan listrik rata-rata berkisar 7 – 15 % dari rata-rata pendapatan kepala rumah tangga. Artinya biaya pengguaan listrik masih terjangkau. Sebagai sebuah kota yang merupakan ibukota provinsi dan pusat kegiatan ekonomi, rata-rata pendapatan masyarakat masih cukup rendah. Namun, biaya listrik yang murah dan akses yang mudah akan memicu peningkatan kebutuhan terhadap listrik dimasa mendatang.

Tingkat sosial ekonomi penduduk perkotaan dan pedesaan sangat berbeda sehingga kebutuhan terhadap energi juga berbeda. Penduduk kota memiliki akses lebih mudah terhadap listrik. Peningkatan populasi di kota melalui urbanisasi maupun penduduk tidak tetap yang datang dengan tujuan melanjutkan pendidikan menambah kebutuhan penggunaan listrik.

Prilaku masyarakat juga mempengaruh pola konsumsi energi. Dari hasil wawancara, disimpulkan masyarakat belum secara sadar peduli dengan konsep penghematan energi. Pengurangan penggunaan listrik rumah tangga umumnya dilakukan untuk menekan pembiayaan listrik. Sehingga apabila pendapatan naik maka akan sangat mempengaruhi perilaku penggunaan energi. Penggunaan energi alternatif belum dilakukan seperti pemanfaatan limbah padat, dan tenaga surya. Tingkat pendidikan memberikan pengaruh terhadap prilaku masyarakat, kesadaran dan kepedulian tentang hemat energi, energi alternatif dan energi terbarukan. Dilihat dari tingkat pendidikannya rata-rata responden memiliki pendidikan setingkat SMA atau sederajat seperti yang ditunjukkan pada diagram berikut (Gambar 6)



Gambar 6 Persentase tingkat pendidikan responden

(Sumber : Analisis Data Responden, 2018)

Gambar 6 diatas menunjukan persentase tingkat pendidikan responden secara berturut-turut sebagian besar SMA atau sederajat yaitu 41 %, berpendidikan S1 25 %, SD 17 %, SMP atau sederajat 13 % dan yang paling kecil persentasenya yaitu S2/S3 hanya 4%. Pendidikan memberikan pengaruh pada jenis pekerjaan dan pendapatan dari setiap individu serta prila terhadap penggunaan energi. Berdasarkan hasil analisis temperatur kota Gorontalo termasuk daerah yang panas namun hasil wawancara terhadap responden sebagian besar responden menggunakan pendingin ruangan berupa kipas angin bukan AC. Artinya pendapatan ekonomi berkorelasi dengan jenis penggunaan energi. Namun demikian kondisi topografis yang cenderung datar dan landai memungkinkan fisik kota Gorontalo akan terus mengalami perkembangan sehingga konsumsi energi juga akan terus meningkat.

BAB III
KESIMPULAN DAN SARAN

3.1. Kesimpulan

1. Pada musim kering temperatur permukaan dominan di area terbangun berkisar antara 60-70°C, sedangkan pada musim penghujan 40-50° C. Suhu tertinggi di kota Gorontalo baik pada musim kemarau maupun penghujan terdistribusi di kelurahan Pulubala, Limba U1, dan Biawao.
2. Faktor geografis yang mempengaruhi pola konsumsi energi kota Gorontalo yaitu tutupan lahan, iklim dan prilaku masyarakat sebagai *human geography* belum secara sadar peduli dengan konsep penghematan energi. Pengurangan penggunaan listrik rumah tangga umumnya dilakukan untuk menekan pembiayaan listrik. Sehingga apabila pendapatan naik maka akan sangat mempengaruhi perilaku penggunaan energi. Penggunaan energi alternatif belum dilakukan seperti pemanfaatan limbah padat, dan tenaga surya.

3.2. Saran

1. Temperatur permukaan kota yang tinggi mengindikasikan suhu kota yang panas namun hasil wawancara terhadap responden tidak ditemukan penggunaan energi surya sebagai sumber energi. Sehingga kedepannya energi surya dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif
2. Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk memprediksi jumlah energi surya yang bisa disimpan untuk didistribusikan dalam satu wilayah.

REFERENSI

Alhamwi, A., Medjroubi, W., Vogt, T., Agert, C. 2017. GIS-Based Urban Energy Systems Models and Tools: Introducing A Model for The Optimisation of Flexibilisation Technologies in Urban Areas. Applied Energy 191

Fabbri, K., Zuppiroli, M., Ambrogio, K., 2012. *Heritage Buildings and Energy Performance: Mapping With GIS Tools*. Energy Build. 48(1), 137-145

Danoedoro, P., 2012, *Pengantar Penginderaan Jauh Digital.* Andi.Yogyakarta

Ding,Y., Qu, W., Niu, S., Liang, M., Qiang, W., Hong, Z. 2016. *Factors Influencing The Spatial Difference in Household Energy Consumption in China*. Sustainability

Doherty M, Nakanishi H, Bai X, Meyers J., 2009. *Relationships between Form, Morphology, Density and Energy in Urban Environments*. GEA Background Paper

Gouldson, A., Colenbrander, S., Sudmant, A., Papargyropoulou, E., Kerr, N., McAnulla, F., Hall, S., 2015. *Cties and Climate Change Mitigation: Economic Opportunities and Governance Challenges in Asia*, Cities 54, 11 – 19

Katili, W, A. 2014. Model Perkembangan Fisik Kota :Kasus Kota Gorontalo 2000 – 2010. Disertasi. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Kirsten Gram, Hansen, 2011. *Households' Energy Use – Which Is The More Important: Efficient Technologies or User Practices?*. World Energy Congress 2011-Swedia.

Kota Gorontalo Dalam Angka Tahun 2017,Badan Pusat Statistik Kota Gorontalo

Lillesand, T.M., dan Kiefer, R.W., Chpman, J.W., 2007, *Remote Sensing and Image Interpretation, Sixth Edition*. John Wiley and Sons, New York

Liu,Q.,Wu,G.,Chen,J.,Zhou,G., 2012, *Interpretation Artificial Neural Network in Remote Sensing Image Classification.* IEEE

Lin, F, Y., Lin, T,P., Hwang, R,L. 2017. *Using Geospatial Information and Building Energy Simulation to Construct Urban Residential Energy Use Map With High Resolution for Taiwan Cities*. Energy and Buildings 157 : 166 - 175

Ma, J., Cheng J.C.P. 2016. *Estimation of The Building Energy Use Intensity in The Urban Scale By Integrating GIS and BIG Data Technology*, Applied Energy, Vol (183): 182 – 192

Manfren M, Caputo, P., Costa, G. 2011. *Paradigm Shift Urban Energy Systems Through Distributed Generation : Methods and Models.* Applied Energy 88(4) : 1032 – 1048

Purwadhi, S.H., Sanjoto, T.H., 2008, *Pengantar Interpretasi Citra Penginderaan Jauh.* Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan Jurusan Geografi Universitas Negeri Semarang.

Roche, S. 2014. *Geographic Information Science I : Why Does A Smart City Need to be Spatially Enabled?,* Progress in Human Geography Vol. 38 (5) : 703 – 711

Silva, J. S., da Silva, R. M., Santos, C. A, 2018. *Spatio Temporal Impact of Land use/ Land cover Changes on Uran Heat Islands: A Case Study of Paco do Lumiar, Brazil,* Building and Environment 136 : 279 – 292

Prafull Singh, Nonyingbeni Kikon, Pradipika Verma, 2017. *Impact of Land use Change and Urbanization on Urban Heat Island in Lucknow City, Central India. A Remote Sensing Based Estimated.* Sustainable Cities and Society 32 (2017) 100 - 114

Sugiura, S., Miwa, A., Uno, T. 2013. *Analysis of Household Energy Consumption of Lighting and Electric Appliances and Predictions for 2020.* J. Intercultural Understanding, Vol 3:17 - 21

Sutanto., 1994, *Penginderaan Jauh (Jilid 1).* Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

Lampiran

Lampiran 1. Kuesioner

KUESIONER
PENGGUNAAN ENERGI RUMAH TANGGA

IDENTITAS KEPALA RUMAH TANGGA

Nama : _____

Pendidikan : _____

Pekerjaan : _____

Alamat : _____

Telepon : _____

Kapasitas listrik terpasang : ..... Ampere

KONSUMSI ENERGI

A. Beban Listrik

1. Berapa rata-rata listrik yang Anda pakai setiap bulan? _____kWh
2. Berapa rata-rata yang Anda keluakan untuk membayar tagihan listrik? Rp._____ (___% dari gaji rumah tangga)

B. Peralatan Listrik apa yang Anda miliki di rumah?

No	Peralatan Listrik	Jumlah	Daya	Rata-rata penggunaan sehari-hari (Jam)
1	Kulkas			
2	Rice cooker			
3	Microwave oven			
4	Televisi			
5	Audio			
6	Kipas Angin			
7	Pendingin ruangan (AC)			
8	Setrika			
9	Pompa Air			
10	Komputer			
11	Lainnya ……..			

12. Apakah anda peduli dengan peralatan hemat energi ? Ya/tidak
    Alasan:
    _____
    _____
    _____
    _____
13. Rata-rata, berapa silinder gas/tabung gas (kg) yang anda gunakan dalam sebulan
14. Jika memasak menggunakan minyak tanah berapa liter rata-rata minyak tanah yang dihabiskan penggunaan minyak tanah?
    - ☐ Memasak
    - ☐ Memanaskan air
    - ☐ Lainnya _____

C. Transportasi

1. Apa jenis kendaraan yang dimiliki dan berapa banyak?
    - ☐ Sepeda
    - ☐ Motor
    - ☐ Mobil
2. Berapa liter bahan bakar rata-rata yang digunakan untuk kendaraan anda setiap bulan? … liter

D. Perilaku Pengguna Energi

1. Berapa lama tinggal dirumah ini?
2. Berapa banyak anggota keluarag dalam satu rumah?
3. Berapa jumlah anggota di atas 60 tahun?
4. Berapa jumlah anggota yang berumur di bawah 5 tahun?

ENERGI ALTERNATIF

A. Konsep Limbah untuk Energi

1. Bagaimana anda membuang limbah padat dari rumah anda?
    - ☐ Dikumpulkan/buang ke pengumpul sampah
    - ☐ Dibuang ke suatu tempat
    - ☐ Menggunakannya sebagai kompos
    - ☐ Mengubahnya menjad listrik
    - ☐ Lainnya
    _____
    _____
    _____

2. Apakah berencana menggunakan limbah padat dari rumah Anda sebagai sumber energy?Ya/tidak
   Alasan
   _____
   _____
   _____
3. Apakah anda siap jika ditawari untuk menggunakan teknologi mengubah limbah padat menjadi energi?

B. Sosial Ekonomi Rumah tangga

1. Berapa total pendapatan bulanan keluarga anda?
2. Dibandingkan dengan total pendapatan keluarga, bagaimana Anda menilai pengeluaran Anda untuk listrik, bahan bakar dan gas memasak?
   - ☐ Tinggi
   - ☐ Sedang
   - ☐ Rendah
3. Jenis pengganti listrik apa yang sering anda gunakan
   - ☐ Generator
   - ☐ Lampu minyak tanah
   - ☐ Lilin
   - ☐ Lampu energy surya
   - ☐ Lainnya _____

Gorontalo, 2018

Lampiran 2. Dokumentasi Kegiatan

(Photo taken on February 24,2018)
Figure 1. Briefing with the team survey

Figure 2. Interview respondents in Kota Tengah Subdistrict
(Photo taken on March 01, 2018)

Figure 3. Interview respondents in Liluwo
Photo taken on March 02, 2018

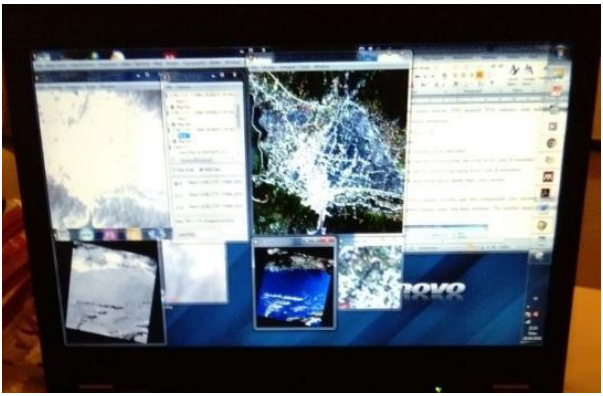


Figure 5. Satelite image processing (April 10, 2018)

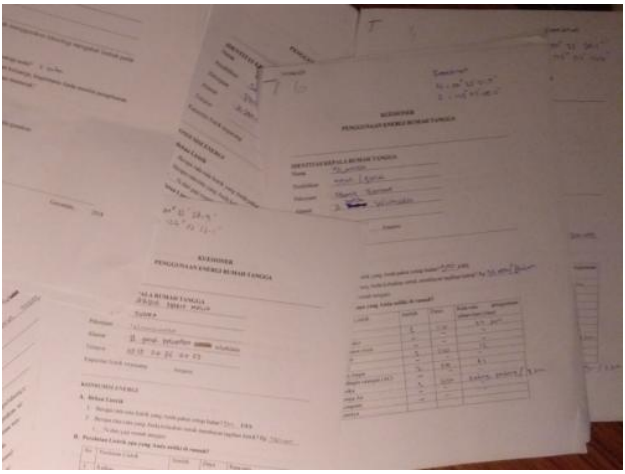


Figure 6. Data questionnaire (April 10, 2018)

Lampiran 3. Sampel Kuesioner

KUESIONER

PENGGUNAAN ENERGI RUMAH TANGGA

IDENTITAS KEPALA RUMAH TANGGA

Nama : ABDUL HARIS MALIK

Pendidikan : SMEA

Pekerjaan : Wiraswasta

Alamat : Jl gerut kelurahan [redacted] wumialo

Telepon : 0815 24 36 24 59

Kapasitas listrik terpasang : ..... Ampere

KONSUMSI ENERGI

A. Beban Listrik

1. Berapa rata-rata listrik yang Anda pakai setiap bulan? 900 kWh
2. Berapa rata-rata yang Anda keluakan untuk membayar tagihan listrik? Rp. 350.000

   (___% dari gaji rumah tangga)

B. Peralatan Listrik apa yang Anda miliki di rumah?

No	Peralatan Listrik	Jumlah	Daya	Rata-rata penggunaan sehari-hari (Jam)
1	Kulkas	1	350	24
2	*Rice cooker*	1	110	24
3	Microwave oven	–	–	–
4	Televisi	1	220	8
5	Audio	–	–	–
6	Kipas Angin	1	50	6
7	Pendingin ruangan (AC)	–	–	–
8	Setrika	1	350	1 Jam
9	Pompa Air	–	–	–
10	Komputer	–	–	–
11	Lainnya			

12. Apakah anda peduli dengan peralatan hemat energi ? Ya/~~tidak~~
    Alasan :
    agar hemat biaya Listrik

13. Rata-rata, berapa silinder gas/tabung gas (kg) yang anda gunakan dalam sebulan ..3 x 9
14. Jika memasak menggunakan minyak tanah berapa liter rata-rata minyak tanah yang dihabiskan penggunaan minyak tanah?
    - ☐ Memasak
    - ☐ Memanaskan air
    - ☐ Lainnya Tidak

C. Transportasi

1. Apa jenis kendaraan yang dimiliki dan berapa banyak?
    - ☐ Sepeda
    - ☑ Motor 1 L
    - ☐ Mobil
2. Berapa liter bahan bakar rata-rata yang digunakan untuk kendaraan anda setiap bulan? ..25 L liter

D. Perilaku Pengguna Energi

1. Berapa lama tinggal dirumah ini? 20
2. Berapa banyak anggota keluarag dalam satu rumah? 4
3. Berapa jumlah anggota di atas 60 tahun? –
4. Berapa jumlah anggota yang berumur di bawah 5 tahun? 2

ENERGI ALTERNATIF

A. Konsep Limbah untuk Energi

1. Bagaimana anda membuang limbah padat dari rumah anda?
    - ☐ Dikumpulkan/buang ke pengumpul sampah
    - ☑ Dibuang ke suatu tempat

- ☐ Menggunakannya sebagai kompos
- ☐ Mengubahnya menjad listrik
- ☐ Lainnya

_____

_____

_____

2. Apakah berencana menggunakan limbah padat dari rumah Anda sebagai sumber energy?Ya/~~tidak~~
   Alas an
   Dika tahu pengolahan

3. Apakah anda siap jika ditawari untuk menggunakan teknologi mengubah limbah padat menjadi energy? ya

B. Sosial Ekonomi Rumah tangga

1. Berapa total pendapatan bulanan keluarga anda? 3-000-000
2. Dibandingkan dengan total pendapatan keluarga, bagaimana Anda menilai pengeluaran Anda untuk listrik, bahan bakar dan gas memasak?
   - ☐ Tinggi
   - ☑ Sedang
   - ☐ Rendah
3. Jenis pengganti listrik apa yang sering anda gunakan
   - ☐ Generator
   - ☐ Lampu minyak tanah
   - ☑ Lilin
   - ☐ Lampu energy surya
   - ☐ Lainnya _____

Gorontalo, 2018

CDSR

http://cdsr.pse.ugm.ac.id/

Centre For Energy Studies – Universitas Gadjah Mada

Sekip Blok K1-A, Yogyakarta 55281 - INDONESIA

Contact Us

CDSR

Centre For Energy Studies – Universitas Gadjah Mada

Address: **Sekip Blok K1-A, Yogyakarta 55281 - INDONESIA**

email: **shera.cdsr@gmail.com**
telp/fax: **+62 (274) 549429**
website: **cdsr.pse.ugm.ac.id**
facebook: **web.facebook.com/cdsr.shera**