

**ANALISIS EKOLOGI BENTANG LAHAN PADA RENCANA  
EKSPLORASI PANAS BUMI DI WELIRANG MENGGUNAKAN  
METODE *SPATIAL LANDSCAPE IMPACT ASSESSMENT*  
(SLIA)**

**SKRIPSI**

Oleh  
**FARIHATUN NA'IMAH**  
**175100900111009**



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2021**



**ANALISIS EKOLOGI BENTANG LAHAN PADA RENCANA  
EKSPLORASI PANAS BUMI DI WELIRANG MENGGUNAKAN  
METODE *SPATIAL LANDSCAPE IMPACT ASSESSMENT*  
(SLIA)**

Oleh  
**FARIHATUN NA'IMAH**  
**175100900111009**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik**



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG**

**2021**



## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Analisis Ekologi Bentang Lahan  
Pada Rencana Eksplorasi Panas  
Bumi di Welirang Menggunakan  
Metode *Spatial Landscape Impact  
Assessment (SLIA)*

Nama Mahasiswa : Farihatun Na'imah  
NIM : 175100900111009  
Jurusan : Keteknikan Pertanian  
Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,



**Dr. Eng. A. Adi Sulianto, STP, M. Eng**

NIP. 19790501 200501 1 001

Tanggal Persetujuan :

Pembimbing Kedua,



**Putri Setiani ST, MES, Ph.D**

NIP. 201608 870624 2 001

Tanggal Persetujuan

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Analisis Ekologi Bentang Lahan Pada Rencana Eksplorasi Panas Bumi di Welirang Menggunakan Metode *Spatial Landscape Impact Assessment* (SLIA)

Nama Mahasiswa : Farihatun Na'imah

NIM : 175100900111009

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Dosen Penguji



Dr. Ir. Alexander Tunggal Sutan Haii, MT

NIP. 19620814 198701 1 001

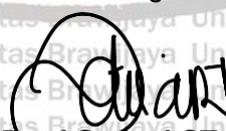
Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,



Dr. Eng. A. Adi Sullianto, STP, M. Eng

NIP. 19790501 200501 1 001



Putri Setiani, ST, MES, Ph.D

NIP. 201608 870624 2 001

Ketua Jurusan



Dr. Eng. A. Adi Sullianto, STP, M. Eng

NIP. 19790501 200501 1 001

Tanggal Persetujuan : 06/10/2021



## RIWAYAT HIDUP



Farihatun Na'imah, lahir di Grobogan pada tanggal 22 Juli 1999 dari pasangan Moh. Nur Cholis dan Alfiyah. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara, dengan dua adik laki-laki. Penulis menempuh pendidikan tingkat dasar hingga menengah atas di madrasah. Pendidikan dasar ditempuh di MI Suniyah II Ngrampaan, kemudian untuk tingkat menengah pertama di MTs. Puteri Sunniyyah Selo. Setelah lulus dari jenjang sekolah menengah pertama, penulis melanjutkan studi di MA Sunniyyah Selo dan lulus pada tahun 2017. Pada masa sekolah penulis aktif di OSIS dan Pramuka, serta mengikuti ajang perlombaan, diantaranya Pidato Bahasa Inggris.

Setelah lulus dari sekolah menengah pertama pada tahun 2017, penulis diterima untuk melanjutkan studi di Universitas Brawijaya Malang pada program studi Teknik Lingkungan melalui jalur SBMPTN. Selama perkuliahan, penulis aktif di organisasi ESP (*English Specific Purpose*) menjadi Sekretaris selama 2 periode. Tidak hanya di organisasi, penulis juga turut serta dalam kegiatan kepanitiaan baik di tingkat himpunan prodi, jurusan, fakultas, maupun Universitas. Pada tahun 2018 ikut serta kepanitiaan Pemilihan Mahasiswa Raya (PEMIRA) UB dengan menjadi Panitia Pengawas. Penulis juga ikut serta dalam kepanitiaan Orientasi mahasiswa baru di Fakultas FTP (Rajawali FTP UB) dan Orientasi Jurusan (OPJ TEP) tahun 2018. Selain itu, penulis juga pernah menjadi bagian dari kepanitiaan Environizer sebagai Koordinator divisi Acara-Humas pada tahun 2019.

Selain aktif di organisasi dan kepanitiaan, penulis juga menjadi asisten praktikum amupun responsi di beberapa mata kuliah selama masa perkuliahan. Pada tahun akademik



2018/2019, semester ganjil, penulis menjadi asisten mata kuliah Fisika Dasar. Sementara untuk semester genap tahun akademik 2018/2019 penulis menjadi asisten praktikum mata kuliah Kimia Lingkungan. Penulis juga menjadi asisten praktikum mata kuliah Pemetaan dan Fisika Dasar pada semester ganjil tahun akademik 2019/2020, sementara untuk semester genap tahun akademik 2019/2020 penulis menjadi asisten responsi mata kuliah Drainase. Tahun akademik 2020/2021, penulis juga menjadi asisten praktikum untuk mata kuliah Perencanaan dan Manajemen DAS di semester gasal, dan untuk semester gasal penulis menjadi asisten responsi mata kuliah Perencanaan Bangunan Pengolahan Limbah Cair.



Alhamdulillah, akhirnya penulis dapat menyelesaikan maha karya ini terimakasih kepada Allah yang pertama.

Skripsi ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya, keluarga besar, dan segenap orang yang sering menanyakan “Sudah sampai mana Skripsinya?”

*Last but not least*, saya persembahkan karya ini kepada diri sendiri. Terimakasih penulis ucapkan pada diri sendiri, terimakasih sudah berusaha sekeras ini, terimakasih untuk tidak menyerah, dan terimakasih sudah melalui berbagai hal serta belajar selama prosesnya.

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Mahasiswa : Farihatun Na'imah  
NIM : 175100900111009  
Jurusan : Keteknikan Pertanian  
Fakultas : Teknologi Pertanian  
Judul Tugas Akhir : Analisis Ekologi Bentang Lahan Pada Rencana Eksplorasi Panas Bumi di Welirang Menggunakan Metode *Spatial Landscape Impact Assessment* (SLIA)

Menyatakan bahwa,

Tugas akhir dengan judul di atas merupakan karya asli penulis tersebut. Apabila kemudian hari terbukti pernyataan ini tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 30 September 2021



Farihatun Na'imah

NIM 175100900111009



**Farihatun Na'imah. 175100900111009. Analisis Ekologi Bentang lahan pada Rencana Eksplorasi Panas Bumi di Welirang Menggunakan Metode *Spatial Landscape Impact Assessment* (SLIA). Skripsi. Pembimbing : Dr. Eng. Akhmad Adi Sulianto, STP, M.Eng dan Putri Setiani, ST, MES, Ph.D**

---

## **RINGKASAN**

Sejauh ini pasokan utama energi listrik Indonesia adalah bahan bakar fosil yaitu sebesar 93,4%, padahal energi fosil menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, sehingga penggunaannya perlu diakhiri. Salah satu alternatif yang cukup potensial adalah panas bumi, karena Indonesia merupakan negara terbesar di dunia yang memiliki cadangan panas bumi sebesar 40% sehingga diperkirakan memiliki daya mencapai 29 Gigawatt. Salah satu lokasi yang potensial adalah Wilayah Kerja Panas (WKP) Arjuno-Welirang yang terletak di kawasan Taman Hutan Raya (Tahura) R. Soerjo Mojokerto. Letak WKP yang berada di dalam kawasan Tahura ini tentu akan berdampak bagi berbagai komponen lingkungan seperti bentang alam dan ekosistem di dalamnya dan tidak menutup kemungkinan mengganggu individu yang hidup di tahura, sehingga perlu studi untuk mengkaji dampak eksplorasi terhadap komponen bentang lahan di WKP Arjuno Welirang. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui tingkat dampak rencana eksplorasi terhadap perubahan bentang lahan di Welirang, mengkaji dampak terhadap lingkungan akibat perubahan bentang lahan di WKP Arjuno Welirang, serta menyusun upaya mitigasi dari dampak yang ditimbulkan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Spatial Landscape Impact Assessment* (SLIA), dimana metode ini merupakan metode analisis berbasis spasial dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG) dalam pengolahan datanya.



Terdapat empat aspek yang akan dikaji yaitu fragmentasi, area permukaan, reduksi kawasan penting, dan konflik konservasi. Setelah dilakukan pengumpulan data, kemudian data dianalisis dengan metode SLIA dan diperoleh suatu nilai yang tergolong pada satu tingkat dampak. Selanjutnya hasil tersebut di analisis secara deskriptif dan dikaji potensial dampak lain, lalu disusun upaya mitigasi menggunakan hierarki mitigasi menurut CBSI untuk risiko dampak di masa yang akan datang. Berdasarkan analisis menggunakan metode SLIA, tiga aspek yaitu aspek area permukaan, reduksi kawasan penting dan fragmentasi mendapat skor 1 dengan perubahan dampak sebesar 113.838,47 m<sup>2</sup>, kawasan penting tereduksi 0,1 km<sup>2</sup> dan *patch* yang terbentuk 5 *patch*. Adapun konflik konservasi memperoleh skor 20 karena 87,88% lokasi proyek berada di dalam kawasan lindung. Dari hasil tersebut maka diperoleh bahwa rata-rata skor dari 4 aspek tersebut yaitu 5,75 dan tergolong ke dalam kelas dengan deskripsi berdampak rendah terhadap komponen bentang lahan. Dampak yang muncul pada masing-masing komponen lingkungan bergantung pada jenis kegiatan. Pada komponen ekologi muncul dampak gangguan vegetasi dan gangguan satwa, namun tidak terlalu besar mengingat tidak adanya spesies berstatus konservasi tinggi. Adapun upaya mitigasi yang diusulkan antara lain memastikan pembukaan lahan dan kegiatan pembebasan sesuai dengan rencana serta memanfaatkan infrastruktur yang sudah ada; mempertahankan pohon besar yang saling berhubungan sebagai jembatan satwa; membatasi akses keluar masuk proyek; membatasi kecepatan kendaraan di dalam taman hutan raya; revegetasi lahan dengan menggunakan vegetasi yang hilang (restorasi), membuatkan habitat baru di dekat habitat yang lama (*offset*).

**Kata Kunci : Bentang lahan, dampak ekologi, eksplorasi panas bumi, metode SLIA**



**Farihatun Na'imah. 175100900111009. Ecological Analysis of the Landscape in the Geothermal Exploration Plan at Welirang Using the Spatial Landscape Impact Assessment (SLIA) Method. Thesis. Adviser : Dr. Eng. Akhmad Adi Sulianto, STP, M.Eng and Putri Setiani, ST, MES, Ph.D**

---

**SUMMARY**

Indonesia's main supply of electricity dominated by fossil fuels, around 93.4%. Fossil energy has a negative impact on the environment so that we need renewable energy which is more eco-friendly. One of the potential renewable energy is geothermal, because Indonesia is the largest country in the world which has geothermal reserves of 40% so that it can become a power plant with an estimated power of 29 Gigawatts. One of the potential locations is the Arjuno-Welirang Hot Work Area, which is located in the Highway Forest Park area of R. Soerjo in Mojokerto. The location of the hot working areas in the highway forest park area will certainly have an impact on various environmental components such as landscape component and ecosystem because there are many individuals living there, which possible the existence of protected animals and vegetation there. Therefore a study was conducted to assess the impact of exploration on the landscape component in WKP Arjuno Welirang. The purpose of this study is to determine the level of impact of exploration plans on changes to the landscape in Welirang, to assess the impact on the environment due to changes in the landscape in the WKP Arjuno Welirang, and to formulate mitigation efforts from the impacts.

The method used in this study is Spatial Landscape Impact Assessment (SLIA) method, this is a spatial-based analysis method with the help of a Geographical Information System (GIS) in data processing. There are four aspects to be studied, they are



fragmentation, surface area, wilderness area and conservation conflict. After data collected, the data is analyzed using the SLIA method and a value belonging to one level of impact is obtained. Furthermore, these results are analyzed descriptively and other potential impacts are examined, and then mitigation formula are prepared to prevent significant impacts on the environment in the future. The aspect of surface area, wilderness area and fragmentation, got a score 1 with a change in impact of 113.838,47 m<sup>2</sup> in surface area aspect, wilderness area reduction 0,1 km<sup>2</sup> and 5 patches formed. Meanwhile, conservation conflicts get a score of 20 because 87,88% of the project sites are in protected areas. From these results, it is obtained that the average score of the all aspects is 5.75 and belongs to a class with a description of low impact on the landscape component. The impact that appears on each environmental component depends on the activity. In the ecological component, the impact of vegetation disturbance and animal disturbance appears, but the magnitude is not too large considering the absence of species with high conservation status. The proposed mitigation efforts include ensuring land clearing and concrete activities are in accordance with the plan and utilizing existing infrastructure; maintain large interconnected trees as animal bridges; restricting access in and out of the project; limiting the speed of vehicles in the forest park; land revegetation using lost vegetation (restoration), creating new habitats near the old ones (offset). Restoration and offsets require further studies from experts in their fields.

**Keywords:** Ecological Impact, landscape, geothermal exploration, SLIA method



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Skripsi dengan judul **“Analisis Ekologi Bentang Lahan Pada Rencana Eksplorasi Panas Bumi di Welirang Menggunakan Metode *Spatial Landscape Impact Assessment (SLIA)*”** dengan baik.

Penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr.Eng.A. Adi Sulianto, STP, M.Eng selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan saran serta masukan dalam penyusunan laporan ini.
2. Ibu Putri Setiani, ST, MES, Ph.D selaku dosen pembimbing 2 yang telah memberikan saran serta masukan dalam penyusunan laporan ini.
3. Bapak Dr.Ir. Alexander Tunggul Sutan Haji, MT yang telah memberikan kesempatan untuk bergabung dalam proyek dan berdiskusi bersama mengenai tugas akhir ini, sekaligus sebagai penguji skripsi.
4. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberi dukungan.
5. Teman-teman yang tergabung dalam proyek WKP Arjuno Welirang, Rikza Zakiya, Nurul Fathmadani, Arga Krisna, Lutfiari Nur R, Nadhil Satria, dan Yusra, terimakasih sudah menemani dan mendukung selama rangkaian kegiatan survey.
6. Rizka Dwi Purwanti, Arofah Al Musfira, Amalia Gantini, Dewi Martha, Zakiyyah Fathul K, terimakasih atas support dan mau mendengar segala bentuk cerita penulis.
7. Teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.



Demikian yang dapat penulis sampaikan, penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan dengan segala kekurangannya. Untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak demi terciptanya laporan yang lebih baik kedepannya. Penulis mengucapkan terima kasih pula kepada semua pihak yang telah memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan penulisan laporan skripsi ini. Akhir kata penulis berharap, semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa-mahasiswi dan pembaca sekaligus untuk menambah pengetahuan tentang topik ini.

Malang, 30 September 2021

Penulis



## DAFTAR ISI

COVER.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	vii
RINGKASAN.....	viii
SUMMARY.....	x
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	6
1.3. Tujuan penelitian.....	6
1.4. Manfaat penelitian.....	7
1.5. Batasan Masalah.....	7
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Eksplorasi Panas Bumi.....	9
2.2 Ekologi Bentang Lahan.....	12
2.3 Sistem Informasi Geografis.....	13
2.4 Metode <i>Spatial Landscape Impact Assessment</i> (SLIA).....	14
2.4.1 Area Permukaan ( <i>Surface area</i> ).....	16
2.4.2 Reduksi kawasan penting.....	17
2.4.3 Fragmentasi.....	21
2.4.4 Konflik konservasi.....	23
2.4.5 <i>Geothermal sprawl</i> .....	23
2.4.6 Visibility.....	24
2.5 Mitigasi Bencana.....	25
2.6 Penelitian Terdahulu.....	28



**BAB III METODE PENELITIAN.....42**

3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan..... 43

3.2. Alat dan Data..... 43

3.3. Metode Penelitian..... 45

3.4. Tahap Pelaksanaan..... 46

3.4.1 Pengumpulan Data ..... 46

3.4.2 Pengolahan Data ..... 46

3.4.3 Identifikasi Dampak ..... 48

3.4.4 Perumusan Upaya Mitigasi ..... 49

3.5. Metode Analisis Data..... 51

3.5.1 Analisis Area Permukaan..... 51

3.5.2 Reduksi Kawasan Penting ..... 52

3.5.3 Fragmentasi Bentang lahan ..... 53

3.5.4 Konflik konservasi ..... 53

3.5.5 *Rating* dan *Skoring*..... 54

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....59**

4.1 Deskripsi Wilayah Studi ..... 59

4.2 Deskripsi Rencana atau Kegiatan..... 61

4.2.1 Tahap Pra Konstruksi ..... 62

4.2.2 Tahap Konstruksi..... 66

4.2.3 Tahap Operasi..... 73

4.2.4 Tahap Pasca Operasi ..... 75

4.3 Analisis Ekologi Bentang Lahan dengan Metode SLIA .76

4.3.1 Area Permukaan..... 76

4.3.2 Reduksi Kawasan Penting ..... 87

4.3.3 Fragmentasi..... 95

4.3.4 Konflik Konservasi ..... 101

4.3.5 *Rating* SLIA..... 103

4.4 Identifikasi dan Kajian Dampak Ekologis ..... 104

4.4.1 Identifikasi Dampak..... 104

4.4.2 Kajian Dampak..... 109

4.5 Perumusan Upaya Mitigasi..... 139



<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>150</b>
5.1 Kesimpulan .....	151
5.2 Saran .....	152
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>153</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>161</b>

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

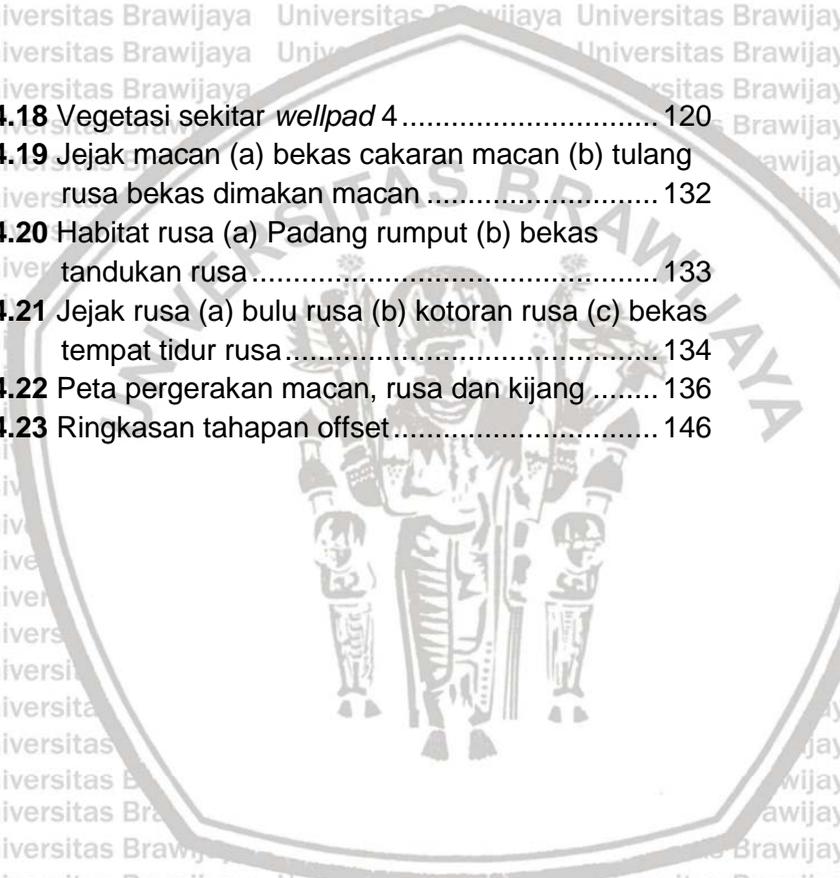


## DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
<b>Gambar 3.1</b>	Peta Wilayah Studi .....	44
<b>Gambar 3.2</b>	Diagram yang menunjukkan implementasi hierarki mitigasi .....	51
<b>Gambar 3.3</b>	Diagram alir penelitian .....	57
<b>Gambar 4.1</b>	Rencana trase jalan .....	68
<b>Gambar 4.2</b>	Tipikal perkerasan jalan eksplorasi di WKP Arjuno Welirang .....	69
<b>Gambar 4.3</b>	Peta well pad dan elevasi .....	71
<b>Gambar 4.4</b>	<i>Layout Plan Wellpad 1</i> .....	72
<b>Gambar 4.5</b>	Peta tata guna lahan Kabupaten Mojokerto .....	78
<b>Gambar 4.6</b>	Peta tata guna lahan Kota Batu .....	79
<b>Gambar 4.7</b>	Landuse di sekitar tapak proyek eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang .....	83
<b>Gambar 4.8</b>	Tutupan lahan dalam taman hutan raya R. Soerjo .....	84
<b>Gambar 4.9</b>	Land cover tereduksi akibat eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang .....	85
<b>Gambar 4.10</b>	Peta Wilayah Kerja RPH Taman Hutan Raya R. Soerjo .....	93
<b>Gambar 4.11</b>	Pemanfaatan blok yang berkurang akibat kegiatan eksplorasi panas bumi .....	94
<b>Gambar 4.12</b>	<i>Feature to polygon</i> pada <i>Data management tool</i> .....	97
<b>Gambar 4.13</b>	Proses <i>input feature</i> .....	98
<b>Gambar 4.14</b>	Hasil <i>feature to polygon</i> .....	98
<b>Gambar 4.15</b>	Peta fragmentasi kawasan .....	99
<b>Gambar 4.16</b>	Kegiatan survey lapang vegetasi (a) inventaris vegetasi di plot (b) penitikan dengan GPS .....	110
<b>Gambar 4.17</b>	Struktur kategori status konservasi menurut IUCN .....	112



<b>Gambar 4.18</b> Vegetasi sekitar <i>wellpad</i> 4.....	120
<b>Gambar 4.19</b> Jejak macan (a) bekas cakaran macan (b) tulang rusa bekas dimakan macan .....	132
<b>Gambar 4.20</b> Habitat rusa (a) Padang rumput (b) bekas tandukan rusa .....	133
<b>Gambar 4.21</b> Jejak rusa (a) bulu rusa (b) kotoran rusa (c) bekas tempat tidur rusa .....	134
<b>Gambar 4.22</b> Peta pergerakan macan, rusa dan kijang .....	136
<b>Gambar 4.23</b> Ringkasan tahapan offset.....	146



## DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
<b>Tabel 2. 1</b>	Rating pengaruh numerik dan deskripsi tingkat dampak.....	16
<b>Tabel 2. 2</b>	Kategori Kawasan yang di lindungi menurut IUCN..	18
<b>Tabel 2. 3</b>	Kategori Kawasan Lindung menurut Kepres Nomor 32 Tahun 1990 .....	20
<b>Tabel 2. 4</b>	Penelitian Terdahulu.....	29
<b>Tabel 3. 1</b>	Alat yang digunakan dalam penelitian.....	43
<b>Tabel 3. 2</b>	Data yang diperlukan dalam penelitian .....	45
<b>Tabel 3. 3</b>	Skala <i>rating</i> perubahan area permukaan .....	52
<b>Tabel 3. 4</b>	Skala <i>rating</i> reduksi kawasan penting .....	52
<b>Tabel 3. 5</b>	<i>Rating</i> skala fragmentasi bentang lahan .....	53
<b>Tabel 3. 6</b>	<i>Rating</i> skala pengaruh konflik konservasi .....	54
<b>Tabel 3. 7</b>	<i>Rating</i> dan <i>skoring</i> rata-rata analisis ekologi bentang lahan.....	54
<b>Tabel 4. 1</b>	Prakiraan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan.....	65
<b>Tabel 4. 2</b>	Prakiraan kebutuhan alat berat untuk kegiatan konstruksi .....	66
<b>Tabel 4. 3</b>	Prakiraan kebutuhan bahan dan volume untuk konstruksi jalan.....	66
<b>Tabel 4. 4</b>	Parameter Perbandingan Berbagai Ukuran Sumur .	70
<b>Tabel 4. 5</b>	Lokasi koordinat dan ketinggian <i>wellpad</i> .....	71
<b>Tabel 4. 6</b>	Komposisi tutupan lahan di Taman Hutan Raya R. Soerjo.....	80
<b>Tabel 4. 7</b>	<i>Land use</i> tereduksi akibat rencana trase jalan .....	81
<b>Tabel 4. 8</b>	<i>Land cover</i> taman hutan raya R. Soerjo tereduksi akibat trase jalan.....	82
<b>Tabel 4. 9</b>	Area permukaan tereduksi akibat konstruksi <i>wellpad</i>	86
<b>Tabel 4. 10</b>	Area permukaan tereduksi akibat eksplorasi panas bumi.....	87
<b>Tabel 4. 11</b>	Pemanfaatan blok pada RPH 4 dan RPH 7.....	90



<b>Tabel 4. 12</b>	Pemanfaatan blok yang berkurang akibat rencana trase jalan.....	91
<b>Tabel 4. 13</b>	Pemanfaatan blok tereduksi akibat rencana <i>wellpad</i> .....	92
<b>Tabel 4. 14</b>	Pemanfaatan blok tereduksi akibat eksplorasi panas bumi .....	95
<b>Tabel 4. 15</b>	Dampak Potensial kegiatan eksplorasi panas bumi .....	106
<b>Tabel 4. 16</b>	Daftar vegetasi pohon hasil ploting .....	115
<b>Tabel 4. 17</b>	Daftar tumbuhan bawah hasil ploting .....	117
<b>Tabel 4. 18</b>	Vegetasi jenis pohon terkena <i>wellpad</i> .....	121
<b>Tabel 4. 19</b>	Vegetasi jenis semak dan perdu terkena <i>wellpad</i> .....	122
<b>Tabel 4. 20</b>	Satwa tertangkap kamera trap .....	128
<b>Tabel 4. 21</b>	Ringkasan upaya mitigasi .....	148



## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1</b> Daftar Vegetasi Plot 1 (Blok Budug Gede) .....	161
<b>Lampiran 2</b> Daftar vegetasi plot 2 (Blok Sanggar).....	164
<b>Lampiran 3</b> Daftar vegetasi di plot 3.....	166
<b>Lampiran 4</b> Daftar vegetasi inventari jelajah antara plot 3 dan Curah Deker.....	168



## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Populasi manusia di dunia terus meningkat setiap tahunnya. Pada tahun 2019 populasi penduduk dunia mencapai 7,7 milyar jiwa dimana jumlah ini meningkat sebanyak 1,08% dibanding tahun sebelumnya (Jayani, 2019). Seiring dengan peningkatan kebutuhan hidup manusia yang menuntut terjadinya pembangunan seperti industri, infrastruktur serta eksplorasi sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Pada zaman yang semakin modern ini mayoritas peralatan penunjang hidup manusia serta industri merupakan peralatan elektronik, dimana untuk dapat berfungsi memerlukan energi listrik. Hal tersebut menjadikan listrik sebagai kebutuhan utama bagi manusia untuk hidup.

Dibandingkan dengan provinsi lain di pulau Jawa, pada tahun 2019 Jawa Timur merupakan provinsi dengan rasio elektrifikasi terendah yaitu 98,39%. Provinsi lain di pulau Jawa telah mencapai rasio elektrifikasi mencapai 99,99% kecuali Jawa Barat yang masih 99,29% (Kementrian ESDM, 2020). Padahal kebutuhan akan listrik merupakan kebutuhan utama bagi wilayah yang perekonomiannya sedang tumbuh. Untuk meningkatkan rasio elektrifikasi tersebut maka pengusahaan pasokan untuk energi listrik perlu terus dikembangkan oleh pemerintah.

Sampai saat ini, Indonesia masih bergantung terhadap energi fosil dalam memenuhi kebutuhan energi. Energi fosil memberikan kontribusi 93,4% dari total kebutuhan energi nasional yang sebesar 1,357 SBM (setara barel minyak), sedangkan sisanya sebesar 5,7% dipenuhi dari energi terbarukan. Berdasarkan jumlah tersebut, minyak bumi memberikan kontribusi 49,7%, gas bumi 20,1% dan batu bara 24,5% (Kementrian ESDM, 2020).



Ketergantungan terhadap energi fosil perlu untuk diakhiri. Energi fosil merupakan energi yang kurang ramah lingkungan. Penggunaan energi fosil sebagai pemenuhan kebutuhan energi menyebabkan berbagai dampak terhadap lingkungan dan kesehatan. Sebagai contoh, pemanfaatan batu bara yang dalam pembakarannya menggabungkan dengan oksigen sehingga menghasilkan CO<sub>2</sub>. Padahal kita tau bahwa gas CO<sub>2</sub> merupakan gas rumah kaca yang mendominasi atmosfer sehingga menyebabkan pemanasan global. Oleh karena itu, pemanfaatan potensi energi alternatif seperti air, angin, panas bumi, dan biomassa perlu untuk dikembangkan.

Salah satu energi alternatif yang cukup potensial dikembangkan di Indonesia adalah panas bumi. Hal ini dikarenakan Indonesia merupakan negara terbesar di dunia yang memiliki cadangan panas bumi sebesar 40% sehingga mampu menjadi pembangkit listrik dengan daya yang diperkirakan mencapai 29 Gigawatt (Marry dkk., 2017). Namun pada kenyataannya, menurut data yang dikeluarkan oleh Kementerian ESDM tahun 2020 mengenai Statistik Ketengalistikan 2019 disebutkan bahwa total PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) terpasang sebesar 3,06% atau sebesar 2,13 Megawatt.

Energi panas bumi merupakan energi yang ramah lingkungan untuk dikembangkan sebagai pembangkit listrik dibanding energi fosil karena dalam prosesnya tidak menimbulkan CO<sub>2</sub> yang sangat berdampak bagi lingkungan ini. Selain itu, energi panas bumi ini merupakan sumber yang stabil apabila digunakan sebagai pembangkit listrik. Energi panas bumi ini dapat menyuplai listrik selama 24 jam setiap hari sepanjang tahun. Apabila dibandingkan dengan energi alternatif lain seperti energi angin dan solar (cahaya matahari), tentu panas bumi lebih potensial sebagai pembangkit listrik, karena pemanfaatan energi angin dan matahari ini sangat bergantung terhadap kondisi cuaca (Bosnjakovic *et al.*, 2019). Oleh karena itu, pengembangan



tenaga listrik pembangkit panas bumi merupakan salah satu langkah yang lebih baik untuk memenuhi kebutuhan listrik Indonesia.

Pemanfaatan energi panas bumi sebagai sumber tenaga listrik memerlukan langkah yang panjang. Terdapat lima tahapan yang umum dilakukan dalam kegiatan tersebut yaitu survei pendahuluan, eksplorasi, studi kelayakan, eksploitasi, dan pemanfaatan (Sukandarrumidi dkk., 2018). Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa Indonesia memiliki potensi energi panas bumi yang besar di dunia. Menurut data dari Badan Geologi Kementerian ESM pada tahun 2017, Indonesia memiliki total 342 Wilayah Kerja Panas (WKP) yang tersebar di seluruh Indonesia. Sebagian besar wilayah tersebut terletak di lingkungan vulkanik, sisanya berada di lingkungan batuan sedimen dan metamorf (Saraswati, 2019). Salah satu lokasi WKP yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah WKP Arjuno Welirang.

Wilayah Kerja Panas (WKP) Arjuno Welirang merupakan salah satu WKP yang terletak di empat kabupaten, yaitu Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Pasuruan, Kabupaten Malang dan Kota Batu. Sumber panas pada lokasi ini diperkirakan berasal dari bawah kerucut Gunung Arjuno-Welirang. Lokasi tersebut berada di dalam Taman Hutan Raya R. Soerjo Mojokerto dimana di dalamnya terdapat kawasan hutan konservasi, hutan lindung dan hutan produksi (Direktorat Panas Bumi, 2017).

Lokasi WKP yang berada di dalam Taman Hutan Raya ini tentu akan menimbulkan berbagai dampak akibat pembangunan pembangkit listrik, baik itu dampak negatif maupun dampak positif bagi lingkungan hidup. Salah satu komponen terdampak adalah pada komponen biofisik yaitu lanskap. Lanskap sendiri merupakan tempat terjadinya hubungan antar makhluk hidup dalam suatu ekosistem. Sehingga, apabila suatu lanskap berubah maka kehidupan di dalamnya akan berpengaruh.



Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa lokasi WKP yang berada di dalam Taman Hutan Raya dimana didalamnya terdapat hutan konservasi, hutan lindung dan hutan produksi menjadikan pentingnya kajian mengenai bentang lahan atau lanskap di dalamnya. Adanya kegiatan berupa eksplorasi maupun pemanfaatan lain, tentu akan mengubah tatanan bentang lahan atau lanskap asli karena adanya kegiatan konstruksi. Padahal Taman Hutan Raya merupakan habitat bagi beberapa spesies yang mungkin dilindungi. Adanya perubahan lanskap tentu akan mempengaruhi habitat asli dan mengganggu keberadaan makhluk hidup di dalamnya. Selain itu, kegiatan pemanfaatan ini juga tentu akan mengurangi vegetasi pada saat kegiatan konstruksi, sementara peran vegetasi bagi lingkungan sangat besar. Tidak hanya berdampak pada lingkungan biofisik, perubahan lanskap sendiri juga dapat menimbulkan berbagai bencana alam seperti tanah longsor, gempa, badai angin, dan sebagainya.

Adanya berbagai dampak yang mungkin muncul akibat kegiatan eksplorasi ini yang mengubah lanskap Taman Hutan Raya, maka perlu dilakukan kajian analisis untuk mengetahui seberapa tingkat dampak akibat eksplorasi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji seberapa besar tingkat dampak yang akan muncul pada bentang lahan di sekitar lokasi tapak proyek. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menganalisis dan memprediksi suatu dampak yang akan datang adalah dengan analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG). Otsman (2015) melaksanakan penelitian serupa yaitu kajian ekologi bentang lahan pada suatu Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP) yang berlokasi di Islandia. Dalam penelitian tersebut Otsman mengembangkan suatu metode yang dapat digunakan untuk memprediksi dampak PLTP dan juga pengembangannya pada komponen lingkungan bentang lahan,



metode tersebut yaitu metode SLIA (*Spatial Landscape Impact Assessment*).

Dalam penelitian Otsman (2015), metode SLIA digunakan untuk menganalisis dampak terhadap bentang lahan melalui enam aspek, yaitu area permukaan (*surface area*), fragmentasi (*fragmentation*), konflik konservasi, reduksi area penting (*wilderness area reduction*), *geothermal sprawl*, dan *visibility*. Gizawi dkk. (2017) juga melakukan penelitian serupa yaitu kajian ekologi bentang lahan, namun wilayah studinya masih berupa rencana kegiatan eksplorasi (belum ada kegiatan) yang berlokasi di WKP Gunung Ciremai. Dalam penelitiannya, Gizawi dkk juga menggunakan metode SLIA untuk memprediksi dampak bentang lahan dari rencana eksplorasi tersebut, namun dari enam aspek yang ada, Gizawi dkk hanya menggunakan tiga aspek, yaitu area permukaan, reduksi kawasan penting serta fragmentasi.

Berdasarkan studi dari dua referensi yang disebutkan sebelumnya, yaitu Otsman (2015) serta Gizawi dkk. (2017), dalam penelitian ini penulis juga menggunakan metode SLIA untuk memprediksi dampak pada komponen bentang lahan dalam rencana eksplorasi geothermal di WKP Arjuno-Welirang ini. Adapun aspek yang digunakan ada empat, yaitu area permukaan, reduksi kawasan penting, fragmentasi, dan konflik konservasi. Hal ini mengacu pada referensi sebelumnya yang menggunakan metode sama, yaitu pada Gizawi dkk. (2017) karena status wilayah studi yang digunakan untuk penelitian masih dalam rencana eksplorasi. Sedangkan pada Otsman (2015) status wilayah studi sudah berupa PLTP sehingga terdapat beberapa aspek yang tidak bisa dilakukan studi seperti *geothermal sprawl* dan *visibility* karena perlu adanya beberapa data dari kondisi eksisting PLTP yang sudah ada. Analisis *geothermal sprawl* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui jarak linier antar rencana pengembangan pengeboran *wellpad* dengan PLTP yang sudah ada, karena dalam kegiatannya perlu

ada pipa penghubung antara *wellpad* dengan PLTP yang tentunya akan berpengaruh pada kondisi bentang alam. Sementara *visibility* disini bertujuan untuk mengetahui berapa persentase PLTP yang terlihat dari jalan utama, karena kenampakan jarak pandang fitur antropogenik (buatan) seperti PLTP ini akan mengganggu visual bentang lahan. Oleh karena itu, penelitian ini hanya membahas tiga aspek dari enam aspek yang ada dalam metode SLIA karena terdapat data dari aspek yang belum ada pada kegiatan eksplorasi panas bumi.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

- 1) Bagaimana tingkat dampak eksplorasi panas bumi terhadap bentang lahan di Welirang?
- 2) Bagaimana dampak ekologis akibat aktivitas eksplorasi panas bumi di Welirang dan perubahan komponen bentang lahan?
- 3) Bagaimana upaya mitigasi dari dampak yang ditimbulkan akibat kegiatan eksplorasi panas bumi di Welirang?

## **1.3. Tujuan penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- 1) Untuk mengetahui tingkat dampak rencana eksplorasi panas bumi terhadap perubahan bentang lahan di Welirang.
- 2) Mengkaji dampak ekologis dari perubahan bentang lahan yang ditimbulkan akibat aktivitas eksplorasi panas bumi di Welirang.
- 3) Merumuskan upaya mitigasi dari dampak yang ditimbulkan akibat kegiatan eksplorasi panas bumi di Welirang.

#### **1.4. Manfaat penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah :

- 1) Bagi masyarakat, diharapkan penelitian ini mampu memberikan pengetahuan dan informasi mengenai tingkat dampak kegiatan eksplorasi panas bumi terhadap bentang lahan di WKP Arjuno Welirang.
- 2) Bagi pemerintah dan pemrakarsa, penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai masukan dalam pengambilan keputusan dan upaya mitigasi di bidang pertambangan dan kebencanaan dalam hal pengelolaan sumberdaya alam guna menunjang pembangunan berkelanjutan di sekitar WKP Arjuno Welirang.
- 3) Bagi akademisi, diharapkan penelitian ini dapat dijadikan referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya.

#### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan masalah dari penelitian ini yaitu :

- 1) Penelitian ini hanya terbatas pada empat aspek penilaian dari enam aspek SLIA yang ada, yaitu fragmentasi, area permukaan reduksi kawasan penting, dan konflik konservasi.
- 2) Penelitian ini dilakukan pada WKP Arjuno Welirang yang berada di kawasan Taman Hutan Raya R. Soerjo Mojokerto.
- 3) Penelitian ini berada pada wilayah studi UKL-UPL dan isu lingkungan pada rencana eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang.





**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Eksplorasi Panas Bumi

Secara umum panas bumi didefinisikan sebagai jumlah kandungan panas yang tersimpan di dalam bumi dan membentuk sistem panas bumi yang telah ada sejak bumi terbentuk (Basid dkk., 2014). Panas bumi merupakan salah satu sumber energi yang dapat diperbarui karena memiliki dua komposisi yaitu air (*hidro*) dan panas (*thermal*) dimana cadangan air dapat diisi lagi dari hujan sedangkan panas secara kontinyu dihasilkan oleh bagian dalam bumi melalui proses penghancuran partikel radioaktif pada semua batuan (Bastarina, 2008). Meskipun secara umum di dalam bumi terdapat sumber panas, tidak semua lokasi menyimpan energi geothermal. Energi tersebut ada pada lokasi yang memiliki sistem geothermal. Terdapat tiga kategori sistem panas bumi, yaitu sistem hidrotermal, sistem vulkanik dan sistem vulkanik-hidrotemal, namun di Indonesia sistem panas buminya merupakan sistem hidrotermal dengan temperatur sedang (150-225°C) hingga tinggi (>225°C) (Isa, 2018).

Sumberdaya energi panas bumi dapat ditemukan pada air dan batuan panas di dekat permukaan bumi sampai beberapa kilometer di bawah permukaan, bahkan lebih jauh berasal dari batuan yang mencair atau magma. Untuk menangkap panas bumi tersebut harus dilakukan pengeboran sumur seperti yang pada sumur produksi minyak bumi. Sumur tersebut menangkap air tanah yang terpanaskan, kemudian uap dan air panas dipisahkan. Uap air panas dibersihkan dan dialirkan untuk memutar turbin. Air panas yang telah dipisahkan dimasukkan kembali ke dalam reservoir melalui sumur injeksi yang dapat membantu untuk menimbulkan lagi sumber uap (Nafitri, 2010). Energi panas bumi dapat dimanfaatkan secara langsung dan tidak langsung. Pemanfaatan langsung (*direct use*) dari panas bumi contohnya adalah dengan pengembangan panas bumi sebagai tenaga listrik (Wahyudi, 2006).



Panas bumi merupakan salah satu energi terbarukan artinya sumber energi ini bersumber dari alam dan dapat dimanfaatkan secara langsung dengan bebas, ketersediaanya tidak terbatas dan dapat dimanfaatkan secara terus-menerus. Sumber energi panas bumi berasal dari kerak bumi yang diperoleh akibat peluruhan radioaktif serta pelepasan kalor atau panas secara terus menerus di dalam bumi. Pemanfaatan panas bumi pun bermacam-macam bermacam-macam. Terdapat 3 cara pemanfaatan panas bumi, yaitu sebagai tenaga pembangkit listrik, sebagai sumber panas secara langsung dengan menggunakan pipa ke perut bumi, dan sebagai pompa panas yang dipompa dari perut bumi (Hadimuljono dkk., 2019).

Dalam rangkaian kegiatan pemanfaatan panas bumi, adanya informasi mengenai sumber panas bumi pada suatu wilayah dapat diketahui melalui informasi manifestasi panas bumi. Isa (2018) menyebutkan beberapa jenis manifestasi panas bumi dipermukaan dapat berupa adanya tanah hangat, permukaan tanah beruap (*streaming ground*), air panas/hangat, kolam air panas (*hot pools*), telaga air panas (*hot lakes*), fumarole (lubang kecil yang memancarkan uap panas kering atau uap panas yang mengandung butiran air, geyser, lubang lumpur panas, silika sinter (endapan silika di permukaan berwarna kepekatan), dan batuan yang mengalami alterasi. Alterasi hidrotermal terjadi akibat adanya reaksi antara batuan asal dengan fluida panas bumi.

Pemanfaatan panas bumi sebagai tenaga pembangkit listrik memerlukan beberapa tahapan. Menurut Sukandarrumidi dkk. (2018), tahapan ideal pemanfaatan panas bumi sebagai tenaga pembangkit listrik adalah survey pendahuluan, eksplorasi, studi kelayakan, eksploitasi, dan pemanfaatan. Survey pendahuluan merupakan kegiatan pengumpulan, analisis, dan penyajian data yang berkaitan dengan informasi geologi, geofisika dan geokimia untuk memperkirakan letak dan



kemungkinan adanya sumber daya panas bumi. Setelah diperoleh data-data dalam survey pendahuluan dilanjutkan dengan tahap eksplorasi. Eksplorasi ini didefinisikan sebagai serangkaian kegiatan yang meliputi penyelidikan geologi, geofisika, geokimia dari hasil penelitian langsung di lapang. Data tersebut kemudian dijadikan acuan untuk melakukan pengeboran eksplorasi dan sumur uji. Setelah itu dilanjutkan dengan kegiatan studi kelayakan termasuk di dalamnya AMDAL (Analisis Mengenai Dampak Lingkungan), eksploitasi yang meliputi pengeboran sumur pengembangan dan sumur rejeksi, pembangunan fasilitas lapangan dan pembangunan untuk operasi produksi sumberdaya panas bumi, serta terakhir adalah tahap pemanfaatan.

Salah satu tahapan penting untuk pemanfaatan panas bumi sebagai sumber energi listrik adalah eksplorasi. Kegiatan eksplorasi panas bumi sistem hidrotermal memiliki 16 tahapan, sehingga kegiatan tentu memerlukan waktu dan dana yang tidak sedikit. Tahapan tersebut yaitu (1) studi literatur, (2) Studi tinjau pada suatu areal luas yang ditentukan dari hasil studi literatur, (3) Pemetaan areal prospek dengan sekala semi rinci pada areal terpilih dengan peluang besar memperoleh sumber uap panas bumi dari tahap sebelumnya, (4) Penilaian aral prospek, (5) Sistem modeling dengan evaluasi data yang diperoleh sebelumnya, (6) Pembuatan foto udara berwarna dengan sasaran peta topografi, (7) Deliniasi (penggambaran) areal proyek, (8) tahap modelling, (9) Pemboran uji, (10) Evaluasi pemboran, (11) Sistem modelling untuk evaluasi data permukaan dan bawah permukaan hasil pemboran, (12) Pemboran uji produksi, (13) Uji produksi hasil pemboran, (14) Modelling reservoir, (15) Studi kelayakan untuk pengembangan dan konstruksi. Seluruh kegiatan tersebut memerlukan biaya kurang lebih 4.590.000-4.655.000 dolar AS (Ishlah, 2007).

## 2.2 Ekologi Bentang Lahan

Manusia hidup berinteraksi dengan makhluk hidup lain beserta lingkungan. Hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungannya dalam satu kesatuan yang tersusun secara teratur ini disebut dengan ekosistem. Ilmu yang mempelajari hubungan timbal balik antara makhluk hidup dengan lingkungan disebut dengan ekologi. Menurut Haeckel, ilmu ekologi diartikan sebagai keseluruhan pengetahuan yang berhubungan dengan relasi atau kaitan secara total antara organisme dengan lingkungannya yang bersifat organik maupun anorganik. Ekologi sendiri merupakan suatu cabang ilmu yang bersifat interdisipliner karena untuk memahami bagaimana hubungan antara makhluk hidup dengan lingkungannya perlu dilihat dari beberapa pengertian dari banyak bidang yang berkaitan. Oleh karena itu kemudian muncul ekologi pedesaan, ekologi pertanian, ekologi industri, ekologi perkotaan, ekologi kehutanan, ekologi pantai, dan sebagainya sebagai cabang-cabang ilmu ekologi (Siahaan dkk., 2004).

Salah satu cabang ekologi yaitu ekologi bentang lahan. Ekologi bentang lahan didefinisikan sebagai gabungan pendekatan spasial (keruangan) dari para ahli geografi dengan pendekatan fungsi dari para ahli biologi, khususnya ekologi. Ekologi bentang lahan mempelajari pola-pola bentang lahan tersebut, interaksi antar elemennya dan perubahan pola dan elemen penyusunnya seiring dengan perubahan waktu (Soeprbowati, 2011).

Secara umum ekologi bentang lahan mempertimbangkan pembagian luasan suatu wilayah kedalam karakteristik yang relatif homogen dan digunakan untuk memudahkan mengetahui tipe hubungan antara elemen-elemen fungsional dan struktural yang terjadi pada bentang alam tersebut. perubahan bentang lahan tersebut terjadi dari waktu ke waktu melalui proses alamiah maupun akibat campur tangan manusia. Perubahan yang terjadi



terhadap bentang lahan sebagai hasil interaksi antara manusia dengan lingkungan menjadi suatu yang penting untuk dipelajari karena perubahan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan sistem interaksi antar komponen (Sukarna, 2014).

### 2.3 Sistem Informasi Geografis

Kajian ekologi bentang lahan merupakan kajian berbasis spasial dimana bentang lahan sebagai ruang terjadinya ekosistem sehingga dalam prosesnya menggunakan data spasial untuk diolah melalui Sistem Informasi Geografis (SIG). Sistem informasi geografis (SIG) didefinisikan sebagai sebuah sistem yang terdiri dari *software* dan *hardware*, data dan pengguna serta institusi untuk menyimpan data yang berhubungan dengan semua fenomena yang ada di muka bumi. Data-data yang berupa detail fakta, kondisi dan informasi disimpan dalam suatu basis data dan akan digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti analisis, manipulasi, penyajian dan sebagainya (Prahasta, 2000).

Data spasial mempunyai pengertian sebagai suatu data yang mengacu pada posisi, objek, dan hubungan di antaranya dalam ruang bumi. Data spasial dan informasi turunannya digunakan untuk menentukan posisi dari identifikasi suatu elemen di permukaan bumi (Adil, 2017). Data Spasial adalah elemen – elemen yang bisa disimpan dalam bentuk peta / ruang. Elemen-elemen ini dikumpulkan menjadi lokasi yang dikenali secara unik pada permukaan bumi. Data spasial juga digambarkan sebagai “beberapa data menyangkut fenomena dengan daerah yang besar” dalam dua atau lebih dimensi (Peuquet and Marble, 1990 dalam Hamidi, 2011). Menurut Nirwansyah (2016), fungsi dari SIG adalah untuk menaikkan kemampuan dalam membuat kesimpulan. Sistem SIG merupakan rangkaian kegiatan perencanaan yang meliputi observasi dan pengumpulan data, penyimpanan data dan analisis

dara untuk digunakan sebagai informasi penarikan kesimpulan.

Secara spesifik, fungsi SIG adalah sebagai berikut:

- a) Memasukkan data (*input data*) yaitu memasukkan data spasial maupun non spasial untuk tujuan tertentu.
- b) Memanipulasi data, yaitu proses mengubah data dengan tujuan untuk mendapatkan keadaan yang diinginkan.
- c) Penyimpanan data, yaitu proses penyimpanan data pada tempat tertentu agar dapat diakses kembali di waktu yang akan datang.
- d) *Query* data, merupakan proses pencarian data atau informasi berdasarkan prasyarat ataupun kondisi yang ditemukan.
- e) Analisis data, adalah proses kajian mendalam terhadap data hingga memperoleh informasi spesifik atau mendalam.
- f) Mengeluarkan (*output*) data/penyajian data, kegiatan ini bertujuan untuk menampilkan data yang diproses sebelumnya dalam bentuk peta, tabel, grafik, dsb.

#### **2.4 Metode *Spatial Landscape Impact Assessment* (SLIA)**

Kajian ekologi bentang lahan dalam penelitian ini merupakan kajian berbasis spasial dimana dalam analisisnya menggunakan data spasial dan diolah menggunakan sistem informasi geografi. Hilman (2014) menjelaskan bahwa data spasial adalah sebagai data yang bereferensi geografis atas representasi objek di bumi dan umumnya berdasarkan peta berisi interpretasi dan proyeksi seluruh fenomena di bumi. Pengolahan data spasial itulah yang disebut dengan analisis spasial. Analisis spasial sendiri merupakan sekumpulan metode untuk menemukan dan menggambarkan tingkatan pola dari sebuah fenomena spasial sehingga dapat diperoleh informasi baru yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan bidang yang dikaji. Analisis spasial berbeda dengan analisa sistem



informasi lain karena analisis spasial menambahkan dimensi ruang atau geografi di dalamnya (Ningsih dkk., 2005).

Metode untuk menganalisis spasial ada banyak. Menurut Budiman (2016), berdasarkan tujuannya, secara garis besar metode analisis spasial dibedakan menjadi dua macam yaitu :

- 1) Analisis spasial *exploratory*, digunakan untuk mendeteksi adanya pola khusus pada sebuah fenomena spasial serta menyusun sebuah hipotesa penelitian. Metode ini biasanya digunakan saat hal yang diteliti merupakan hal baru, dimana peneliti belum/tidak memiliki banyak pengetahuan tentang fenomena spasial yang sedang diamati.
- 2) Analisis spasial *confirmatory*, digunakan untuk mengonfirmasi hipotesa penelitian. Metode ini digunakan apabila peneliti sudah memiliki cukup banyak informasi tentang fenomena spasial yang sedang diamati, sehingga sudah dapat diuji keabsahannya.

Dalam penelitian ini digunakan metode SLIA (*Spatial Landscape Impact Assessment*). Analisis lanskap ini merupakan penggabungan GIS dalam studi lanskap dan analisis visual/spasial. Dalam penerapannya, metode SLIA ini menggunakan skala peringkat (*rating scale*) untuk menentukan tingkat dampak dari masing-masing komponen penilaian. Saat ini pengumpulan data dan evaluasi lanskap masih relatif terbatas pada enam penilaian, yaitu fragmentasi, area penting, area permukaan, konflik konservasi, *geothermal sprawl*, dan *visibility*. Ostman (2015) menyebutkan bahwa pemeringkatan dilakukan berdasarkan pendapat ahli pada bidang bentang lahan yang dilaksanakan saat *Work Group I Icelandic Master Plan, Phase II*. Pada kegiatan tersebut, para ahli sesuai bidangnya saling berdiskusi untuk memperoleh metode yang tepat guna penilaian dampak kegiatan PLTP. Para ahli tersebut termasuk di dalamnya terdapat diskusi bersama *stakeholders*, akademisi, NGO, serta masyarakat umum yang dilakukan lebih dari 20 pertemuan



(Thorhallsdotir, 2007).Pemeringkatan dibagi kedalam enam jenis peringkat dengan nilai tertentu. Adapun *rating* dan deskripsi tingkat dampaknya dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

**Tabel 2.1** Rating pengaruh numerik dan deskripsi tingkat dampak

<b>Rating pengaruh numerik</b>	<b>Deskripsi dampak</b>
0	Tidak berdampak
1	Berdampak sangat rendah
4	Berdampak rendah
8	Berdampak signifikan
13	Berdampak tinggi
20	Berdampak sangat tinggi

Sumber : Ostman, 2015

#### **2.4.1 Area Permukaan (*Surface area*)**

Area permukaan merupakan bagian dari bentang lahan yang terlihat secara langsung. Area permukaan disini dapat disamakan dengan tutupan lahan/penggunaan lahan (*landuse*). Perubahan tutupan permukaan ini dapat terjadi karena sebuah kegiatan maupun aktivitas manusia. Menurut Gizawi dkk. (2017), perubahan area permukaan atau tutupan lahan ini tentu merupakan indikator penting dalam kajian potensi perubahan bentang lahan (*landscape*).

Tutupan lahan didefinisikan sebagai bentuk fisik dari vegetasi, benda alam serta unsur-unsur budaya yang ada di permukaan bumi tanpa memperhatikan kegiatan manusia terhadap objek tersebut (Justice dan Townshend, 1981 dalam Mukmin dkk., 2016). Tutupan lahan ini kemudian dapat dijadikan sebagai acuan pengamatan terhadap pertumbuhan dan perkembangan suatu wilayah. Oleh karena itu, perubahan dari suatu tutupan permukaan tentu akan mempengaruhi bentang lahan suatu wilayah. Perubahan tutupan lahan dapat ditandai



dengan adanya alih fungsi suatu lahan. Analisis perubahan tutupan lahan ini dapat dilakukan dengan metode spasial atau menggunakan pengindraan jauh citra satelit (Nurry dan Anjasmara, 2014).

Dalam analisis ekologi bentang lahan ini diperlukan data berupa peta tutupan lahan untuk mengetahui besaran perubahan tutupan lahan akibat kegiatan eksplorasi. Peta tutupan lahan ini memberikan informasi mengenai objek-objek yang terlihat dalam lanskap tapak proyek dan sekitarnya. Sihombing (2012) menjelaskan bahwa perubahan tutupan lahan perlu dilakukan dalam analisis lanskap untuk mengetahui tendensi perubahan dan hasil identifikasi, klasifikasi serta analisis besaran tutupan lahan. Hal tersebut diharapkan mampu dijadikan dasar penilaian kualitas tutupan lahan/tipe ekosistem secara keseluruhan dalam suatu kawasan.

#### **2.4.2 Reduksi kawasan penting**

Kawasan penting merupakan kawasan yang wajib dilindungi. *International Union for Conservation of Nature (IUCN)* mendefinisikan kawasan lindung sebagai wilayah yang secara jelas ditentukan, diakui, didedikasikan serta dikelola baik secara legal maupun cara lain yang lebih efektif dengan tujuan konservasi alam jangka panjang dengan jasa ekosistem terkait dan nilai-nilai budaya. Wilayah yang dimaksud disini termasuk di dalamnya daratan, air dalam tanah, laut, serta peisisir maupun kombinasi dari dua atau lebih (Dudley, 2008). Jika di Indonesia, kawasan yang dilindungi ini dikenal dengan kawasan lindung. Menurut Keputusan Presiden Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung, kawasan lindung didefinisikan sebagai kawasan yang ditetapkan dengan fungsi utama melindungi kelestarian lingkungan hidup yang mencakup sumber alam, sumber daya buatan dan nilai sejarah serta budaya bangsa guna kepentingan pembangunan berkelanjutan.



International Union for Conservation of Nature (IUCN) mengkategorikan area penting yang wajib dilindungi menjadi 6 kategori. Area tersebut adalah area kategori I (Ia dan Ib), II, III, IV, V dan VI. Adapun jenis dari masing-masing kategori beserta deskripsi singkat dari katgeori area penting tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.2**.

**Tabel 2. 2** Kategori Kawasan yang di lindungi menurut IUCN

Kategori	Klasifikasi kawasan	Deskripsi singkat
I	Cagar alam (suaka alam)/ kawasan belantara	Kawasan lindung yang dikelola terutama untuk ilmu pengetahuan atau perlindungan belantara
Ia	Cagar (suaka) alam ( <i>Strict Nature Reserve</i> )	Kawasan lindung yang dikelola untuk ilmu pengetahuan. Kawasan ini dikhususkan untuk melindungi keanekaragaman hayati serta geomorfologi
Ib	Kawasan Belantara ( <i>Wilderness Area</i> )	Kawasan lindung yang dikelola untuk perlindungan belantara yang masih mempertahankan ke-alamian-nya
II	Taman nasional ( <i>National Park</i> )	Kawasan lindung yang dikelola terutama untuk perlindungan ekosistem dan rekreasi
III	Monumen alami ( <i>Natural Monument</i> )	Kawasan lindung yang dikelola terutama untuk konservasi ciri khas alami. Kawasan ini bisa berupa bentuk lahan, gunung laut,



Kategori	Klasifikasi kawasan	Deskripsi singkat
----------	---------------------	-------------------

		gua bawah laut, fitur geologi seperti gua atau bahkan fitur kehidupan seperti hutan purba
IV	Kawasan pengelolaan habitat/ spesies ( <i>Habitat/ Species Management Area</i> )	Kawasan lindung yang dikelola terutama untuk konservasi spesies atau habitat tertentu melalui intervensi pengelolaan
V	Bentang alam/bentang laut yang dilindungi ( <i>Protected Landscape/Seascape</i> )	Kawasan lindung yang dikelola terutama untuk konservasi dan rekreasi bentang alam/bentang laut
VI	Kawasan lindung sumberdaya yang dikelola	Kawasan lindung yang dikelola terutama untuk pemanfaatan ekosistem alami secara berkelanjutan. Kawasan ini melestarikan ekosistem dan habitat, bersama dengan nilai budaya terkait dan sistem pengelolaan sumber daya alam tradisional

Sumber : Wiryono (2003)

Berbeda dengan kategori menurut IUCN, Kepres Nomor 32 Tahun 1990 mengategorikan kawasan lindung menjadi empat kategori. Kawasan-kawasan tersebut adalah kawasan yang memberikan perlindungan di bawahnya, kawasan perlindungan setempat, kawasan suaka alam dan cagar budaya, serta kawasan rawan bencana alam. Masing-masing kawasan meliputi beberapa kawasan lain di dalamnya. Adapun secara



ringkas, pengkategorian kawasan lindung menurut Kepres (Keputusan Presiden) Nomor 32 Tahun 1990 dapat dilihat pada

**Tabel 2.3.**

**Tabel 2. 3** Kategori Kawasan Lindung menurut Kepres Nomor 32 Tahun 1990

No	Kawasan Lindung	Yang tergolong di dalamnya
1	Kawasan yang memberikan perlindungan di bawahnya	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Kawasan hutan lindung</li> <li>b. Kawasan bergambut</li> <li>c. Kawasan resapan air</li> </ul>
2	Kawasan perlindungan setempat	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Sempadan pantai</li> <li>b. Sempadan sungai</li> <li>c. Sempadan sekitar danau/waduk</li> <li>d. Kawasan sekitar mata air</li> </ul>
3	Kawasan suaka alam dan cagar budaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Kawasan suaka alam</li> <li>b. Kawasan suaka alat laut dan perairan lainnya</li> <li>c. Kawasan pantai berhutan bakau</li> <li>d. Taman nasional, taman hutan raya dan taman wisata alam</li> <li>e. Kawasan cagar budata dan ilmu pengetahuan</li> </ul>
4	Kawasan rawan bencana alam	

Sumber : Kepres Nomor 32 tahun 1990  
 Kawasan lindung tentu perlu diperhatikan apabila ingin melakukan kegiatan di dalamnya. Meskipun konservasi telah dilakukan, tetapi tetap terjadi pengurangan kawasan lindung. Hal tersebut dapat menyebabkan beberapa hal seperti terganggunya habitat atau spesies tertentu yang tinggal di kawasan konservasi,

dan bahkan hal tersebut dapat mempengaruhi keseimbangan ekosistem di dalamnya. Karena kawasan lindung terkadang menjadi satu-satunya habitat yang tersisa bagi spesies tertentu maka pemanfaatan kawasan lindung untuk suatu kegiatan perlu diperhatikan. Tidak jarang bahwa kawasan lindung sendiri juga merupakan peluang untuk mempertahankan ekosistem yang berharga di dalamnya (Worboys *et al.*, 2010 dalam Keenleyside *et al.*, 2012).

### 2.4.3 Fragmentasi

Aspek bentang lahan lain yang perlu dikaji adalah fragmentasi. Fragmentasi merupakan perubahan lingkungan alami bentang lahan akibat adanya aktivitas manusia maupun alam yang mengubah penampakan bentang lahan. Fragmentasi bentang lahan merupakan hasil dari adanya perubahan bentang lahan. Fragmentasi dapat digunakan sebagai faktor utama yang dapat memecah habitat berkelanjutan, jenis penggunaan lahan, bioma atau ekosistem yang menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati (Derya dan K Tuluhan, 2017). Pada dasarnya, fragmentasi merupakan proses perubahan lingkungan yang menggambarkan munculnya diskontinuitas dalam lingkungan organisme (habitat). Fragmentasi habitat dicirikan oleh terpecah belahnya bentang lahan yang luas menjadi bidang-bidang lahan tunggal (*patch*) yang lebih kecil dan biasanya *patch* ini secara ekosistem tidak lagi saling berhubungan satu sama lain. Kondisi ini menjadi penting ketika fragmentasi terjadi pada ekosistem yang sangat rapuh dan terbatas keberadaannya (Suprajaka, 2012).

Adanya fragmentasi habitat dapat membentuk matriks baru dalam suatu bentang lahan. Elemen ekologi yang penting dalam matriks dapat terjadi pada pergerakan material, energi dan organisme yang disebabkan oleh hubungan habitat. Forman dan Gordon (1986) dalam Fandeli (2012) mendefinisikan lanskap dari aspek ekologi, yaitu lanskap merupakan suatu lahan heterogen



dengan luasan tertentu yang terdiri dari sekelompok ekosistem yang saling berinteraksi dan kumpulan tersebut ditemukan berulang dalam suatu wilayah dengan bentuk sama. Aktivitas yang mengubah lanskap, seperti perubahan penggunaan lahan menyebabkan terjadinya fragmentasi dan kehilangan habitat. Fragmentasi dicirikan dengan terpecahnya lanskap yang luas menjadi bidang-bidang lahan yang lebih kecil.

Syam (2018) menjelaskan bahwa fragmentasi muncul akibat adanya gangguan (*disturbance*) sehingga menyebabkan munculnya *patch*, matrik dan koridor. Fragmentasi ini terjadi akibat aktivitas manusia. Pengukuran fragmentasi bertujuan mengetahui jumlah fragmen terbentuk akibat kegiatan eksplorasi. Penambahan jumlah fragmen dapat terjadi karena pembukaan lahan di titik eksplorasi, pembukaan jalan mauoun konstruksi pipa penyalur panas bumi (Gizawi dkk., 2017).

Menurut Gunawan dan Prasetyo (2013) fragmentasi sangat penting dalam evolusi dan biologi konservasi. Fragmentasi kawasan dapat mempengaruhi keanekaragaman hayati dengan mengurangi jumlah habitat bagi tumbuhan dan satwa. Fragmentasi juga dapat menyebabkan rusaknya habitat sehingga mengakibatkan satwa dan tanaman berpindah habitat dan menyebabkan munculnya kerumunan dan meningkatkan kompetisi. Selain itu, fragmentasi juga berakibat terhadap dalam berkurangnya luas habitat dan mengakibatkan keanekaragaman hayati berubah menjadi lebih sedikit. Apabila beberapa spesies dalam suatu komunitas hilang, maka akan berengaruh terhadap keseimbangan ekosistem. Fragmentasi kawasan juga dapat mengurangi daya hidup spesies karena jumlah spesies yang ada ketika terjadi fragmentasi. Fragmentasi sendiri juga dapat membawa *edge effect*. Perubahan iklim mikro dalam penyinaran, temperatur dan angin dapat mengubah ekologi di sekitar fragmen. Oleh karena itu kebakaran memiliki peluang terjadi lebih sering karena menurunnya kelembaban dan meningkatkan



temperatur dan kecepatan angin, sehingga badai juga mungkin terjadi.

#### 2.4.4 Konflik konservasi

Konflik konservasi berkaitan dengan reduksi kawasan penting. Kawasan konservasi atau dilindungi memiliki nilai yang tinggi berasal dari berbagai karakteristik seperti kelangkaan, keunikan, atau sensitifitasnya baik dari perspektif lingkungan atau sosial/budaya. Adanya kegiatan pengembangan panas bumi yang berada kawasan lindung, akan ada nilai yang perlu diperhatikan pada seberapa besar lahan yang digunakan untuk pengembangan ini yang berada pada kawasan lindung. Tujuan dari studi aspek konflik konservasi ini adalah untuk menentukan seberapa banyak lahan yang digunakan oleh pengembangan energi listrik tenaga panas bumi yang berada kawasan lindung. Adapun *output* dari analisis ini adalah dalam bentuk persentase luas permukaan pembangkit yang berada pada kawasan yang dilindungi (Otsman, 2015).

#### 2.4.5 Geothermal sprawl

*Geothermal sprawl* didefinisikan sebagai jarak linear antara komponen terjauh pembangkit listrik (yaitu diameter terbesar yang dibuat oleh pembangkit listrik). Konsep dari *geothermal sprawl* ini mirip dengan *urban sprawl*, ketika suatu terdapat suatu pembangkit listrik di suatu wilayah maka tidak menutup kemungkinan terjadi perluasan atau pengembangan dari pembangkit listrik tersebut. Hal ini akan muncul ketika adanya peningkatan kebutuhan energi listrik, sehingga perlu dilakukan pengeboran sumur untuk memenuhi kebutuhan tersebut (Otsman, 2015).

Tujuan dari aspek ini dalam analisis ekologi bentang lahan adalah untuk menentukan sejauh mana perluasan pembangkit listrik dengan mengukur jarak linier terjauh antar komponen. Hal ini bertujuan untuk memantau dan menjelaskan potensi



gangguan atau dampak yang lebih dari rencana kegiatan awal. Ketika terdapat kegiatan pengeboran *wellpad* tambahan untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, yang mungkin berada di luar kawasan pembangkit listrik, maka antara *wellpad* dengan pembangkit yang sudah ada akan dihubungkan dengan pipa. Beberapa lokasi WKP biasanya berada pada kawasan konservasi, oleh karena itu perlu untuk memperhitungkan dampak *geothermal sprawl* ini karena kegiatan perluasan atau pengembangan ini berpotensi mengganggu susunan bentang lahan yang ada (Otsman, 2015).

#### 2.4.6 Visibility

*Visibility* atau jarak pandang didefinisikan sebagai area yang terlihat dari titik pengamatan. Dalam metode SLIA, maksud dari *visibility* sendiri adalah jumlah pembangkit listrik yang dapat dilihat dari lokasi pengamatan yang telah ditentukan sebelumnya. Penggunaan analisis *visibility* berbasis SIG untuk memantau bentang lahan dapat menjadi alternatif untuk membantu dalam menentukan area yang dapat dilihat dan dapat menjadi dasar analisis kualitas visual (Otsman, 2015).

Otsman (2015) menjelaskan bahwa tujuan atau *output* yang ingin dicapai dari analisis *visibility* dalam analisis ekologi bentang lahan adalah untuk menentukan bagian mana dari pembangkit listrik yang dapat dilihat dari jalan utama. *Output* tersebut diperoleh dari analisis menggunakan SIG dalam bentuk persentase dari area permukaan komponen pembangkit listrik yang dapat dilihat dari jalan utama. Analisis ini didasarkan pada suatu pendapat bahwa fitur antropogenik (buatan) seperti komponen pembangkit listrik ketika dilihat dalam bentang lahan alami yang berdampak negatif pada aspek visual.

Metode SLIA ini digunakan untuk menganalisa bentang lahan berdasarkan dampaknya menggunakan analisis spasial. Dengan menggunakan metode SLIA ini kemudian diketahui

tingkat dampak pada masing-masing aspek bentang lahan yang digunakan akibat aktivitas eksplorasi geotermal. Otsman (2015) menjelaskan bahwa metode SLIA dapat digunakan dalam beberapa konteks, yaitu :

- a) Menyediakan proses yang sistematis untuk menilai dampak lanskap pada pelaporan EIA (*Environment Impact Assessment*)
- b) Mengidentifikasi perambahan kawasan lindung/hutan belantara dan menargetkan potensi mitigasi
- c) Memantau dampak lanskap visual saat ini
- d) Memantau ekspansi fisik pembangkit listrik dari waktu ke waktu dan diantara pembangkit listrik lainnya
- e) Sebagai landasan untuk standar lanskap nasional untuk kegiatan pengembangan panas bumi atau lainnya

Metode SLIA digunakan untuk melakukan analisis terhadap perubahan bentang lahan. Metode ini menilai dampak yang diakibatkan oleh aktivitas manusia (*antropogenic element*) terhadap bentang lahan sebagai tempat terjadinya ekosistem (Syam, 2018). Otsman (2015) menyebutkan bahwa metodologi dan penilaian SLIA dirancang sederhana namun serbaguna. Analisis dan penilaian dalam penelitian dibuat dengan tujuan mengevaluasi dampak lanskap saat ini dari pembangkit listrik tenaga panas bumi yang beroperasi. Selain digunakan dalam analisis bentang lahan pada rencana pembangkit tenaga listrik panas bumi, secara teoritis dapat digunakan hampir pada semua fitur antropogenik.

## 2.5 Mitigasi Bencana

Menurut Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, bencana adalah suatu peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan baik oleh faktor alam dan atau faktor non alam maupun faktor manusia



sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Berdasarkan penyebab terjadinya, bencana alam dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu bencana alam meteorologis dan bencana alam geologi. Bencana alam meteorologis merupakan bencana yang berhubungan dengan iklim sehingga dewasa ini pemanasan global menjadi kekhawatiran tersendiri bagi bencana ini, misalnya kekeringan dan banjir. Sedangkan bencana alam geologis adalah bencana alam yang terjadi di permukaan bumi, seperti gempa bumi, tsunami, tanah longsor dan gunung meletus (Wahana Komputer, 2015). Sedangkan menurut Undang-Undang Nomor 24 tahun 2007 bencana dikategorikan menjadi bencana alam, bencana non-alam dan bencana sosial.

Terjadinya suatu bencana dapat melalui proses yang panjang atau waktu singkat dalam situasi tertentu tanpa adanya tanda-tanda sebelumnya (Findel, 2005 dalam Sunarti, 2014). Aspek risiko bencana dipengaruhi oleh faktor-faktor penyusunya yaitu bahaya (*hazards*), kerentanan (*vulnerability*) dan kapasitas (*capacity*). Hubungan risiko dengan bahaya dan kerentanan ini berbanding lurus, sedangkan risiko dengan kapasitas berbanding terbalik. Apabila kapasitas masuk ke dalam kategori tinggi, maka dapat menurunkan risiko, sebaliknya jika kapasitas suatu wilayah rendah maka risiko bencana meningkat (Gunawan dan Khadiyanto, 2012). Tidak jarang bencana tersebut menyebabkan kerugian materi dan menimbulkan korban jiwa saat datang secara tiba-tiba. Oleh karena itu perlu adanya perumusan upaya-upaya mitigasi bencana untuk mengurangi risiko bencana.

Menurut UU Nomor 24 Tahun 2007, mitigasi didefinisikan sebagai serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Chan (2003) dalam Kusriani *et al.* (2020) menjelaskan bahwa mitigasi



adalah tindakan untuk mengurangi atau meminimalisir potensi dampak negatif dari suatu bencana. Sementara Firmansyah et al. (2019) menjelaskan bahwa mitigasi adalah suatu upaya dan kegiatan yang dilakukan dengan tujuan mengurangi atau meminimalkan bencana, mengacu pada tindakan sebelum bencana untuk mengurangi kerusakan serta luka-luka korban bencana alam.

Secara umum, mitigasi dapat dikelompokkan menjadi mitigasi struktural dan mitigasi non struktural. Mitigasi struktural berhubungan dengan pembangunan konstruksi fisik, sedangkan mitigasi non-struktural antarlain meliputi perencanaan tata guna lahan yang disesuaikan dengan kerentanan wilayah. Mitigasi bencana meliputi pengenalan dan adaptasi terhadap bahaya alam dan buatan manusia, serta kegiatan berkelanjutan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko panjang (Noor, 2014).

Fuchs *et al.* (2015) dalam Firmansyah *et al.* (2019) menyebutkan bahwa suatu bencana dapat terjadi seara tiba tiba, sehingga perlu untuk melakukan tindakan yang direncanakan sebelumnya. Perencanaan ini dapat dilakukan dengan menggunakan analisis spasial. Penilaian spasial ini perlu dilakukan agar bisa menjadi alat untuk meningkatkan kesiagaan dalam mitigasi bencana dan sistem peringatan dini dalam pencegahan. Perumusan upaya mitigasi dapat dibantu dengan menerapkan teknologi SIG. Penggunaan teknologi SIG dalam upaya mitigasi dilakukan dengan melakukan identifikasi lokasi serta pengkajian masalah yang berkaitan dengan dampak bencana. Upaya mitigasi untuk mengurangi atau meminimalisir dampak bencana dilakukan dengan membuat suatu model penyusunan SIG, yaitu dengan menganalisis beberapa tema peta sebagai variabel untuk memperoleh kawasan yang rentan bahaya dan risiko bencana alam (Wahana Komputer, 2015).

Menurut peraturan kepala BNPB Nomor 4 tahun 2008 tentang penyusunan penanggulangan bencana, mitigasi



bencana dapat digolongkan menjadi mitigasi aktif dan mitigasi pasif. Mitigasi aktif cenderung lebih pada kegiatan yang langsung berkaitan dengan kegiatan mitigasi seperti pembuatan dan penempatan tanda bahaya, pengawasan terhadap pelaksanaan peraturan, pelatihan dasar kebencanaan, pembuatan jalur evakuasi dan lainnya. Sementara mitigasi pasif lebih cenderung pada kegiatan administratif dan edukasi pada masyarakat seperti pembuatan peraturan, pembuatan peta rawan bencana, pembuatan brosur, pembuatan SOP, pembentukan organisasi satuan gugus tugas bencana dan lainnya.

Menurut Proyambodo (2009) dalam Wicaksono dan Pangestuti (2019), terdapat dua unsur penting yang menjadi dasar keberhasilan mitigasi bencana, yaitu unsur mikrokosmos dan makrokosmos. Unsur mikrokosmos merupakan kegiatan pembangunan kesadaran manusia, sedangkan makrokosmos merupakan kegiatan berupa pembangunan lingkungan yang ramah bagi makhluk hidup di dalamnya. Dua hal tersebut tentu sangat mempengaruhi keberhasilan mitigasi bencana. Tanpa adanya kesadaran yang tinggi masyarakat dan pembangunan lingkungan yang baik, kegiatan mitigasi belum dapat berjalan optimal.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Sebelum penelitian ini dilaksanakan, terdapat beberapa hasil telaah penelitian terdahulu serupa yang digunakan sebagai acuan. Penelitian tersebut menjadi referensi bahan perbandingan dan acuan. Selain itu penelitian-penelitian tersebut juga menjadi pembanding dan menghindari adanya kesamaan dalam penelitian ini. Adapun hasil dari penelitian-penelitian tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.4**.



Tabel 2. 4 Penelitian Terdahulu

No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
1	Ostman, 2015	A New Approach for Assessing Landscape Impact of Geothermal Power Plants : A Acse Study of Hellisheidi	Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode SLIA ( <i>Spatial Landscape Impact Assessment</i> ). Terdapat enam aspek bentang lahan yang dibahas yaitu fragmentasi, <i>surface area</i> , <i>wilderness area reduction</i> , <i>visibility</i> , <i>geothermal sprawl</i> dan konflik konservasi. Penentuan <i>rating score</i> dari metode ini berasal dari <i>Work Group I</i> pada <i>Icelandic Master Plan, Phase II</i> . Dimana pada kegiatan tersebut dilakukan <i>group discussion</i> dari tim ahli di bidang landscape untuk menentukan <i>rating</i>	Berdasarkan hasil analisis, hasil dari penelitian Ostman (2015) yaitu : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fragmentasi yang terbentuk yaitu 131 <i>patches</i> (eksisting), apabila ditambahkan dengan rencana tambahan pipa penghubung menjadi 155 <i>patches</i> terbentuk. Sehingga nilai yang diperoleh yaitu 13 dengan kategori dampak tinggi tanpa rencana penambahan pipa dan 20 (kategori dampak sangat tinggi) dengan adanya rencana penambahan pipa.</li> <li>• Area permukaan yang berkurang akibat aktivitas ini yaitu 978.412 m<sup>2</sup> (eksisting) dan 985.233 m<sup>2</sup> (rencana</li> </ul>



No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
			<p>score. Setelah dilakukan pengolahan data secara spasial menggunakan ArcGis, selanjutnya dikategorikan dampak dari masing-masing aspek ke dalam 6 kategori. Kemudian nilai yang diperoleh pada masing-masing aspek dirata-rata dan dikategorikan dampak terhadap bentang lahan di wilayah studi.</p>	<p>penambahan pipa penghubung). Dengan demikian, nilai <i>rating score</i>-nya yaitu 13 (dampak tinggi).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Visibility</i> akibat adanya aktivitas ini adalah 72%(eksisting) dan akan menjadi 73% dengan adanya rencana penambahan jaringan pipa. Sehingga, berdasarkan <i>rating scale</i> yang telah ditentukan, nilai dengan adanya rencana penambahan jaringan pipa dan eksisting adalah 13 (berdampak tinggi).</li> <li>• <i>Geothermal sprawl</i> yang muncul akibat aktivitas ini adalah 8404 m, dengan nilai 4 (dampak rendah).</li> </ul>



No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tidak ada pengurangan <i>wilderness area</i> di wilayah studi karena lokasi pembangkit panas bumi ini tidak di wilayah yang dilindungi, sehingga nilai yang diperoleh adalah 0 (tidak berdampak).</li> <li>• Karena lokasi aktivitas ini tidak berada di lokasi yang dilindungi, sehingga konflik konservasi pun tidak ada. Adapun nilai yang diperoleh yaitu 0 (tidak berdampak).</li> <li>• Rata-rata dampak akibat kegiatan ini adalah 50/120.</li> </ul>
2	Gizawi dkk., 2017	Kajian Ekologi Bentang lahan dan Persepsi Masyarakat	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode kuantitatif, menggunakan metode SLIA (<i>Spatial Landscape Impact</i>)</li> </ul>	Hasil dari penelitian Gizawi dkk. (2017) yaitu bahwa kegiatan eksplorasi akan berdampak terhadap bentang

No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
		terhadap Rencana Eksplorasi Panas Bumi	Assessment) untuk menganalisis perubahan ekologi bentang lahan. terdapat tiga aspek bentang lahan yang dibahas, yaitu area permukaan, reduksi area penting, dan fragmentasi bentang lahan. Masing-masing dianalisis secara spasial menggunakan aplikasi ArcGis, kemudian ditentukan besar skor yang diperoleh dan dikategorikan dampaknya. Penentuan skor sama seperti pada penelitian Otsman (2015). Setelah	lahan dengan tingkat dampak tertentu serta pada persepsi masyarakat. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Total perubahan area permukaan akibat aktivitas eksplorasi yaitu 42,060 ha atau 420.600 m<sup>2</sup>, dimana dampak ini tergolong ke dalam tingkat dampak <i>rating</i> 1 (berdampak sangat rendah).</li> <li>• Reduksi kawasan area penting akibat rencana eksplorasi ini yaitu sebesar 0,05549 km<sup>2</sup>. Nilai tersebut tergolong ke dalam <i>rating</i> dampak 1 (berdampak sangat rendah).</li> <li>• Fragmentasi bentang lahan yang terbentuk akibat rencana eksplorasi ini yaitu</li> </ul>



No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
			<p>diperoleh besaran skor masing-masing aspek, kemudian dirata-rata dan dikategorikan dampak akhirnya terhadap bentang lahan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Untuk analisis persepsi masyarakat dilakukan dengan <i>mix method</i> (dengan dua pendekatan yaitu kualitatif dan kuantitatif). Metode yang dilakukan yaitu dengan kuisiner dan <i>depth interview</i>.</li> </ul>	<p>berada pada <i>rating</i> 1 (berdampak sangat rendah). Namun lokasi yang akan berubah ini didominasi oleh kebun campur, dimana fungsi dari kebun campur adalah memenuhi fungsi ekologi, ekonomi dan sosio kultural masyarakat. Sehingga dari analisis SLIA, diperoleh bahwa <i>rating</i> dampak eksplorasi ini terhadap bentang lahan adalah 1 (berdampak sangat rendah).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Berdasarkan hasil kuisiner dan wawancara, masyarakat menolak kegiatan ini karena mereka berpersepsi kegiatan eksplorasi ini mempengaruhi kehidupan masyarakat</li> </ul>

No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
3	Griffith <i>et al</i> (2000)	A Landscape Ecology Approach to Assessing Development Impacts in The Tropics : a Geothermal Energy Example in Hawaii	Penelitian dilakukan secara spasial menggunakan software ARC/INFO GIS. Data yang diperlukan meliputi data spesies yang rawan punah, <i>dry wells</i> <i>eksisting</i> , <i>well site</i> aktif <i>eksisting</i> , kondisi <i>eksisting</i> lava dan area aktif, hutan dengan spesies asli hutan tersebut. Selanjutnya data yang ada di <i>overlay</i> .	seperti aspek lingkungan dan ekonomi. Adanya kegiatan pengembangan energi panas bumi berdampak pada bentang lahan, terutama akibat adanya penambahan jalan baru. Dibandingkan dengan kondisi <i>eksisting</i> , ada peningkatan sebanyak 245% tepian terbentuk pada <i>dispersed case</i> dan 44% peningkatan pada <i>condensed case</i> , rata-rata ukuran <i>patch</i> untuk ukuran vegetasi asli berkurang 33% pada <i>dispersed case</i> dan 10% pada <i>condensed case</i> , padahal ukuran maksimal jenis vegetasi berkurang sebesar 54% pada <i>dispersed case</i> dan 12% pada <i>condensed case</i> . Hal tersebut



No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
				tentu dapat berdampak pada organisme di sekitar wilayah studi.
4	Thorhallsdottir, 2007	Environment and Energy in Iceland : A Comparative Analysis of Values and Impacts	<i>Review</i>	Kegiatan pengembangan energi alternatif berdampak terhadap berbagai komponen lingkungan, yaitu geologi, hidrologi, spesies, ekosistem, tanah, <i>landscape</i> dan <i>wilderness</i> , serta warisan budaya. Dari dua pembangkit yang dianalisis (pembangkit listrik tenaga air dan geothermal), kedua pembangkit tersebut berdampak tinggi terhadap bentang lahan dan <i>wilderness</i> . Pengembangan pembangkit listrik ini juga berdampak terhadap hilangnya komponen biologi (populasi organisme,



No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
				<p>habitat dan pergerakan satwa, komponen struktur ekosistem dan jasa ekosistem), dampak hidrologi, serta kehilangan budaya. Dampak terhadap bentang lahan dapat menyebabkan fragmentasi ekosistem dan hutan belantara yang berdampak besar pada keanekaragaman hayati dan spesies langka. Dampak terhadap bentang lahan dan wilderness area merupakan dampak paling besar, karena penduduk Islandia menilai bentang lahan sebagai simbol nasional yang lebih penting dari budaya, bahasa dan sejarah.</p>
4	Semedi <i>et al</i> (2017)	Developing a Framework For Assessing The	Review	Setiap tahap pengembangan energi panas bumi (eksplorasi, konstruksi, operasi dan



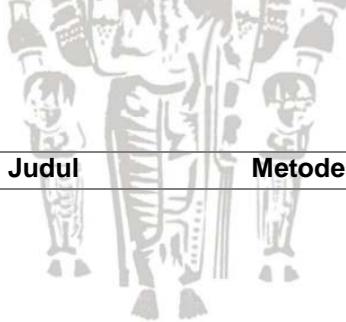
No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
		Impact of Geothermal Development Phases On Ecosystem Services		pemeliharaan, serta dekomisioning) akan berdampak terhadap bentang lahan dan semua yang tinggal di dalamnya. Dampak yang dihasilkan pada tiap tahapan pengembangan tentu berbeda-beda. Dampak terhadap bentang lahan akan mempengaruhi jasa ekosistem setempat. Untuk memprediksi dampak tersebut dapat dilakukan menggunakan analisis spasial dengan bantuan SIG (Sistem Informasi Geografi). Namun hingga saat ini, analisis spasial belum optimal dalam proses AMDAL di Indonesia. Visualisasi dampak melalui peta dalam skala berbeda akan membantu



No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
				<p>mengidentifikasi kepentingan terkena dampak. Sehingga perlu pengoptimalan penggunaan analisis spasial dalam proses AMDAL kedepannya.</p>
5	Bonsjakovic <i>et al</i> , 2019	Environmental Impact of Geothermal Power Plants	Review	<p>Aktivitas pembangkit panas bumi berdampak pada lingkungan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pada aktivitas pengeboran, terutama pada saat membangun akses jalan menuju lokasi pengeboran menyebabkan deforestasi dan menghancurkan vegetasi. Dampak lain yang mungkin terjadi adalah gangguan tanah, limbah padat, cair dan gas, peningkatan kebisingan, peningkatan lalu lintas, </li></ul>



No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
				<p>gangguan pada kondisi alam, vegetasi, habitat dan area penting, kesehatan pekerja serta dampak sosial, perubahan penggunaan lahan, berkurangnya air tanah, <i>microclimate effect</i>, perubahan suhu tanah, serta <i>waste heat</i>.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dampak tersebut tidak menunjukkan dampak yang sangat besar, namun tetap perlu adanya upaya mitigasi untuk mencegah dampak yang lebih besar di masa yang akan datang.</li> </ul>
6	Soltani <i>et al</i> , 2021	Environmental, Economic, and Social Impacts of Geothermal Energy Systems	Review	Meskipun pengembangan energi panas bumi memiliki dampak positif, tetapi dampak negatif pada beberapa komponen juga perlu



No.	Nama	Judul	Metode Analisis	Hasil Penelitian
				<p>dipertimbangkan. Kegiatan eksplorasi panas bumi berdampak pada komponen lingkungan, sosial dan ekonomi. Pada komponen lingkungan, dampak yang ditimbulkan yaitu perubahan penggunaan lahan, <i>land subsidence</i>, tanah longsor, kebisingan, penggunaan air, limbah padat dan cair serta polusi, <i>biodiversity</i>. Pada komponen sosial, dampak utamanya adalah persepsi masyarakat, rekrutmen tenaga kerja, berkurangnya kemiskinan, kesehatan masyarakat. Sementara pada komponen ekonomi dampak yang dihasilkan cenderung</p>





**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**



## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan di area WKP (Wilayah Kerja Panas) Arjuno Welirang yang berada di dalam Kawasan Taman Hutan Raya Raden Soerjo. Secara administratif Taman Hutan Raya R. Soerjo termasuk ke dalam wilayah Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Malang, Kabupaten Pasuruan, dan Kota Batu Provinsi Jawa Timur. Waktu penelitian dilaksanakan mulai bulan April 2021 sampai dengan Juni 2021. Wilayah studi dari penelitian ini meliputi lokasi pengeboran (*wellpad*) dan juga trase jalan menuju *wellpad*. Adapun wilayah studi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.

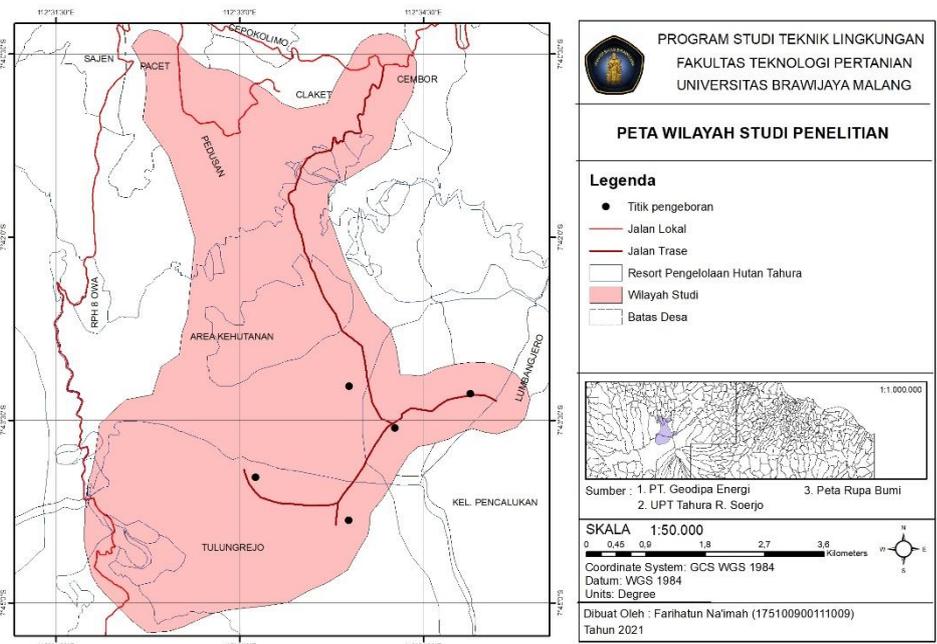
### 3.2. Alat dan Data

Penelitian ini dilakukan menggunakan data sekunder, sehingga terdapat beberapa alat yang dibutuhkan untuk mengolah data sekunder tersebut. Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 3.1**. Adapun data sekunder yang dibutuhkan dan sumber data tersebut sebagaimana tertera pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3. 1** Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Fungsi
1.	Software ArcGIS	Untuk membuat peta dampak vegetasi yang hilang akibat kegiatan eksplorasi
2.	Seperangkat laptop	Untuk mengoperasikan <i>software</i> ArcGis
3.	GPS	Untuk menentukan titik koordinat lokasi plot
4.	Kamera	Untuk mendokumentasikan hasil survei





**Gambar 3.1** Peta Wilayah Studi

Sumber : Laporan 1 tim UKL-UPL Universitas Brawijaya

**Tabel 3. 2** Data yang diperlukan dalam penelitian

No	Jenis Data	Sumber	Kegunaan
1	Peta lokasi tapak proyek	PT Geodipa	Untuk mengetahui lokasi proyek
2	Peta jaringan jalan eksisting dan rencana menuju well-pad	Rencana jalan menuju <i>well-pad</i> : Geodipa  Eksisting : interpretasi citra	Untuk analisis fragmentasi bentang lahan
3	Peta <i>land use</i> wilayah studi (tapak proyek dan jalan menuju tapak proyek)	Bappeda Jawa Timur	Untuk analisis area permukaan/tutupan lahan
4	Peta administrasi wilayah studi (Tahura dan wilayah terdampak)	Bappeda Jawa Timur/ PT Geodipa/UPT Tahura R. Soerjo	
5	Peta kawasan lindung	Bappeda Jawa Timur	Untuk analisis reduksi area penting

### 3.3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian deskriptif-kuantitatif ini dilakukan dengan mendeskripsikan kondisi perubahan bentang lahan akibat rencana eksplorasi panas bumi di WKP Welirang menggunakan metode *Spatial Landscape Impact Assesment (SLIA) rating system*. Penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dalam penelitian ini digunakan untuk melihat, meninjau, dan menggambarkan

dengan angka mengenai objek yang diteliti dengan apa adanya sehingga dapat ditarik kesimpulan tentang hal tersebut sesuai hasil penelitian.

### **3.4. Tahap Pelaksanaan**

#### **3.4.1 Pengumpulan Data**

Tahap awal dalam pelaksanaan penelitian ini adalah pengumpulan data. Data yang digunakan berupa data sekunder. Data sekunder merupakan data yang tidak diperoleh secara pribadi, dalam arti lain data ini diperoleh dari pihak lain atau instansi terkait. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini yaitu peta lokasi tapak proyek, peta jaringan jalan (eksisting dan rencana), peta tata guna lahan wilayah studi yang merupakan interpretasi citra, serta peta batas administrasi wilayah studi. Adapun data sekunder yang digunakan diperoleh melalui situs resmi suatu instansi, yaitu *United States Geological Survey* (USGS) serta Bakesbangpol Provinsi Jawa Timur.

#### **3.4.2 Pengolahan Data**

Analisis bentang lahan dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif analisis dan metode spasial *Landscape Impact Assesment (SLIA) rating system*. Tujuan dari analisis ini adalah untuk tingkat dampak dari adanya kegiatan eksplorasi panas bumi. Pengolahan data dilakukan menggunakan *software ArcMap 10.4* dengan menggunakan fitur yang berbeda-beda untuk tiap aspek.

##### **3.4.2.1 Area Permukaan**

Perhitungan wilayah meliputi pembukaan titik-titik eksplorasi, rencana jaringan jalan, serta pembangunan fasilitas di sekitar eksplorasi. Total wilayah dinyatakan dalam satuan  $m^2$  dengan menggunakan salah satu *tools* pada perangkat analisis spasial yaitu *buffer*. Jalan eksisting dan rencana jalan dilakukan *buffer* selebar 4 m dari as jalan. Selanjutnya untuk perhitungan



luasan dilakukan menggunakan fitur *calculate geometry* pada ArcMap 10.4. Luas penggunaan lahan yang terpengaruh area eksplorasi ini kemudian dijadikan patokan perhitungan dan digabungkan menjadi total area permukaan yang dibutuhkan oleh satu kesatuan wilayah kerja panas bumi (Gizawi dkk., 2017).

#### **3.4.2.2 Reduksi kawasan penting**

Pengolahan data untuk reduksi kawasan penting dilakukan dengan menggunakan fitur *overlay* pada *software* ArcMap 10.4. Data peta digital area penting yang masih terpisah dijadikan dalam satu layer *shapefile*. Data peta digital tapak proyek berisi titik eksplorasi (*well-pad*) dan trase jalan. Untuk memperoleh area penting yang tereduksi, peta kawasan penting dan peta tapak proyek di *overlay* dan selanjutnya dilakukan *calculate geometry* untuk menghitung besaran area penting yang beririsan dengan tapak proyek. Setelah itu hasil diklasifikasikan sesuai dengan total luasan area yang tereduksi.

#### **3.4.2.3 Fragmentasi**

Perhitungan fragmentasi dilakukan dengan menggunakan *buffer*. Pada titik sumur panas bumi dibuat *buffer* dengan radius  $4.900 \text{ m}^2$  dan jaringan jalan dengan lebar *buffer* 4 m dari as jalan. Kemudian untuk jalan dan titik sumur panas bumi dikonversi menjadi poligon menggunakan *Feature to Polygon*. Hasil interseksi kedua peta akan menghasilkan poligon-poligon fragmen kemudian dilakukan perhitungan jumlah fragmen terbentuk. Poligon fragmen dapat dihitung dalam tabel atribut yang didefinisikan sebagai jumlah *patch*. Total jumlah fragmen terbentuk selanjutnya diklasifikasikan dan dianalisis ke dalam skala untuk menentukan tingkat potensi fragmentasi dari kawasan eksplorasi.



#### 3.4.2.4 Konflik konservasi

Proses analisis konflik konservasi menggunakan data luasan seluruh pembukaan lahan dan luasan proyek yang berada di kawasan lindung. Data luasan seluruh pembukaan lahan yang digunakan dapat diperoleh dari analisis aspek area permukaan, sementara data luasan proyek yang berada di kawasan lindung bisa menggunakan data dari analisis aspek reduksi kawasan penting. Kedua data tersebut kemudian dibandingkan antara luasan proyek yang berada di kawasan lindung dengan luas area permukaan yang diperlukan kemudian dikalikan dengan 100%. Hasil tersebut kemudian dikategorikan ke dalam skala untuk menentukan tingkat konflik konservasi di rencana eksplorasi panas bumi.

#### 3.4.3 Identifikasi Dampak

Untuk mengetahui dampak terhadap bentang lahan yang akan muncul dari aktivitas eksplorasi, perlu dilakukan identifikasi terlebih dahulu aktivitas apa saja yang akan terjadi dari sebelum eksplorasi hingga eksplorasi berlangsung. Setelah diketahui kegiatan yang akan terjadi, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi dampak potensial yang akan muncul dari masing-masing aktivitas. Adapun menurut laporan *civil design*-infrastruktur pada rencana eksplorasi di WKP Welirang, aktivitas yang direncanakan pada tahap eksplorasi ini yaitu :

- 1) Pra konstruksi

Kegiatan pra konstruksi merupakan rangkaian tahapan kegiatan yang dilakukan sebelum berlangsungnya kegiatan konstruksi. Pada tahap ini biasanya terdapat kegiatan perizinan dan survey-survey.

- 2) Konstruksi

Konstruksi yang dimaksud disini meliputi konstruksi trase jalan dan konstruksi di *wellpad* (sumur pengeboran). Terdapat lima titik *wellpad* dan trase jalan melalui Trawas.



Dalam kegiatan konstruksi tersebut tentu ada mobilisasi dan demobilisasi tenaga kerja, kendaraan dan alat berat, serta material. Selain itu juga terdapat pembangunan infrastruktur di tiap *wellpad* berupa kantor direksi, toilet, *septic tank*, *HDPE lined temporary cuttings stock pile*, *water reservoir*, *pum pap* dan *slim hole*.

### 3) Operasi (Pengeboran)

Tahap operasi dari kegiatan eksplorasi yaitu pengeboran. Tahap ini bertujuan untuk mengonfirmasikan sumber panas bumi awal dari penilaian, apakah panas bumi yang ada memenuhi persyaratan untuk dapat dijadikan PLTP atau tidak.

### 4) Pasca operasi

Tahap pasca operasi merupakan serangkaian kegiatan yang dilaksanakan setelah proyek telah selesai atau berhenti operasi. Setelah dilaksanakannya eksplorasi maka kegiatan berikutnya adalah eksploitasi dari panas bumi yang ada di wilayah tersebut apabila dari hasil eksplorasi ternyata berpotensi besar.

Berdasarkan tahapan kegiatan di atas, selanjutnya dilakukan identifikasi dampak potensial terhadap komponen bentang lahan. Dampak tersebut di data dalam bentuk daftar, selanjutnya dianalisis dan dikaji berdasarkan referensi penelitian terdahulu.

## 3.4.4 Perumusan Upaya Mitigasi

Perumusan upaya mitigasi dalam penelitian ini mengacu pada hierarki mitigasi oleh *Cross Sector Biodiversity Initiative* (CBSI). Hierarki mitigasi digunakan saat merencanakan atau melakukan suatu proyek pembangunan dengan pendekatan yang logis dan efektif untuk melindungi dan melestarikan keanekaragaman hayati dan memelihara jasa ekosistem yang penting. CBSI (2013) mendefinisikan hierarki mitigasi adalah



urutan tindakan untuk mengantisipasi dan menghindari dampak pada keanekaragaman hayati dan jasa ekosistem, apabila menghindari dampak tidak memungkinkan maka meminimalkan, ketika dampak terjadi dilakukan rehabilitasi atau pemulihan, serta apabila sisa dampak yang signifikan tetap ada maka ganti rugi.

Berdasarkan definisi sebelumnya dapat disimpulkan bahwa terdapat 4 urutan mitigasi, yang pertama yaitu menghindari dampak, kedua minimalisasi dampak (dimana kedua upaya disebut juga dengan tindakan preventif), ketiga restorasi, dan keempat adalah *offset*/ganti rugi (upaya ketiga dan keempat disebut dengan tindakan remediasi karena dilakukan apabila dampak terjadi). Bentuk kegiatan dalam masing-masing urutan dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.

a) *Avoidance* (menghindari dampak)

Upaya pertama untuk mitigasi yang dapat dilakukan adalah menghindari dampak. Menurut CSBI, *avoidance* didefinisikan sebagai tindakan yang diambil untuk mengantisipasi dan mencegah dampak buruk pada keanekaragaman hayati sebelum diambil tindakan atau keputusan yang dapat menyebabkan dampak tersebut. Hal ini merupakan upaya yang paling efektif untuk mengurangi potensi dampak negatif. Selain itu, upaya ini juga tentu akan menghemat biaya.

b) *Minimization* (minimalisasi)

CSBI mendefinisikan minimalisasi merupakan langkah-langkah yang diambil untuk mengurangi durasi, intensitas, signifikansi dan/atau luasnya dampak (baik dampak langsung, tidak langsung maupun kumulatif) yang tidak dapat sepenuhnya dihindari. Minimalisasi dilakukan apabila upaya pertama yaitu menghindari dampak tidak dapat dilakukan.

c) *Restoration*

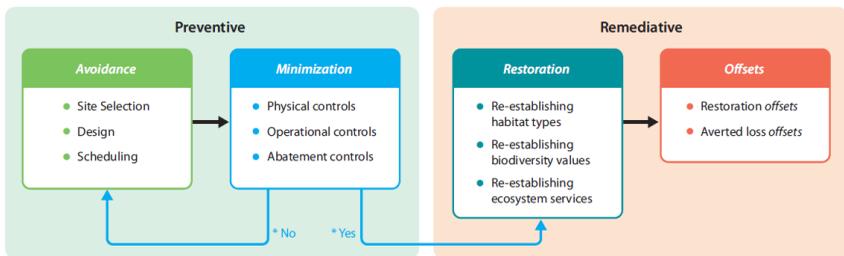
Merupakan upaya untuk memperbaiki keanekaragaman hayati dan jasa ekosistem yang telah terdegradasi akibat



adanya aktivitas proyek. Restorasi biasanya dilakukan di tempat dan untuk perbaikan dampak yang disebabkan oleh proyek, baik dampak langsung maupun tidak langsung. Restorasi dilakukan saat dampak sudah terjadi. Upaya restorasi ini dilakukan apabila tindakan preventif tidak dapat diterapkan.

d) *Offsets* (ganti rugi)

*Offset* didefinisikan sebagai hasil konservasi yang terukur, yang dihasilkan dari tindakan yang diterapkan pada area yang tidak terkena dampak proyek, yang mengompensasi dampak proyek yang merugikan dan signifikan yang tidak dapat dihindari, diminimalkan dan/atau direhabilitasi. *Offset* merupakan pilihan terakhir setelah semua komponen hierarki mitigasi diterapkan.



\* Can potential impacts be managed adequately through remediative measures?

**Gambar 3.2** Diagram yang menunjukkan implementasi hierarki mitigasi

Sumber : CBSI, 2013

### 3.5. Metode Analisis Data

#### 3.5.1 Analisis Area Permukaan

Menurut Otsman (2015), setelah dilakukan *buffering* lokasi pembangunan pada wilayah eksplorasi dan diperoleh total luasan yang akan berdampak pada vegetasi, dengan menggunakan metode *Spatial Landscape Impact Assesment (SLIA) rating*



system selanjutnya total area permukaan dikategorikan menjadi enam klasifikasi pengaruh yang akan menjadi salah satu indikator perubahan lanskap akibat kegiatan eksplorasi panas bumi. Adapun skala *rating* untuk perubahan tutupan lahan dapat dilihat pada **Tabel 3.3**.

**Tabel 3. 3** Skala *rating* perubahan area permukaan

<b>Rating pengaruh numerik</b>	<b>Luas perubahan area permukaan (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Deskripsi dampak</b>
0	0	Tidak berdampak
1	1 – 449.000	Berdampak sangat rendah
4	450.000 – 649.000	Berdampak rendah
8	650.000 – 849.000	Berdampak signifikan
13	850.000 – 1.049.000	Berdampak tinggi
20	≥ 1.050.000	Berdampak sangat tinggi

(Sumber : Otsman, 2015 dalam Gizawi dkk., 2017)

### 3.5.2 Reduksi Kawasan Penting

Sama halnya seperti pada analisis area permukaan, setelah dilakukan pengolahan menggunakan metode *Spatial Landscape Impact Assesment (SLIA) rating system* kemudian akan diketahui berapa luasan area penting yang berkurang. Otsman (2015) mengklasifikasikan besaran luas area tereduksi ke dalam 6 kategori dengan *rating* berbeda bergantung pada besarnya area penting yang tereduksi. Adapun skala *rating* untuk reduksi kawasan penting dalam analisis ekologi bentang lahan ini dapat dilihat pada **Tabel 3.4**.

**Tabel 3. 4** Skala *rating* reduksi kawasan penting

<b>Rating pengaruh numerik</b>	<b>Luas pengurangan area penting (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Deskripsi dampak</b>
0	0	Tidak berdampak
1	0,1-1	Berdampak sangat rendah
4	1,1-1,5	Berdampak rendah



<b>Rating pengaruh numerik</b>	<b>Luas pengurangan area penting (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Deskripsi dampak</b>
8	1,6-2	Berdampak signifikan
13	2,1-2,5	Berdampak tinggi
20	≥ 2,5	Berdampak sangat tinggi

(Sumber : Otsman, 2015 dalam Gizawi dkk., 2017)

### 3.5.3 Fragmentasi Bentang lahan

Setelah diolah dan diketahui jumlah fragmen terbentuk pada area studi, kemudian disimpulkan tingkat dampak sesuai jumlah fragmen terbentuk. Jumlah fragmen diperoleh dari analisis menggunakan *feature to polygon* dimana poligon yang terbentuk diasumsikan sebagai fragmen (*patches*) yang dapat dilihat pada atribut tabel untuk mempermudah perhitungan jumlahnya. Otsman (2015) menyebutkan terdapat enam kategori dampak sesuai dengan total fragmen terbentuk dengan *rating* berbeda. Adapun *rating* skala fragmentasi bentang lahan dalam analisis ini dapat dilihat pada **Tabel 3.5**.

**Tabel 3.5** *Rating* skala fragmentasi bentang lahan

<b>Rating pengaruh numerik</b>	<b>Total patches terbentuk</b>	<b>Deskripsi dampak</b>
0	0	Tidak berdampak
1	1-74	Berdampak sangat rendah
4	75-99	Berdampak rendah
8	100-124	Berdampak signifikan
13	125-149	Berdampak tinggi
20	≥ 150	Berdampak sangat tinggi

(Sumber : Otsman, 2015 dalam Gizawi dkk., 2017)

### 3.5.4 Konflik konservasi

Output dari konflik konservasi adalah presentase yang diperoleh dari perbandingan antara data luasan area yang



dibutuhkan seluruhnya dan luasan area proyek yang berada di kawasan lindung. Data persentase yang diperoleh kemudian dikategorikan ke dalam rating kelas dampak untuk aspek konflik konservasi. Besarnya persentase tersebut kemudian dikategorikan ke dalam skala *rating* SLIA (**Tabel 3.6**).

**Tabel 3. 6** *Rating* skala pengaruh konflik konservasi

<b>Rating pengaruh numerik</b>	<b>Persentase konflik konservasi (%)</b>	<b>Deskripsi dampak</b>
0	0	Tidak berdampak
1	1-32	Berdampak sangat rendah
4	33-48	Berdampak rendah
8	49-64	Berdampak signifikan
13	65-80	Berdampak tinggi
20	≥ 81	Berdampak sangat tinggi

Sumber : Otsman, 2015

### 3.5.5 *Rating* dan *Skoring*

Setelah keempat aspek dianalisis dan diperoleh nilainya, kemudian keempat nilai tersebut dijumlah dan dirata-rata menjadi bentuk angka dengan *rating* pengaruh maksimal. Untuk dapat memudahkan interpretasi data, hasil skor metode SLIA diklasifikasi ke dalam rentang tingkat dampak dengan menghitung rata-rata keempat aspek yang dibahas. Adapun tingkat dampak eksplorasi terhadap bentang lahan dapat dilihat pada **Tabel 3.6**.

**Tabel 3. 7** *Rating* dan *skoring* rata-rata SLIA

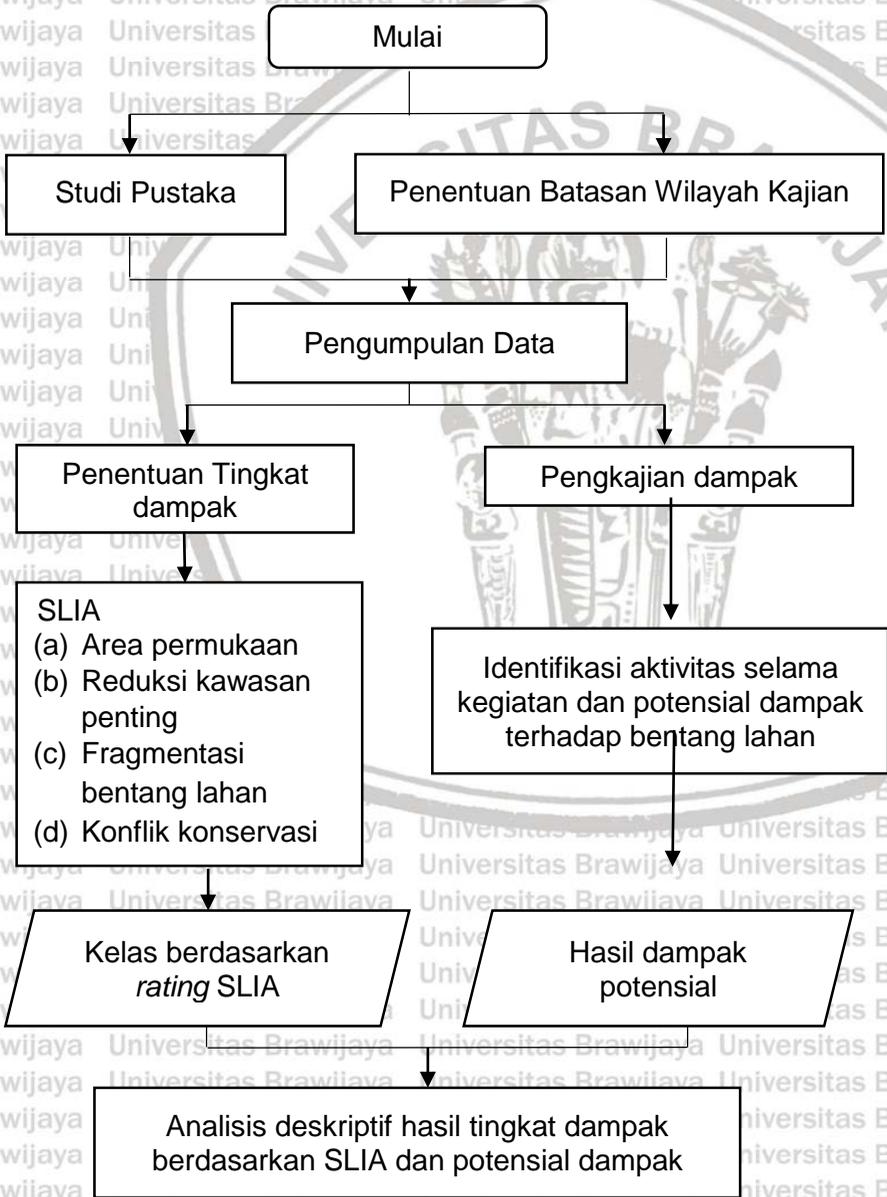
<b>Rating skala rata-rata</b>	<b>Deskripsi dampak</b>
0-0,99	Tidak berdampak
1-3,99	Berdampak sangat rendah
4-7,99	Berdampak rendah
8-12,99	Berdampak signifikan
13-19,99	Berdampak tinggi
≥ 20	Berdampak sangat tinggi

(Sumber : Otsman, 2015 dalam Gizawi dkk., 2017)



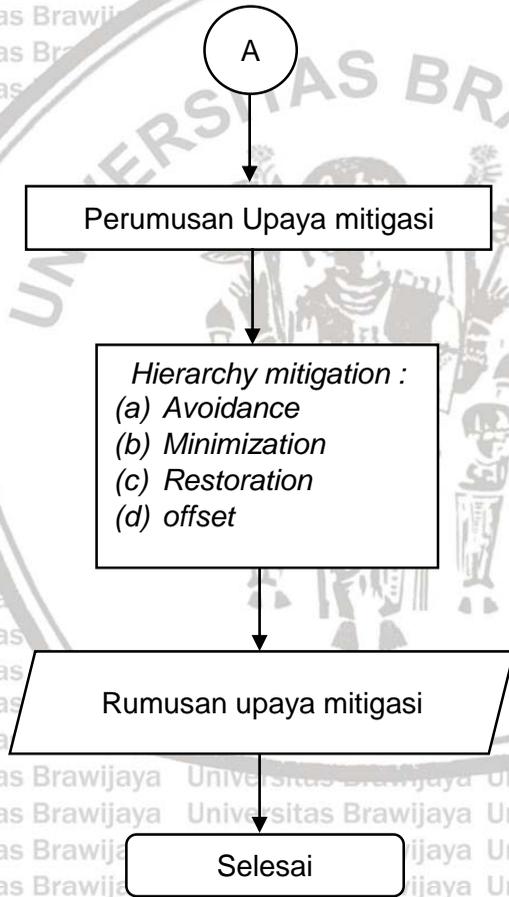
Setelah diperoleh kelas dampak masing-masing aspek dan kelas dampak akhir dari metode SLIA, hasil tersebut selanjutnya dianalisis secara deskriptif untuk menjelaskan dampak yang ditimbulkan. Analisis deksriptif ini bertujuan untuk mendeskripsikan atau memberi gambaran terhadap objek melalui data yang terkumpul sebagaimana adanya dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum. Dalam penelitian ini berarti objek yang dijelaskan adalah data hasil analisis spasial menggunakan metode SLIA. Sementara untuk dampak yang ditimbulkan, hasil identifikasi potensial dampak yang telah didaftar selanjutnya dijabarkan dengan membandingkan dari referensi. Sedangkan untuk upaya mitigasi, dari dampak potensial yang muncul kemudian mitigasi dari masing-masing dampak disusun berdasarkan hierarki mitigasi. Adapun tahapan penelitian secara keseluruhan dapat dilihat pada **Gambar 3.3**.





A





**Gambar 3.3** Diagram alir penelitian



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Deskripsi Wilayah Studi

Kegiatan eksplorasi panas bumi dilakukan pada wilayah kerja panas bumi (WKP). Salah satu WKP di Jawa Timur dan memiliki potensi panas bumi yang cukup besar yaitu WKP Arjuno Welirang yang berada di dalam kawasan Taman Hutan Raya (Tahura) R. Soerjo. Taman Hutan Raya merupakan suatu kawasan pelestarian alam untuk tujuan koleksi tumbuhan dan atau satwa yang alami atau bukan alami, jenis asli dan atau bukan asli, yang dimanfaatkan bagi kepentingan penelitian, ilmu pengetahuan, pendidikan, menunjang budidaya, budaya, pariwisata dan rekreasi. Kawasan taman hutan raya dikelola oleh pemerintah dan dikelola dengan upaya pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya (Zulaihah, 2013).

Secara astronomis, kawasan taman hutan raya berada pada posisi  $7^{\circ}40'100'' - 7^{\circ}49'310''$  LS dan  $112^{\circ}22'120'' - 112^{\circ}46'300''$  BT. Kawasan taman hutan raya R. Soerjo ini berada pada 5 Kabupaten di Jawa Timur yaitu Kabupaten Mojokerto (10.181,10 ha), Pasuruan (5.894,30 ha), Malang (4.287,00 ha), Jombang (2.427,70 ha), Kediri (437,00 ha) serta 1 Kota, yaitu Kota Batu (4.641,20 ha) (Widiarti, 2018). Berdasarkan Kepmenhut No.80/Kpts-II/2001 Tanggal 15 Maret 2001, Jo No.1190/Kpts-II/2002 tanggal 2 April 2002 kawasan tahuran memiliki luas seluruhnya 27.863,30 Ha dengan spesifikasi 22.908 menjadi kawasan hutan lindung dan pada wilayah Cagar Alam Arjuno Lalijiwo sekitar 4.960 ha dan luas area wisara pemandian air panas kurang lebih 14 ha (Ghozali, 2011). Adapun batas-batas kawasan taman hutan raya R.Soerjo adalah sebagai berikut.



1. Utara : Kawasan hutan Perum Perhutani KPH Pasuruan
2. Timur : Kawasan hutan Perum Perhutani Pasuran dan Malang
3. Selatan : Kawasan Hutan Perum perhutani KPH Malang dan APL Kota Batu
4. Barat : Kawasan hutan Perum Perhutani KPH Malang dan KPH Jombang

Topografi Kawasan Taman Hutan Raya R. Soerjo bergelombang dan berbukit dengan lereng yang curam dan ketinggian berada pada rentang 1000-339 mdpl. Kawasan tahura juga memiliki beberapa gunung di dalamnya. Beberapa gunung tersebut yaitu Gunung Arjuno (3.339 mdpl), Gunung Welirang (3.156 mdpl), Gunung Anjasmoro (3.217 mdpl), Gunung Kembar I (3.061 mdpl), Gunung Biru (2.337 mdpl), Gunung Kembar II (3.256 m) dan Gunung Ringgit (2.474 mdpl) (Ghozali, 2011).

Wilayah Kerja Panas (WKP) Arjuno Welirang merupakan salah satu WKP yang berada di Jawa Timur dengan potensi cadangan terduga sebesar 280 Mwe. Sumber panas (*heat source*) diperkirakan berasal dari bawah kerucut Gunung Arjuno-Welirang. Sumber panas akan memanasi fluida yang tersimpan dalam reservoir yang ditutupi oleh batuan penudung (*caprock*). Manifestasi fumarola/solfatara muncul di sekitar puncak Gunung Welirang sebagai zona *upflow*, kemudian manifestasi air termal muncul di Coban, Cangar, dan Padusan yang diinterpretasikan sebagai zona *outflow* dalam sistem panas bumi Gunung Arjuno Welirang. Area *recharge* sistem panas bumi Gunung Arjuno Welirang diduga berada pada tubuh bagian utara, timur, dan selatan Gunung Arjuno Welirang pada elevasi yang relatif rendah (Direktorat Panas Bumi, 2017).

Berdasarkan hasil studi magnetotelurik, anomali resistivitas terkait batuan penudung (*caprock*) muncul dari bawah Gunung Arjuno Welirang hingga ke bagian barat laut. Ketebalan anomali tersebut berkisar 500-2000 m. Di bagian bawah anomali rendah tersebut terdapat anomali tinggi yang diasumsikan terkait dengan reservoir dengan tebal berkisar 750-1.500 m. Temperatur reservoir sebesar 225 – 260°C. Luas WKP Arjuno Welirang sebesar 21.280 ha (212,8 km<sup>2</sup>) yang secara administratif meliputi Kabupaten Pasuruan, Malang Mojokerto dan Kota Batu dengan status lahan hutan lindung sekitar (13%), hutan konservasi (57%), hutan produksi (14%) (Direktorat Panas Bumi, 2017).

#### **4.2 Deskripsi Rencana atau Kegiatan**

Dalam suatu kegiatan tentu akan muncul suatu dampak, termasuk juga dalam kegiatan eksplorasi panas bumi. Eksplorasi panas bumi merupakan serangkaian kegiatan yang meliputi penyelidikan geologi, geofisika, geokimia dari hasil penelitian langsung di lapang dimana terdapat kegiatan lanjutan setelah eksplorasi, yaitu eksploitasi atau tahap pemanfaatan. Rencana kegiatan eksplorasi panas bumi terdapat kegiatan pra konstruksi, konstruksi, operasi dan pasca operasi.

Kegiatan pra konstruksi merupakan suatu tahapan kegiatan sebelum kegiatan pembangunan dilakukan. Yang termasuk ke dalam kegiatan pra konstruksi pada kegiatan eksplorasi panas bumi ini yaitu seleksi lokasi pengeboran, perizinan dan survei lapangan, pengadaan lahan. Kegiatan dilanjutkan dengan tahap konstruksi, yaitu sebagian atau keseluruhan kegiatan perencanaan dan atau pelaksanaan beserta pengawasan yang mencakup pekerjaan arsitektural, sipil, mekanikal, elektrikal dan tata lingkungan masing-masing beserta kelengkapannya untuk mewujudkan suatu bangunan (Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2021 tentang Peraturan Pemerintah (PP) tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2020



tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2017 Tentang Jasa Konstruksi). Beberapa kegiatan yang termasuk ke dalam kegiatan konstruksi yaitu konstruksi jalan akses dari dan menuju *wellpad*, konstruksi *wellpad*, konstruksi infrastruktur pendukung lain penunjang eksplorasi (sarana penyedia air, *soil disposal*, *stock yard*, *base camp* dan kantor), serta mobilisasi dan demobilisasi kendaraan dan alat berat selama kegiatan konstruksi, pengeboran dan pengujian sumur.

Tahapan setelah pra konstruksi dan konstruksi yaitu tahap operasi. Kegiatan yang ada pada tahap operasi untuk eksplorasi panas bumi yaitu pengeboran sumur, pengujian sumur, penanganan limbah, mobilisasi dan demobilisasi kendaraan dan alat berat selama kegiatan pengeboran dan pengujian sumur. Tahapan eksplorasi dilanjutkan dengan tahapan pasca operasi, yaitu suatu rangkaian kegiatan setelah suatu kegiatan berhenti atau telah selesai beroperasi. Adapun kegiatan pasca operasi dari kegiatan eksplorasi panas bumi meliputi penutupan sumur sementara/permanen serta restorasi dan revegetasi lahan.

#### **4.2.1 Tahap Pra Konstruksi**

##### **a) Seleksi lokasi pengeboran**

Lokasi pengeboran merupakan bagian penting dalam proses eksplorasi panas bumi yang akan menentukan langkah selanjutnya dalam keseluruhan proses evaluasi cadangan panas bumi yang akan dikembangkan. Penentuan lokasi pengeboran melibatkan kajian teknis, kajian ekonomi, dan kajian sosial – lingkungan. Kajian teknis setidaknya meliputi kelayakan aspek geo teknik, geosains, dan sipil. Kajian ekonomi menganalisis kebutuhan biaya investasi dan operasional dalam mobilisasi – demobilisasi alat berat, pembangunan dan penyiapan infrastruktur, kegiatan pengeboran, serta rehabilitasi pasca pengeboran. Kajian sosial lingkungan meninjau



kelayakan dan perencanaan kegiatan eksplorasi pada tatanan lingkungan hidup dan sosial.

Dalam area pengeboran terdapat beberapa kegiatan dan peralatan yang digunakan, yaitu mesin dan rig pengeboran, tempat penyimpanan stang bor dan pipa (*casing*), sistem sirkulasi lumpur dan tandon air, sistem pembangkit listrik dan beberapa direksi atau ruang kerja. Selain itu, pada tahap pra konstruksi *wellpad* dibagi dalam beberapa tahapan, yakni: pengukuran GPS Geodetik, pengukuran topografi area *wellpad*, penyelidikan tanah untuk pondasi *wellpad*, dan perencanaan penyediaan air untuk keperluan pengeboran.

#### **b) Perizinan dan survei lapangan**

Perizinan dan survei lapangan Perizinan yang diperlukan untuk kegiatan eksplorasi di WKP Arjuno Welirang terdiri dari Izin Lokasi, Izin Lingkungan, Izin Mendirikan Bangunan, Izin Penggunaan Air Tanah, Izin Bahan Peledak dan Izin Penyimpanan dan Pembuangan Limbah B3, Izin Pembuangan Limbah Cair, dan terkait lokasi WKP Arjuno Welirang yang berada di dalam kawasan Taman Hutan Raya, maka juga diperlukan Izin Pemanfaatan Jasa Lingkungan Panas Bumi. Tahap Pra-konstruksi juga melibatkan survei topografi dan geosains untuk menentukan lokasi yang optimal dari kegiatan pengeboran. Kegiatan ini akan dilakukan oleh tim kecil dari surveyor tanah dan rig pengeboran geosains. Aktivitas survey geosains ditujukan untuk mengumpulkan data geosains terkait dengan estimasi parameter-parameter utama dari reservoir (suhu, kedalaman, jangkauan, dll) sebelum dilakukan pengeboran eksplorasi. Survey-survey ini diawali dengan pengumpulan contoh dan data dari manifestasi permukaan yang sudah ada, kemudian dilanjutkan dengan survei permukaan dan bawah permukaan menggunakan metode geologi, geokimia dan geofisika. Survey-survey lainnya akan



terus dilakukan termasuk survei terkait kajian lingkungan hidup dan sosial.

### c) Pengadaan lahan

Pengadaan lahan meliputi kegiatan peminjaman dan pembelian lahan hingga pembukaan lahan yang dilaksanakan berdasarkan peraturan yang berlaku. Sebelum melaksanakan pembebasan lahan, pengembang perlu memperoleh seluruh izin yang dipersyaratkan. Sehubungan dengan *area of interest* kegiatan eksplorasi yang berada pada Taman Hutan Raya serta pedesaan, sehingga pada daerah yang tercakup di dalam Taman Hutan Raya, pengembang perlu memperoleh Izin Pemanfaatan Jasa Lingkungan Panas Bumi (IPJLPB). Sedangkan pada daerah pedesaan, kegiatan pembebasan lahan didahului dengan sosialisasi dan negosiasi dengan masyarakat. Apabila telah diperoleh IPJLPB dan telah tercapai kesepakatan dengan masyarakat, maka pembukaan lahan dapat dilakukan sesuai dengan kaidah dan mitigasi yang disyaratkan pada UKL/UPL. Luas lahan yang dibebaskan meliputi daerah *wellpad*, jalan, dan infrastruktur yang diperlukan seperti *stockyard*, kantor, dan *basecamp*.

Pada tahap pengadaan lahan, diperlukan proses pengukuran topografi yang tidak hanya terbatas pada pemasangan patok-patok, pengukuran titik kontrol horizontal, dan pengukuran titik kontrol vertikal. Namun juga meliputi, peninjauan kondisi lapangan untuk memastikan, bahwa lokasi well pad yang dipetakan relatif datar dan memudahkan kendaraan yang membawa logistik untuk keluar masuk area. Penentuan titik ikat sebagai titik acuan (*reference point*) terhadap nilai koordinat dan elevasi *Bench Mark* (BM) yang ada di lapangan. Selain itu, juga bisa dilakukan dengan menggunakan pengukuran poligon utama dan cabang untuk



menentukan arah dan posisi suatu titik dan juga melakukan pengukuran detail yang laetaknya lebih jauh dari poligon utama.

**d) Penerimaan tenaga kerja**

Sebelum dilakukanya kegiatan konstruksi, terlebih dahulu dilakukan perekrutan tenaga kerja terampil serta staff pendukung yang dibutuhkan untuk kegiatan konstruksi serta operasi. Kebutuhan tenaga kerja dibagi menjadi kebutuhan tenaga kerja dari pemrakarsa maupun tenaga kerja kontrak selama tahap konstruksi dan operasi. Adapun prakiraan jumlah dan kualifikasi tenaga kerja yang dibutuhkan dapat dilihat pada

**Tabel 4.1.**

**Tabel 4. 1** Prakiraan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan

No	Jenis kegiatan	Jumlah tenaga kerja			Asal tenaga kerja
		Tenaga Ahli	Pengawas lapangan	Tenaga buruh	
1	Pembersihan dan Pematangan lahan	2	4	30	Lokal
2	Pembuatan jalan penghubung danpenunjang	3	10	75	Lokal
3	Kontruksi sipil, mekanik dan listrik	7	20	50	Lokal/luar
4	Pemboran sumur eksplorasi	9	8	20	Lokal/luar
5	Uji produksi sumur eksplorasi	2	4	10	Lokal/luar



## 4.2.2 Tahap Konstruksi

### a) Mobilisasi dan Demobilisasi Kendaraan dan Alat Berat Selama kegiatan konstruksi

Kegiatan mobilisasi alat dilakukan melalui sarana jalan yang telah tersedia. Sedangkan untuk mobilisasi personil, apabila kualifikasi yang diperlukan dapat terpenuhi oleh tenaga lokal, maka pihak pemrakasa akan memprioritaskan tenaga lokal dari pekon- pekon terdekat dengan tapak kegiatan. Peralatan yang dibutuhkan untuk kegiatan operasional disajikan di sub bab selanjutnya. Adapun perkiraan jenis dan jumlah alat berat yang dibutuhkan untuk kegiatan konstruksi dapat dilihat pada **Tabel 4.2**, sedangkan perkiraan bahan dan volume yang dibutuhkan untuk kegiatan konstruksi jalan sebagaimana tertera pada **Tabel 4.3**.

**Tabel 4. 2** Prakiraan kebutuhan alat berat untuk kegiatan konstruksi

No	Jenis Alat Berat	Jumlah
1	<i>Asphalt Sprayer</i>	1
2	<i>Dumptruck 3,5 ton</i>	4
3	<i>Motor grader &gt; 100 hp</i>	1
4	<i>Wheel Loader</i>	1
5	<i>Tandem Roller 6-8 T</i>	1
6	<i>Vibratory roller 5-8 T</i>	1
7	<i>Water Tanker 3000-4500 L</i>	1
8	<i>Excavator 80 - 140 hp</i>	1

**Tabel 4. 3** Prakiraan kebutuhan bahan dan volume untuk konstruksi jalan

No	Jenis Bahan	Satuan	Kebutuhan untuk peningkatan ruas jalan
1	Timbunan pilihan	m <sup>3</sup>	12000

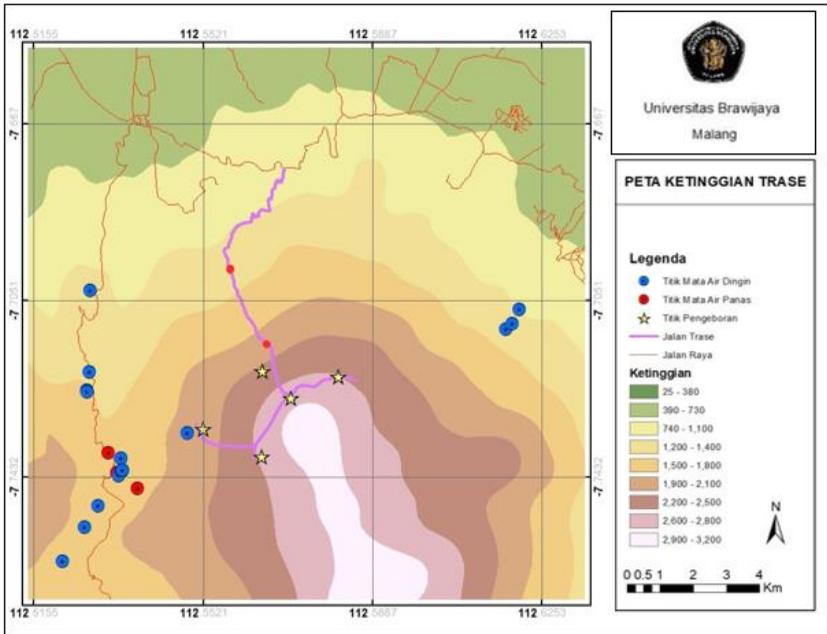


No	Jenis Bahan	Satuan	Kebutuhan untuk peningkatan ruas jalan
2	Lapisan pondasi tanah	m <sup>3</sup>	5400
3	Semen 50 kg	m <sup>3</sup>	648
4	Agregat kasar	m <sup>3</sup>	2503,52
5	Agregat halus	m <sup>3</sup>	221,83
6	Aspal	kg	147878,57

**b) Konstruksi jalan akses dari dan menuju *wellpad***

Pekerjaan konstruksi jalan dibagi menjadi dua pokok pekerjaan yakni peningkatan kapasitas jalan (perkuatan struktur dan pelebaran jalan) serta pembangunan jalan baru. Jalan akses menuju *well pad* direncanakan melalui beberapa opsi, yaitu Jalur Prigen, Jalur Trawas, Jalur Padusan dan Jalur Claket. Beberapa opsi jalan tersebut dikaji untuk memilih opsi yang paling memungkinkan dari faktor fisik (lalu lintas, pembukaan lahan, dll), perizinan, dan sosial. Pada tahap awal dipilih jalur dari arah prigen, karena telah terdapat fasilitas jalan eksisting, sehingga meminimalisir pembukaan lahan. Namun demikian, perlu dilakukan penguatan jalan serta jembatan. Kemudian seiring waktu berjalan, berdasarkan pertimbangan lalu lintas, perizinan yang diberikan, dan kajian dari beberapa *steakholder*, rencana akses jalan final hingga sekarang adalah akses jalan dari arah Claket (**Gambar 4.1**). Adapun jalan akses antar *well pad* merupakan pembuatan jalan baru. Mobilisasi dan demobilisasi kendaraan berat perlu direncanakan sedemikian sehingga tidak mengganggu aktivitas warga.





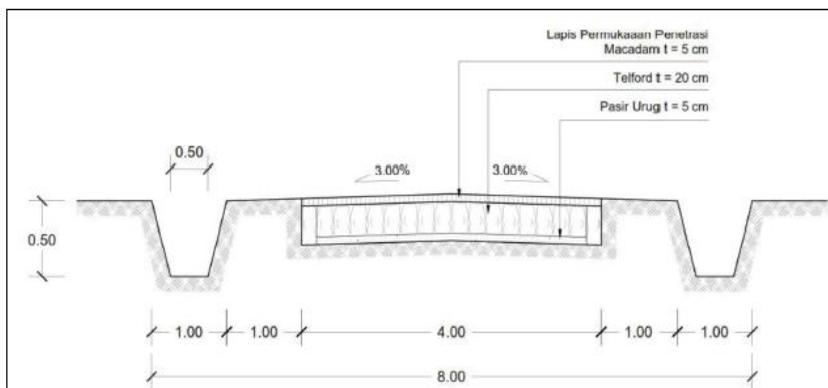
**Gambar 4.1** Rencana trase jalan

Trase jalan merupakan garis-garis lurus yang saling berhubungan pada peta topografi suatu muka tanah dalam perencanaan jalan baru. Trase jalan digunakan sebagai acuan membentuk lengkung jalan hingga perkerasan lahan. Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan trase jalan, antara lain trase jalan diusahakan jalur terpendek sehingga meminimalkan biaya pembangunan, trase jalan diusahakan tidak terlalu curam dengan tujuan memberi kenyamanan pengguna jalan, sudut luar (sudut tangen) tidak terlalu besar supaya tidak mempengaruhi keadaan jalan setelah dibangun, galian/timbunan tidak terlalu besar.

Perencanaan trase jalan ini pada lapisan permukaan trase direncanakan struktur perkerasan berupa lapis fondasi Telford, kemudian khusus trase dengan kemiringan lebih dari 15% ditambahkan lapisan permukaan penetrasi Mcadam dengan



tujuan mengurangi kemungkinan gerusan air. Pada bagian sisi kanan-kiri badan jalan, direncanakan bahu jalan selebar 1 m, dengan kontruksi berupa tana timbunan biasa. Sementara pada sisi luar bahu jalan, direncanakan saluran permukaan tanah, dengan dimensi seperti pada **Gambar 4.2**. Berdasarkan gambar tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa lebar rencana trase jalan yang akan dibangun yaitu 8 m.



**Gambar 4.2** Tipikal perkerasan jalan eksplorasi di WKP Arjuno Welirang

Sumber : Laporan Desain Sipil dan Infrastruktur

**c) Konstruksi tapak sumur (wellpad) dan infrastruktur penunjang eksplorasi**

Terdapat lima kandidat tapak sumur pada area of interest WKP Arjuno Welirang. Tapak sumur eksplorasi ini juga dapat difungsikan sebagai lokasi pengeboran sumur pengembangan selanjutnya. Indikatif luas lahan masing-masing tapak sumur adalah sekitar 4.900 m<sup>2</sup>. Kebutuhan konstruksi sumur berbeda-beda berdasarkan jenis sumur yang akan digunakan untuk eksplorasi panas bumi. Terdapat 3 jenis bor sesuai dengan diameter lubang (sumur) yang dihasilkan dari proses pengeboran yaitu *Big/Large Hole*, *Standard/Regular Hole*, dan

*Slim Hole*. Pengoperasian bor *slim hole* membutuhkan pekerja sebanyak 30 orang, sementara *Big/Large Hole* dan *Standard/Regular Hole* membutuhkan pekerja sebanyak 120 orang. Adapun dalam rencana eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang, sumur yang akan digunakan yaitu sumur jenis *slim hole*. Parameter Perbandingan Berbagai Ukuran Sumur dapat dilihat pada **Tabel 4.4**.

**Tabel 4. 4** Parameter Perbandingan Berbagai Ukuran Sumur

No.	Parameter Perbedaan	Jenis Bor		
		<i>Big/Large Hole</i>	<i>Standard/Regular Hole</i>	<i>Slim Hole</i>
1.	Kedalaman Pengeboran (m)	1.500 – 3.000	1.500 – 3.000	1.200 – 2.330
2.	Kapasitas Tenaga Rig (HP)	1.000 – 2000	550 – 1.500	≤ 500
3.	Kebutuhan Lahan (m <sup>2</sup> )	10.000 – 15.000	7.500 – 12.000	2.000 – 4.000
4.	Kebutuhan Air untuk Operasional (L/s)	60 – 95	60 – 95	5 – 30
5.	Waktu Pengeboran (hr)	30 – 45	30 – 45	60 – 120
6.	Biaya Pengeboran(/m)	\$3.000 – \$4.500	\$2.000 – \$4.000	\$400 – \$1.000

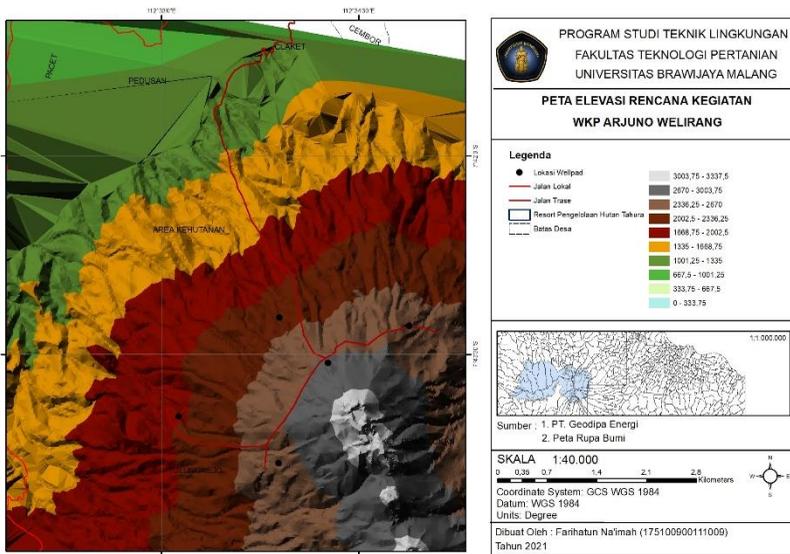
Koordinat dan ketinggian kelima tapak sumur ditunjukkan pada **Tabel 4.5** dan **Gambar 4.3**. Konstruksi infrastruktur pendukung lain yang dibutuhkan dalam menunjang pengeboran eksplorasi Infrastruktur pendukung yang dibutuhkan dalam menunjang pengeboran eksplorasi antara lain seperti sarana penyediaan air, *soil disposal*, *stock yard* sebagai tempat penyimpanan peralatan pengeboran, *base camp*, dan kantor.



**Tabel 4. 5** Lokasi koordinat dan ketinggian *wellpad*

Sumur	Koordinat UTM		Ketinggian (m)
	X (meter)	Y (meter)	
<i>Wellpad 1</i>	673381	9145850	2618
<i>Wellpad 2</i>	672368	9144191	2485
<i>Wellpad 3</i>	671102	9145349	1895
<i>Wellpad 4</i>	672446	9146937	1911
<i>Wellpad 5</i>	674700	9145991	2483

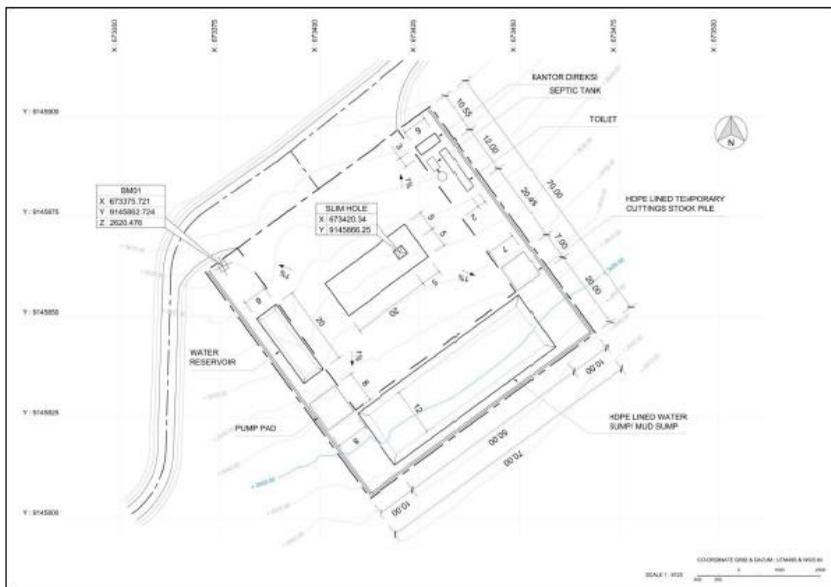
Sumber : Laporan Desain Sipil-Infrastruktur 2019



**Gambar 4.3** Peta well pad dan elevasi

Berdasarkan deskripsi rencana kegiatan, tahap konstruksi meliputi pembangunan trase jalan dan tapak sumur beserta fasilitas penunjang di dalamnya. Area tapak sumur direncanakan dibangun dengan ukuran 70 m x 70 m atau seluas 4.900 m<sup>2</sup>. Tiap *wellpad* terdiri dari kantor direksi, *septic tank*, toilet, *HDPE lined temporary cutting stock pile*, *HDPE lined water sump/mud sump*,

*slim hole* (sumur pengeboran), reservoir air, serta *pump pad*. Adapun *layout plan* pada *wellpad* dapat dilihat pada **Gambar 4.4**.



**Gambar 4.4** *Layout Plan Wellpad 1*

Adapun infrastruktur pendukung lain yang dibutuhkan dalam menunjang kegiatan eksplorasi yaitu sarana penyediaan air, *base camp* dan kantor. *Base camp* direncanakan dibangun pada lokasi dengan koordinat  $7^{\circ}43'15,93''$  lintang dan  $112^{\circ}34'3,19''$  bujur dengan luas  $25 \text{ m} \times 30 \text{ m}$  atau  $750 \text{ m}^2$ . Fasilitas infrastruktur lain yang akan dibangun yaitu pembuatan reservoir/embung air untuk menyimpan dan menyediakan air yang akan digunakan selama proses konstruksi dan operasi. Hal ini menjadi penting karena adanya peraturan yang menyebutkan adanya larangan pemanfaatan air permukaan dan mata air sebagai sumber air untuk kegiatan komersial.

Berdasarkan potensi mata air dan debit aliran permukaan serta sebaran lokasi *wellpad*, sumber air baku yang dapat dimanfaatkan untuk penyediaan air bersih adalah sumber air yang terdapat di sepanjang Sungai Kromong. Selain banyak



dijumpai mata air sepanjang sungai, debit air di sungai tersebut juga cukup besar, yaitu mencapai 100 L/detik atau 6 m<sup>3</sup>/min. Sumber air yang akan dijadikan *intake* tersebut berada pada koordinat 7°42'05,0" lintang dan 112°33'00,2" bujur. Alternatif lainnya adalah sumber air dari Coban Watu Ondo yang berada pada koordinat 7°43'31,4" lintang dan 112°31'58,7" bujur. Akan tetapi ada hal yang perlu dipertimbangkan kembali terkait tidak diperkenalkannya pemanfaatan air permukaan di kawasan Taman Hutan Raya R. Soerjo untuk kegiatan komersial perseorangan atau badan usaha, sehingga perlu alternatif dengan dibangunnya embung air dengan memperhatikan lokasi DAM air terkenal di luar kawasan tahuran R. Soerjo, diantaranya adalah DAM Pacet.

Air yang diambil dari intake akan dipompa dan disalurkan melalui pipa menuju ke lokasi *wellpad*. Pertimbangan dalam penentuan lokasi intake antara lain adanya aliran permukaan yang cukup besar, area di luar hutan lindung. Berdasarkan pengamatan survey lapang yang telah dilakukan, diperoleh bahwa Sungai Kromong merupakan lokasi yang tepat untuk dijadikan intake. Titik intake berada di Sungai Kromong, tepatnya 200 m dari DAM Pacet 1, Desa Padusan, Kecamatan Pacet dengan koordinat 7°40'51,85" lintang dan 112°32'21,76" bujur

#### 4.2.3 Tahap Operasi

##### a) Pengeboran

Pengeboran Akan dilaksanakan pengeboran 3 (tiga) sumur eksplorasi yang akan dipilih dari 5 (lima) kandidat sumur eksplorasi dengan konfigurasi *deep slim hole* untuk kelima kandidat sumur tersebut sebagai lokasi yang dikaji dalam UKL-UPL ini sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar**

**4.3.** Pengeboran dilaksanakan setelah pembangunan jalan masuk, tapak sumur dan infrastruktur selesai. Pengeboran akan mencapai sekitar 2000 meter, tetapi kepastian kedalaman



belum bisa ditentukan karena sangat tergantung dari kondisi temuan di lapang.

### **b) Pengujian sumur**

Data penting hasil pengeboran sumur eksplorasi yang diupayakan untuk diperoleh adalah diantaranya litologi batuan, tekanan, temperatur bawah permukaan, kedalaman *top of reservoir*, kedalaman zona produksi (*permeable zone*), komposisi kimia fluida sumur, kadar pH, kapasitas produksi sumur (*performance output*), *enthalpy* fluida, kandungan gas dalam fluida, dan sebagainya. Data ini diperoleh dari pengujian sumur yang tidak hanya dilakukan setelah sumur selesai dilakukan pengeboran, melainkan juga pada saat sedang dilakukan pengeboran ketika sumur baru mencapai kedalaman tertentu. Kegiatan pengeboran dan pengujian sumur juga membutuhkan air dalam pelaksanaannya.

### **c) Mobilisasi dan demobilisasi kendaraan dan alat berat selama kegiatan pengeboran dan pengujian sumur**

Kegiatan mobilisasi dan demobilisasi kendaraan dan alat berat selama pengeboran dan pengujian sumur dilakukan melalui saran jalan yang telah tersedia. Pada tahap operasi ini, fasilitas dan kelengkapan yang dibutuhkan untuk menunjang kegiatan operasi antara lain terdiri dari *bulldozer*, *excavator*, *dump truck*, *crane*, rig pengeboran, pompa generator, dll. Kegiatan mobilisasi dan demobilisasi peralatan serta kendaraan harus menyesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) yang dibuat oleh pihak pemrakarsa kegiatan/usaha. Mobilisasi rig perlu dilakukan oleh pihak pemrakarsa yang terdiri dari rig *superintended/ tool pusher*, staf keamanan, kesehatan dan lingkungan (HSE), dan pengawas transportasi sebelum memindahkan peralatan pengeboran yang mencakup kegiatan sebagai berikut :



- Jarak pemindahan
- Perizinan
- Kondisi jalan
- Kendala
- Kesiapan lokasi
- Kesiapan armada transportasi

#### 4.2.4 Tahap Pasca Operasi

##### a) Penutupan sumur sementara/permanen

Setelah kegiatan operasi eksplorasi, dilakukan kegiatan penutupan sumur eksplorasi, bisa berupa penutupan sementara maupun permanen. Penutupan sumur sementara dilakukan jika hasil sumur uji membuktikan bahwa sumur tersebut memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumur produksi atau sumur injeksi. Apabila sumur uji yang di bor saat kegiatan eksplorasi ternyata tidak berpotensi untuk dikembangkan, maka sumur tersebut ditutup secara permanen.

Penutupan sumur sementara memiliki beberapa prosedur. Adapun prosedur penutupannya adalah sebagai berikut.

1. '*Master valve*' yang terdapat di kepala sumur akan ditutup dan dirantai atau pegangannya dilepaskan. Monitor tekanan kepala sumur akan dipasang alat ukur tekanan (*pressure gauge*).
2. Seluruh penutupan sumur akan mengikuti program kontrol sumberdaya energi yang berbahaya (*lockout/tagout*). Standard yang dipakai mengacu kepada peraturan pemerintah yaitu Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 20 Tahun 1990 tentang Standar Pemantapan Sumur metode separator.



## **b) Restorasi dan revegetasi lahan**

Kegiatan lain yang ada pada kegiatan pasca operasi eksplorasi panas bumi adalah restorasi dan revegetasi lahan. Kegiatan ini bertujuan untuk meminimalisasi atau menanggulangi potensi dampak negatif akibat kegiatan eksplorasi yang telah dilakukan. Selain itu kegiatan restorasi sendiri juga merupakan salah satu bentuk upaya mitigasi yang ditujukan sebagai kegiatan pengawetan pengelolaan kawasan suaka alam dan kawasan pelestarian alam. Salah satu bentuk kegiatannya bisa berupa pemulihan ekosistem yang bertujuan untuk memulihkan struktur, fungsi, dinamika populasi, serta keanekaragaman hayati dan ekosistemnya,

## **4.3 Analisis Ekologi Bentang Lahan dengan Metode SLIA**

### **4.3.1 Area Permukaan**

Area permukaan dari suatu bentang lahan merupakan sesuatu yang menutup tanah serta batuan dasar penyusunnya (Syam, 2018). Obyek penutup tanah tersebut bisa berupa vegetasi, lahan terbuka, perairan maupun lahan terbangun. Kegiatan eksplorasi pada WKP Arjuno Welirang tentunya akan mengubah susunan penutup lahan dan mengubah susunan bentang lahan. Oleh karena itu, dalam menganalisis perubahan area permukaan ini memerlukan data peta tata guna lahan (*land use*) sekitar lokasi tapak proyek.

Secara administrasi, lokasi rencana eksplorasi panas bumi berada di dalam kota Batu dan Kabupaten Mojokerto. Oleh karena itu dalam proses analisis area permukaan diperlukan peta tata guna lahan dari Kota Batu dan Kabupaten Mojokerto. Peta tata guna lahan tersebut diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitian dan Pengembangan Daerah (BAPPEDA) dari Kota Batu dan Kabupaten Mojokerto untuk kemudian dilakukan digitasi sesuai kebutuhan. Penentuan tata guna lahan antara Kota Batu dan Mojokerto didasarkan pada



peraturan daerah masing-masing yang mengatur mengenai Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW).

Penentuan *land use* di Kabupaten Mojokerto didasarkan pada Peraturan Daerah (Perda) Nomor 9 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Mojokerto Tahun 2012-2032, sedangkan untuk Kota Batu diatur pada Perda Nomor 7 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Batu Tahun 2010-2030. Penggunaan lahan Kota Batu dan Kabupaten Mojokerto eksisting dapat dilihat pada **Gambar 4.5** dan **Gambar 4.6**. Data tata guna lahan yang diperoleh dari Bappeda Kota Batu dan Kabupaten Mojokerto kemudian dilakukan digitasi menggunakan ArcGis. Proses digitasi dimulai dengan menyesuaikan titik koordinat pada gambar peta dan sistem ArcGis kemudian dilanjutkan dengan membuat poligon sesuai dengan gambar, lalu diakhiri dengan proses *editing* pada *attribute table* untuk memberi nama *land use* tiap poligon yang dibuat sebelumnya.

Proses digitasi hanya dilakukan pada wilayah sekitar tapak proyek (tidak keseluruhan Kabupaten dan Kota). Untuk membantu mempermudah analisis, dihitung terlebih dahulu luasan area *land use* yang ada dengan menggunakan fitur *calculate geometry*. Adapun dari hasil digitasi peta *land use* Kabupaten Mojokerto dan Kota Batu di sekitar tapak proyek dapat dilihat pada **Gambar 4.7**.





Kegiatan eksplorasi di WKP Arjuno Welirang ini terdiri dari konstruksi *wellpad* dan juga trase jalan, sehingga akan ada pembukaan lahan pada Taman Hutan Raya R. Soerjo. Lokasi tapak sumur atau *wellpad* seluruhnya berada di dalam taman hutan raya R. Soerjo (**Gambar 4.7**). Tentunya tutupan lahan di dalam taman hutan raya tersebut juga berbeda-beda. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan oleh tim dari Universitas Gadjah Mada, tutupan lahan di dalam taman hutan raya R. Soerjo terbagi menjadi hutan campuran, hutan cemara gunung, hutan eukaliptus, bekas terbakar, holtikultura, dan semak. Adapun komposisi luasan dari tutupan lahan di dalam taman hutan raya R. Soerjo dapat dilihat pada **Tabel 4.6** dan **Gambar 4.8**.

**Tabel 4. 6** Komposisi tutupan lahan di Taman Hutan Raya R. Soerjo

No	Kelas	Luas (ha)	Presentase (%)
1	Hutan campuran	18.062	64,8
2	Semak	7.105	25,5
3	Hutan cemara gunung	1.405	5
4	Bekas terbakar	1.132	4,1
5	Hutan eukaliptus	110	0,4
6	Holtikultura	52	0,2
<b>Jumlah</b>		<b>27.866</b>	<b>100</b>

Sumber : Laporan Hasil Survey Tahura UGM 2020

Berdasarkan hasil *overlay* peta *landuse* kota Batu dan Kabupaten Mojokerto yang terkena proyek, pengurangan area permukaan didominasi oleh kawasan taman hutan raya R. Soerjo karena memang lokasi WKP Arjuno Welirang berada di dalam kawasan tersebut. Meskipun demikian, terdapat lokasi yang berada di luar taman hutan raya R. Soerjo akibat terkena rencana trase jalan. Besarnya pengurangan area permukaan akibat rencana trase jalan serta jenis penggunaan lahanya dapat dilihat pada **Tabel 4.7**.

**Tabel 4. 7** *Landuse* tereduksi akibat rencana trase jalan

No	Land use	Kecamatan	Desa	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Hutan	Pacet,	Claket,	10.400,796
2	Produksi	Trawas	Cembor	
3	Kawasan resapan air	Pacet	Padusan	476,753
4	Perkebunan	Pacet	Padusan	207,517
5	Permukiman pedesaan	Trawas	Cembor	186,393
6	Tahura	Pacet	Claket	2.282,972
7		Bumiaji	Tulungrejo	20.808,230
8		Pacet		62.698,117
		<b>Jumlah</b>		<b>98.514,037</b>

Seperti telah disebutkan sebelumnya, bahwa komposisi *land cover* di dalam Taman Hutan Raya R. Soerjo berbeda-beda (**Tabel 4.5**). Rencana trase jalan antar *wellpad* maupun keluar lokasi WKP berada pada *land cover* yang berbeda pula. Untuk memperoleh data tersebut, maka dilakukan analisis dengan meng-*overlay* kemudian *clip* pada peta *land cover* dengan rencana trase jalan dan menghitung luasan area yang berkurang dengan menggunakan fitur *calculate geometry*. Dari hasil *overlay* tersebut, diperoleh *land cover* tahura R. Soerjo yang berkurang akibat rencana trase jalan beserta luasan yang berkurang dapat dilihat pada **Tabel 4.8** dan **Gambar 4.9**. Pada **Gambar 4.9** *land cover* yang tereduksi ditunjukkan oleh trase jalan dan *wellpad* yang saling tumpang tindih dengan *land cover*, dimana untuk trase jalan ditunjukkan oleh garis berwarna biru dan *wellpad* ditunjukkan oleh bintang berwarna biru.



**Tabel 4. 8** Land cover taman hutan raya R. Soerjo tereduksi akibat trase jalan

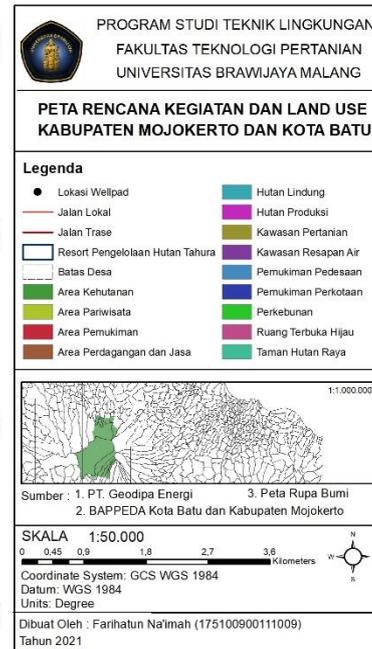
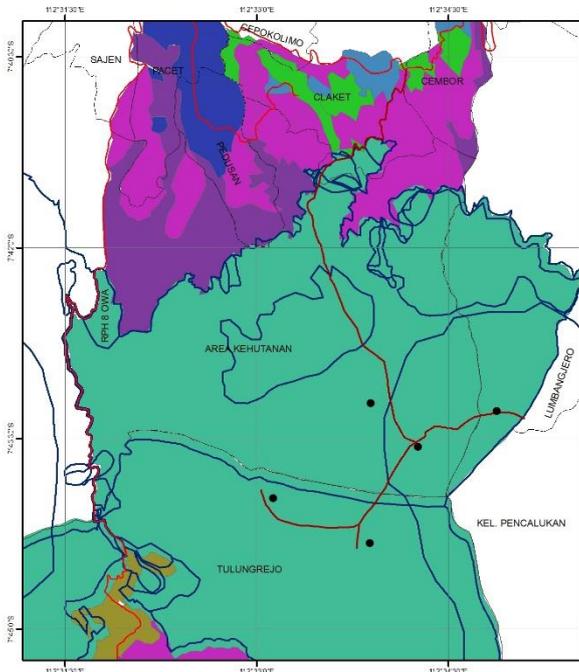
No	Land cover	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Hutan campur	18.960,7797
2	Bekas terbakar	5.770,1366
3	Semak	45.598,2307
4	Hutan cemara gunung	19.009,3232
<b>Total</b>		<b>89.338,4702</b>

Sumber : Hasil analisis, 2021

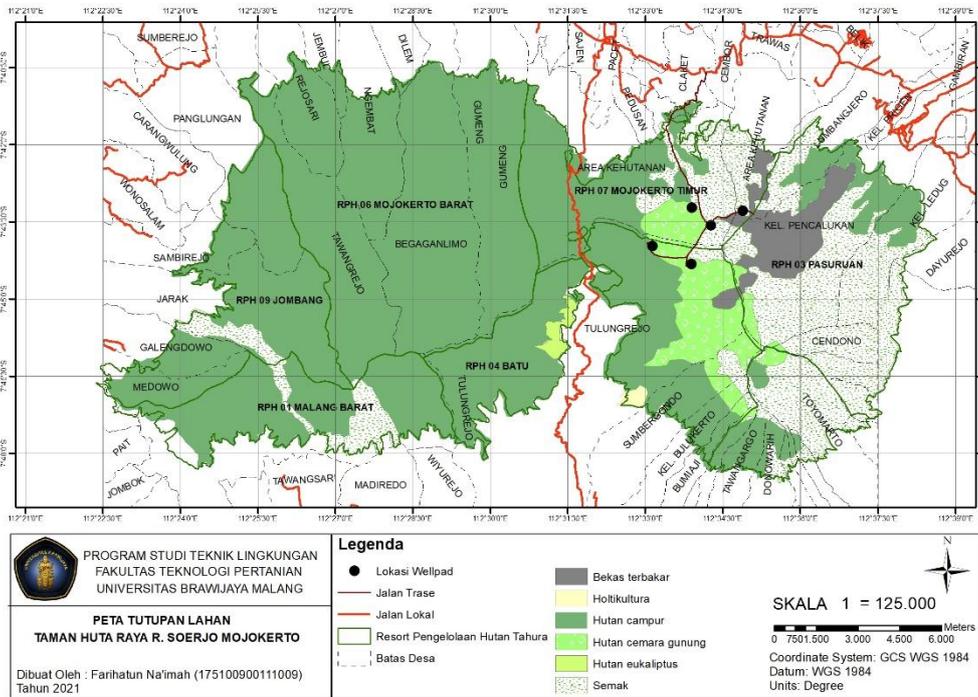
Berdasarkan **Tabel 4.8**, diketahui bahwa rencana trase jalan di dalam tahura yang akan dibuka sebesar 89.338,4702 m<sup>2</sup> atau 8,93 ha (0,032% dari tutupan lahan di dalam tahura). Data tersebut diperoleh dengan menggunakan fitur *calculate geometry* setelah data *land cover* di *clip* dengan data rencana trase jalan. Peta jalan yang ada sebelumnya di lakukan *buffer* selebar 4 m (dari as jalan) karena berdasarkan deskripsi rencana konstruksi trase (**Gambar 4.2**), jalan akan dibangun selebar 8 m.

Sementara itu, untuk lokasi pengeboran atau *wellpad*, kelima rencana *wellpad* berada di dalam taman hutan raya R. Soerjo dengan luas masing-masing *wellpad* sebesar 4.900 m<sup>2</sup>. Besarnya kebutuhan lahan untuk konstruksi *wellpad* seperti disebutkan pada deskripsi rencana kegiatan yaitu sebesar 70 m x 70 m (4.900 m<sup>2</sup>) berisikan sumur pengeboran dan fasilitas penunjang di dalamnya (**Gambar 4.4**). Berdasarkan data kebutuhan lahan untuk *wellpad*, maka besarnya luas lahan taman hutan raya berkurang akibat konstruksi *wellpad* serta fasilitas penunjang di dalamnya dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.



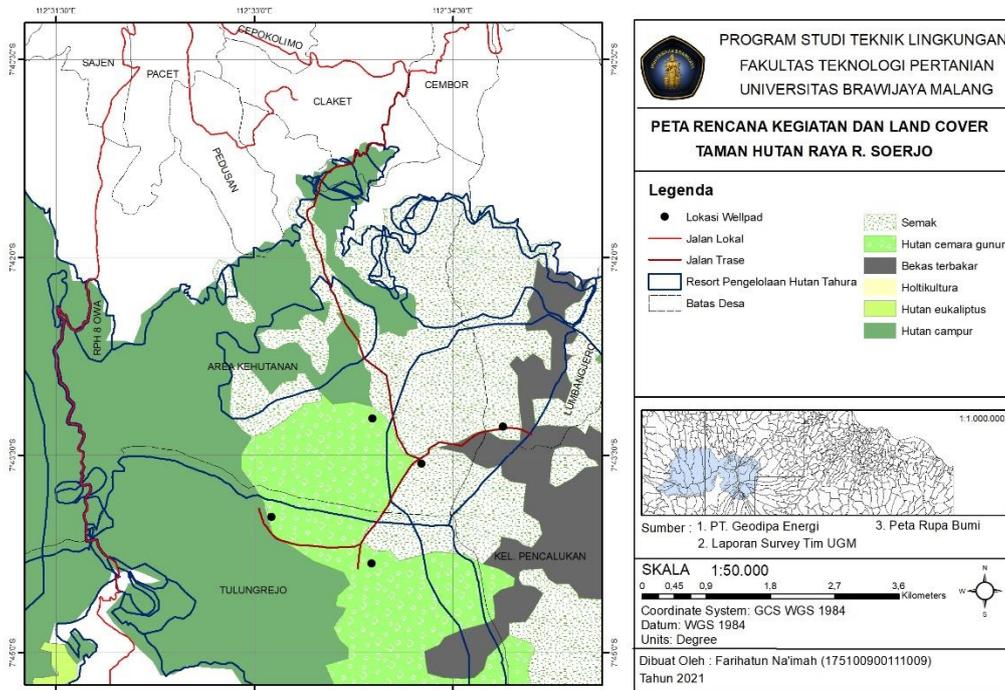


Gambar 4.7 Land use di sekitar tapak proyek eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang



**Gambar 4.8** Tutupan lahan dalam taman hutan raya R. Soerjo

Sumber : Hasil Analisis, 2021



**Gambar 4.9** Land cover tereduksi akibat eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang

**Tabel 4. 9** Area permukaan tereduksi akibat konstruksi *wellpad*

<i>Wellpad</i>	<i>Land use</i>	<i>Land cover</i>	<i>Luas area (m<sup>2</sup>)</i>
1	Taman hutan raya	Semak	4.900
2	Taman hutan raya	Hutan cemara gunung	4.900
3	Taman hutan raya	Hutan campuran	4.900
4	Taman hutan raya	Hutan cemara gunung	4.900
5	Taman hutan raya	Semak	4.900
<b>Total</b>			<b>24.500</b>

Berdasarkan **Tabel 4.7** dan **Tabel 4.9**, diperoleh luasan area permukaan yang akan berkurang akibat kegiatan konstruksi *wellpad* dan rencana jalan sebesar **113.838,47 m<sup>2</sup>** dimana hasil ini diperoleh dari jumlah tutupan lahan yang berkurang akibat rencana trase jalan dan well pad. Hal ini dikarenakan pembukaan lahan seluruhnya berada di dalam taman hutan raya R. Soerjo, sementara jalan yang di luar taman hutan raya R. Soerjo menggunakan jalan eksisting. Sesuai dengan *rating* metode SLIA untuk aspek perubahan area permukaan, maka berdasarkan hasil pengolahan data, kegiatan eksplorasi di WKP Arjuno Welirang ini masuk ke dalam **kelas 1** (perubahan area 1 - 449.000 m<sup>2</sup>) dengan deskripsi berdampak sangat rendah. Hal tersebut menunjukkan bahwa perubahan area permukaan sebesar 113.838,47 m<sup>2</sup> berdampak sangat rendah terhadap bentang lahan di wilayah studi.

Meskipun perubahan tersebut dideskripsikan berdampak rendah menurut SLIA, namun perubahan area permukaan perlu mendapat perhatian tersendiri. Berkurangnya tutupan lahan yang berupa vegetasi tentu akan mengakibatkan gangguan pada vegetasi di dalamnya. Peran tutupan lahan berupa vegetasi sangat penting dalam keberlangsungan ekosistem dan lingkungan di sekitarnya. Vegetasi tersebut berperan sebagai kanopi atau pelindung tanah di bawahnya dari air hujan salah satunya. Oleh karena itu hilangnya vegetasi tersebut berpotensi



untuk menimbulkan dampak lingkungan lain, seperti erosi, *run off*, longsor, dan sebagainya.

#### 4.3.2 Reduksi Kawasan Penting

Penentuan kawasan penting didasarkan pada peraturan daerah masing-masing kawasan. Kawasan penting disini yang dimaksud adalah suatu kawasan yang memiliki peran tertentu sehingga perlu dilindungi dari suatu kegiatan yang berpotensi mengganggu kawasan sekitarnya. Kawasan penting di kabupaten Mojokerto dan Kota batu diatur dalam Perda yang mengatur mengenai RTRW wilayah tersebut. Area permukaan di Kabupaten Mojokerto dibedakan menjadi kawasan budidaya dan kawasan lindung. Adapun yang tergolong ke dalam kawasan lindung berdasarkan Perda Nomor 9 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Mojokerto Tahun 2012-2032 adalah taman hutan raya, kawasan resapan air, sempadan sungai (**Gambar 4.5**). Berdasarkan analisis perubahan area permukaan sebelumnya, besarnya perubahan area permukaan akibat kegiatan eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang dapat dilihat pada **Tabel 4.10**.

**Tabel 4. 10** Area permukaan tereduksi akibat eksplorasi panas bumi

No	Land use	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Hutan produksi	10.877,54896
2	Kawasan resapan air	207,51653
3	Perkebunan	2.469,36467
4	Permukiman pedesaan	1.453,26102
5	Taman hutan raya	108.906,03738
	<b>Total</b>	<b>123.014,03738</b>

Berdasarkan **Tabel 4.10**, menurut perda masing-masing Kabupaten/Kota tempat kegiatan eksplorasi tersebut yang tergolong ke dalam kawasan lindung adalah kawasan resapan air dan taman hutan raya, sementara pemanfaatan lahan yang lain



tergolong ke dalam kawasan budidaya. Penetapan kawasan lindung oleh perda masing-masing Kabupaten/Kota tersebut juga telah sejalan dengan kawasan penting menurut IUCN dan juga Kepres Nomor 32 Tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung. Menurut Kepres Nomor 32 Tahun 1990, kawasan yang harus dilindungi dari kegiatan eksplorasi ini tergolong ke dalam kawasan suaka alam dan cagar budaya, dimana termasuk di dalamnya taman hutan raya (wilayah studi). Sementara menurut IUCN, taman hutan raya tergolong ke dalam kategori I yaitu cagar alam/kawasan belantara. Lokasi tapak proyek yang berada di kawasan lindung menurut **Tabel 4.10** adalah sebesar 109.113,584 m<sup>2</sup> atau 10,911 ha atau 0,109 km<sup>2</sup>.

Data reduksi kawasan penting ini kemudian dianalisis menggunakan metode SLIA. Berkurangnya area penting sebesar 0,109 km<sup>2</sup> menurut SLIA (**Tabel 3.4**) tergolong ke dalam kelas 1 dengan deskripsi dampak sangat rendah. Besarnya area penting tereduksi ini jika dibandingkan dengan luasan taman hutan raya sendiri yang luasnya 27.863 ha adalah sebesar 0,039% sehingga dapat dikatakan dampak yang ditimbulkan sangat rendah. Namun meskipun demikian, berkurangnya area lindung ini juga perlu diperhatikan mengingat fungsi dari taman hutan raya sendiri adalah sebagai sistem penyangga kehidupan dan pelestarian ekosistem serta keanekaragaman hayati di dalamnya (Widiyanto, 2015). Oleh karena itu, perlu diperhatikan kembali mengenai koleksi yang terdampak, apabila diketahui terdapat spesies bernilai konservasi tinggi maka perlu mendapat perhatian lebih.

Taman Hutan Raya R. Soerjo memiliki resort pengelolaan hutan (RPH). Terdapat 9 RPH di kawasan taman hutan raya, yaitu RPH 1 Malang Barat, RPH 2 Malang Timur, RPH 3 Pasuruan, RPH 4 Batu, RPH 5, RPH 6 Mojokerto Barat, RPH 7 Mojokerto Timur, RPH 8, dan RPH 9 Jombang. Pengelolaan hutan di tahura R. Soerjo meliputi pembagian blok sesuai peruntukannya. Taman Hutan Raya R. Soerjo membagi



kawasannya menjadi 5 blok, yaitu blok perlindungan, blok koleksi, blok pemanfaatan, blok tradisional dan blok rehabilitasi. Kawasan taman hutan raya R. Soerjo terbagi ke dalam 5 blok, yaitu blok perlindungan, blok koleksi, blok pemanfaatan intensif, blok pemanfaatan tradisional, dan blok rehabilitasi (Ardayana, 2018). Pembagian blok ini bertujuan untuk memfungsikan tahura secara optimal, sehingga nantinya dapat berkembang dan meningkatkan potensi taman hutan raya baik dari segi lingkungan, ekonomi, pengetahuan, pendidikan dan budaya (Paramastuti dan Chofyan, 2013).

#### 1. Blok perlindungan

Blok perlindungan merupakan bagian kawasan taman hutan raya yang tertutup bagi pengunjung, dapat diakses hanya dengan melalui perizinan khusus untuk kepentingan ilmiah dan terbatas untuk bangunan. Namun pengecualian untuk beberapa fasilitas pengamanan dan perlindungan di pengunungan Arjuno Lalijiwo yang berada pada ketinggian kurang lebih 1.800 – 3.339 mdpl.

#### 2. Blok koleksi

Blok koleksi merupakan daerah hayati, tempat tinggal, kawasan jelajah, tempat mencari makan, tempat berlindung, tempat berkembang biak berbagai satwa liar serta tempat penangkaran satwa dan pembibitan flora atau jenis tanaman asli dan bukan asli sebagai upaya pelestarian plasma nutfah hutan Indonesia seperti di padang rumput Lembah Kijang. Blok koleksi ini berada pada ketinggian kurang lebih 2.950 mdpl.

#### 3. Blok pemanfaatan

Blok pemanfaatan ini merupakan suatu kawasan dalam taman hutan raya yang dikembangkan dengan pertimbangan potensi yang dimilikinya, misalnya untuk kepentingan penelitian, pendidikan dan wisata bebas. Contoh blok pemanfaatan adalah pada pemandian air panas Cagar Pusat Bina Cinta Alam di



Claket, jalur pendakian di Tretes, air terjun Watu Ondo di Pacet dan air terjun Tretes di Galengandowo.

4. Blok pemanfaatan tradisional

Blok pemanfaatan tradisional berbeda dengan blok pemanfaatan intensif. Blok ini merupakan suatu blok pemanfaatan di dalam kawasan taman hutan raya oleh masyarakat untuk kegiatan yang menunjang pariwisata alam dan untuk penanaman tanaman keras sebagai upaya pengalihan yang diperlukan untuk meredam tekanan masyarakat terhadap potensi kawasan Tahura, dalam bentuk hutan cadangan pangan, wana, farma, pola wanatani dengan tetap memperhatikan aspek konservasi dan kelestarian alam.

5. Blok rehabilitasi

Blok rehabilitasi merupakan blok sementara atau blok peralihan untuk menjadi blok lain setelah adanya upaya rehabilitasi dan pembinaan alam mengembalikan menjadi keadaan ekosistem mendekati aslinya.

Rencana kegiatan eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang ini direncanakan pada RPH 4 Batu dan RPH 7 Mojokerto Timur. Adapun pembagian blok pada taman hutan raya R. Soerjo dapat dilihat pada **Gambar 4.10**. Sementara pembagian blok pada RPH 4 dan 7 dapat dilihat pada **Tabel 4.11**.

**Tabel 4. 11** Pemanfaatan blok pada RPH 4 dan RPH 7

No	Nama blok	Luas (ha)
1	Khusus	23,914
2	Koleksi	37588,393
3	Pemanfaatan	108,330
4	Perlindungan	14978,333
5	Rehabilitasi	548,774
6	Tradisional	66,158
<b>Jumlah</b>		<b>53313,902</b>

Sumber : Hasil analisis, 2021



Rencana kegiatan eksplorasi panas bumi yang direncanakan terdapat konstruksi jalan trase dan well pad tentu akan mempengaruhi dan mengurangi pemanfaatan blok tertentu. Untuk memperoleh data tersebut, terlebih dahulu dilakukan *overlay* atau tumpang tindih pada peta tapak proyek dan peta RPH. Selanjutnya dilakukan *clip* atau mencetak rencana trase jalan dan rencana *wellpad* dengan peta RPH yang sudah ada. Dari data yang diperoleh hasil *clip* sebelumnya kemudian dilakukan perhitungan luasan blok yang terkena rencana trase jalan dan *wellpad* menggunakan fitur *calculate goemetry*. Besarnya trase jalan dan *wellpad* yang digunakan dalam analisis ini telah disesuaikan dengan deskripsi rencana kegiatan, dimana untuk jalan dilakukan *buffer* selebar 4 m (dari as jalan) dan *wellpad* dilakukan *buffer* seluas 4.900 m<sup>2</sup> (sesuai dengan rencana). Adapun hasil *overlay* antara rencana kegiatan eksplorasi dengan RPH taman hutan raya R. Soerjo dapat dilihat pada **Gambar 4.11**. Pada **Gambar 4.11**, blok yang tereduksi ditunjukkan oleh trase jalan (garis berwarna ungu) dan *wellpad* (bintang) yang saling tumpang tindih dengan blok pengelolaan tahura.

Berdasarkan **Gambar 4.11**, rencana kegiatan eksplorasi panas bumi ini berada pada beberapa blok. Blok yang terkena rencana kegiatan paling besar yaitu blok koleksi. Adapun besarnya blok yang berkurang akibat rencana trase jalan dapat dilihat pada **Tabel 4.12**.

**Tabel 4. 12** Pemanfaatan blok yang berkurang akibat rencana trase jalan

No	Blok	Nama tempat	Desa	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Pemanfaatan	OWA Claket / Bumi Perkemahan Pacet	Claket	4.566,6833
2	Tradisional	Genitri		1.091,6631
3	Koleksi	-	-	43.086,7403



No	Blok	Nama tempat	Desa	Luas (m <sup>2</sup> )
4	Perlindungan	Blok Perlindungan Timur	-	25.570,3662
5	Rehabilitasi	Pusung Malang - Pusung Gogor - Igir igir Buntut	Padusan	9.082,8924
<b>Jumlah</b>				<b>83.398,3452</b>

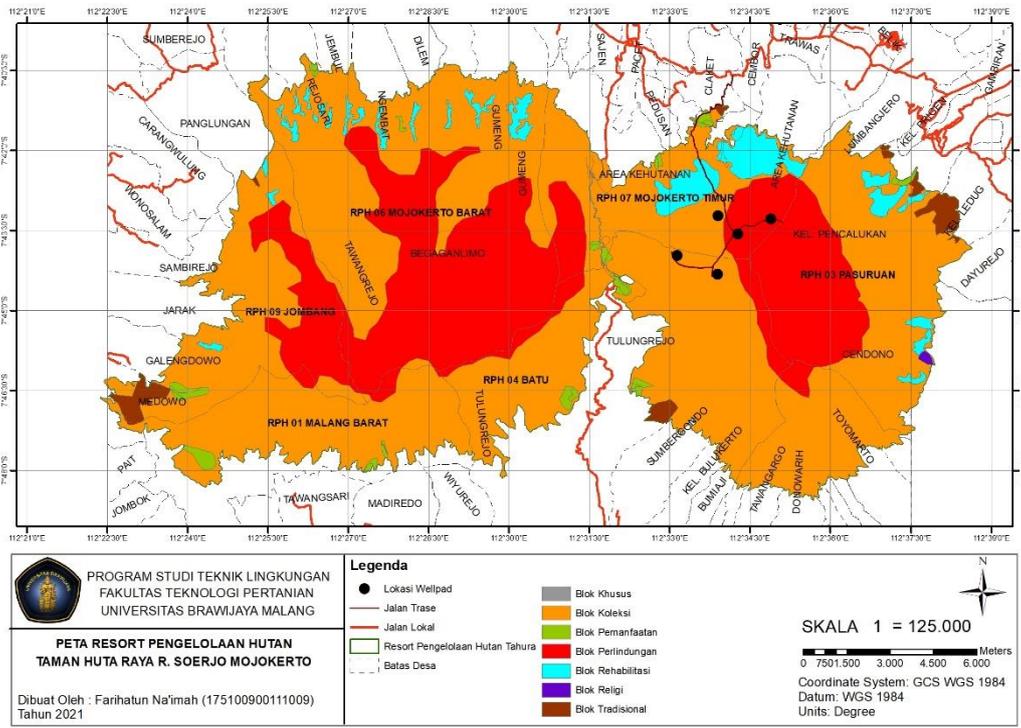
**Tabel 4.12** menunjukkan bahwa blok koleksi terkena rencana trase jalan sebesar 51,66% dari total blok yang berkurang akibat rencana trase jalan. Menurut fungsi dari masing-masing blok, blok koleksi ini masih bisa digunakan untuk kegiatan eksplorasi. Sementara untuk rencana *wellpad*, blok yang terkena dampak serta luasan areanya dapat dilihat pada **Tabel 4.13**.

**Tabel 4. 13** Pemanfaatan blok tereduksi akibat rencana *wellpad*

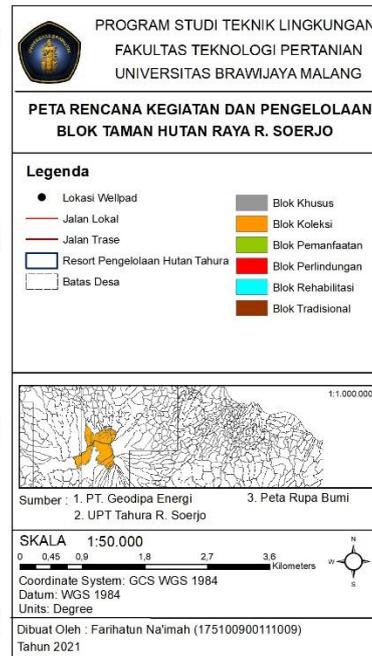
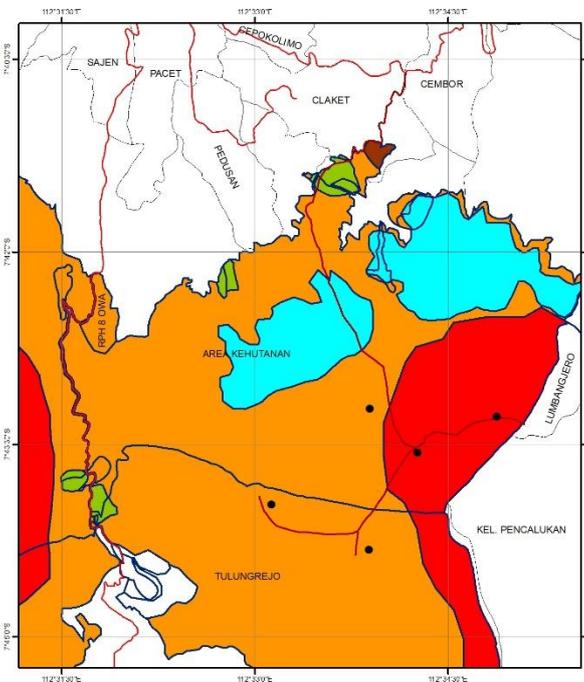
<i>Wellpad</i>	<i>Landuse</i>	Blok	Luas area (m <sup>2</sup> )
1	Taman hutan raya	Koleksi	4.900
2	Taman hutan raya	Koleksi	4.900
3	Taman hutan raya	Perlindungan	4.900
4	Taman hutan raya	Koleksi	4.900
5	Taman hutan raya	Perlindungan	4.900
<b>Total</b>			<b>24.500</b>

Sumber : Hasil analisis, 2021





**Gambar 4.10** Peta Wilayah Kerja RPH Taman Hutan Raya R. Soerjo



**Gambar 4.11** Pemanfaatan blok yang berkurang akibat kegiatan eksplorasi panas bumi

Berdasarkan **Tabel 4.13**, rencana konstruksi *wellpad* hanya berada pada dua blok, yaitu blok koleksi dan blok perlindungan. Blok yang berkurang paling besar yaitu blok koleksi sebesar 60% dari total blok terkena rencana well pad, sedangkan 40% sisanya menempati blok perlindungan. Kemudian dari **Tabel 4.12** dan **Tabel 4.13**, maka besarnya blok yang akan terkena kegiatan eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang secara ringkas dapat dilihat pada **Tabel 4.14**.

**Tabel 4. 14** Pemanfaatan blok tereduksi akibat eksplorasi panas bumi

No	Landuse	Blok	Luas (m <sup>2</sup> )
1	Taman hutan raya	Koleksi	57.786,7403
2	Taman hutan raya	Pemanfaatan	4.566,6833
3	Taman hutan raya	Perlindungan	35.370,3662
4	Taman hutan raya	Rehabilitasi	9.082,8923
5	Taman hutan raya	Tradisional	1.091,6631
<b>Total</b>			<b>107.898,3452</b>

Dari **Tabel 4.14**, diperoleh bahwa blok yang berkurang paling besar adalah blok koleksi, kemudian dilanjutkan oleh blok perlindungan. Pengurangan blok koleksi tentu akan mengurangi koleksi pada taman hutan raya R. Soerjo ini mengingat blok tersebut memang dikhususkan untuk koleksi taman hutan raya.

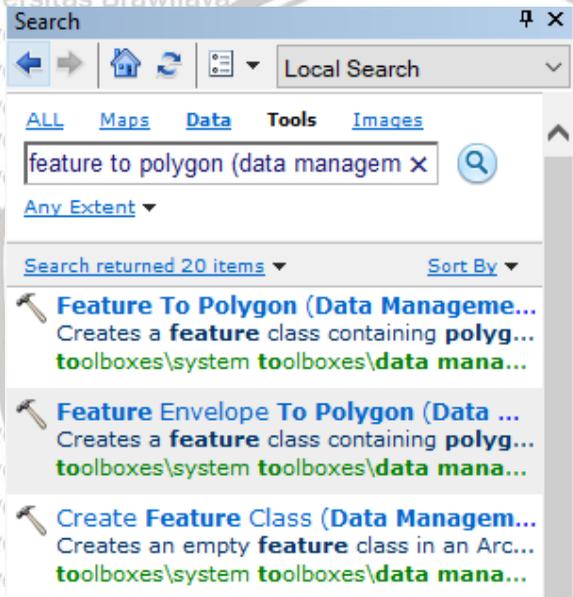
### 4.3.3 Fragmentasi

Fragmentasi merupakan pecahnya habitat organisme menjadi *patches* (kantong-kantong) habitat yang lebih kecil akibat adanya suatu pembangunan jalan, pertanian, urbanisasi atau pembangunan lain sehingga menyebabkan organisme di dalamnya sulit melakukan pergerakan dari satu *patch* habitat ke

yang lainya (Gunawan dan Prasetya, 2013). Fragmentasi menyebabkan gangguan terhadap satwa maupun organisme lain di dalam suatu lanskap, oleh karenanya studi mengenai fragmentasi ini penting. Munculnya *patch*, matrik atau koridor sebagai suatu bentuk fragmentasi dalam suatu lanskap ini dapat ditimbulkan akibat adanya gangguan, baik terjadi karena aktivitas yang disebabkan oleh manusia maupun oleh alam (Syam, 2018).

Analisis fragmentasi dapat dilakukan dengan analisis spasial menggunakan ArcGIS. Terjadinya fragmentasi disebabkan adanya pemisah seperti jalan atau pembangunan lain. Kegiatan eksplorasi di WKP Arjuno Welirang ini akan dilakukan pembukaan lahan di taman hutan raya R. Soerjo untuk konstruksi *wellpad* beserta fasilitas penunjang dan jalan penghubung antar *wellpad*. Kegiatan pembukaan lahan tersebut tentu akan mengganggu habitat alami di dalamnya dan mungkin akan membentuk *patch* baru.

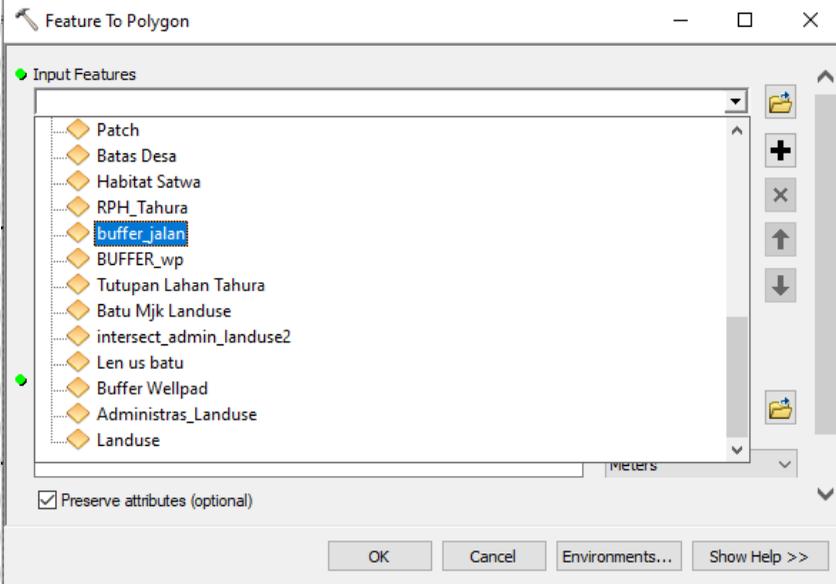
Analisis fragmentasi ini menggunakan data rencana trase jalan serta *wellpad* yang akan dibangun. Kedua data tersebut di-*buffer* terlebih dahulu. Rencana trase jalan di-*buffer* selebar 4 m dari as jalan, sedangkan untuk *wellpad* di-*buffer* seluas 4.900 m<sup>2</sup> sesuai dengan yang disebutkan dalam deskripsi rencana kegiatan. Data tersebut kemudian dilanjutkan dengan *feature to polygon* pada *Data management tools* (**Gambar 4.12**).



**Gambar 4.12** *Feature to polygon* pada *Data management tool*

Fungsi dari *feature to polygon* disini adalah mengonversi data *line* menjadi poligon. Hal tersebut bertujuan untuk menemukan apakah pembukaan lahan untuk jalan dan *wellpad* ini nantinya terdapat poligon tertutup. Ketika terdapat jaringan jalan maupun konstruksi *wellpad* yang membentuk poligon tertutup maka poligon tersebutlah yang disebut dengan *patch* sebagai bentuk fragmen yang mengganggu lanskap. Proses dilanjutkan dengan *input feature*, dimana data yang diinput adalah *buffer jalan* dan *buffer wellpad* (**Gambar 4.13**). Setelah *input feature* kemudian menentukan direktori penyimpanan data dari hasil *feature to polygon*, kemudian cukup ditunggu hingga proses selesai. Jumlah poligon yang terbentuk dalam dilihat pada *attribute table* dengan klik kanan file hasil *feature to polygon*, kemudian klik *attribute table*. Dalam data tersebut belum ada luasan, hanya muncul jumlah poligon terbentuk, untuk memperoleh data luasan masing-masing poligon dilakukan dengan menggunakan *calculate geometry*.





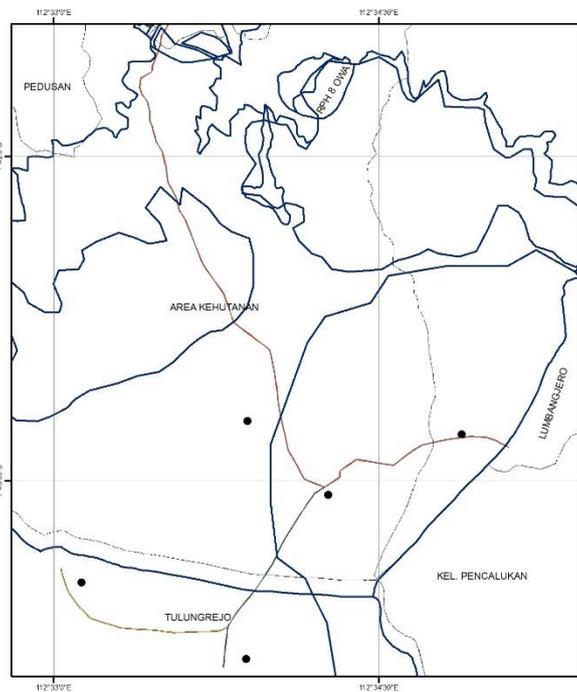
**Gambar 4.13** Proses *input feature*

Berdasarkan hasil *feature to polygon* pada rencana trase jalan dan *wellpad* yang diolah, diperoleh poligon tertutup yang terbentuk sebanyak 5 poligon. Luas poligon yang terbentuk tersebut beragam, mulai dari 58 m<sup>2</sup> – 70.826 m<sup>2</sup>. Poligon yang terbentuk tersebut juga termasuk poligon *buffer* dari jalan. Adapun hasil analisis fragmentasi pada ArcGIS tertera pada **Gambar 4.14** dan **Gambar 4.15**.

Patch							
	FID	Shape *	FID buffer	Id	BUFF DIST	ORIG FID	Luas Area
▶	0	Polygon	-1	0	0	0	58,697737160
	1	Polygon	-1	0	0	0	13490,731043
	2	Polygon	-1	0	0	0	14374,427684
	3	Polygon	-1	0	0	0	65,187563939
	4	Polygon	-1	0	0	0	70826,374033

**Gambar 4.14** Hasil *feature to polygon*





**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**  
**UNIVERSITAS BRAWIJAYA MALANG**

---

**PETA FRAGMENTASI**

---

**Legenda**

- Lokasi Wellpad
- Jalan Lokal
- ▭ Resort Pengelolaan Hutan Tahura
- - - Batas Desa

**Luas Patch (m2)**

- 13490.7310437472
- 14374.4276841068
- 58.697737160963
- 65.1875639396914
- 70826.3740332919

---

1:1.000.000

Sumber : 1. PT. Geodipa Energi  
2. Peta Rupa Bumi

---

**SKALA 1:30.000**

0 0,275 0,55 1,1 1,65 2,2 Kilometers

Coordinate System: GCS WGS 1984  
Datum: WGS 1984  
Units: Degree

---

Dibuat Oleh : Farihatun Na'imah (175100900111009)  
Tahun 2021

**Gambar 4.15** Peta fragmentasi kawasan

Berdasarkan **Gambar 4.15** diketahui bahwa poligon yang terbentuk dari proses analisis spasial adalah 5 poligon pada rencana kegiatan eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang. Dengan menggunakan metode SLIA, jumlah *patch* yang terbentuk ini memperoleh *rating score* 1 dengan deskripsi berdampak sangat rendah. Meskipun jumlah *patch* yang terbentuk ini terlihat sedikit, namun aspek fragmentasi ini merupakan salah satu aspek yang sangat penting karena berkaitan dengan komponen biologi vegetasi dan satwa.

Fragmentasi umumnya terjadi melalui hilangnya habitat (Gunawan dan Prasetya, 2013). Fragmentasi sendiri dapat terjadi karena aktivitas alam maupun aktivitas manusia (antropogenik). Aktivitas alam yang menyebabkan terjadinya fragmentasi adalah dalam jangka waktu lama (ribuan hingga jutaan tahun), lanskap dapat terfragmentasi oleh perubahan geologi (seperti pemisahan benua) dan perubahan iklim; kedua dalam jangka pendek, terjadi akibat adanya bencana alam yang mengubah suatu lanskap (Mullu, 2016).

Fragmentasi merupakan tahapan proses yang secara spasial atau temporal mengubah habitat dan lanskap. Perubahan lanskap ini terjadi melalui 5 proses yang dimulai dari *perforation*, *dissection*, *fragmentation*, *shrinkage*, *attrition*. *Perforation* (perforasi) merupakan proses membuat lubang di dalam habitat. *Dissection* (pemotongan) merupakan pemotongan atau pembagian area menjadi habitat berbeda dengan lebar yang relatif sama. *Fragmentation* (fragmentasi) merupakan pemecahan habitat menjadi potongan yang lebih kecil. *Shrinkage* (penyusutan) terjadi seiring dengan potongan habitat berlanjut dengan penurunan luas. *Attrition* (erosi habitat) adalah proses dimana *patch* habitat yang tersisa terdegradasi dan berangsur-angsur menghilang atau disebut juga dengan suksesi (Gunawan dan Prasetya, 2013).



Dampak dari fragmentasi sendiri sangat besar terhadap keanekaragaman hayati, Fragmentasi dapat mengurangi populasi makhluk hidup di suatu habitat. Selain itu, perubahan lingkungan habitat tentu juga akan mempengaruhi karakteristik dan dapat mengubah genetik suatu organisme. Hal tersebut tentu akan mengurangi variasi genetik dari suatu populasi yang tersisa di suatu habitat. Schlaepfer *et al.* (2018) menjelaskan dalam studinya bahwa fragmentasi yang diakibatkan oleh aktivitas antropogenik berdampak negatif terhadap populasi satwa dan vegetasi di suatu habitat. Dalam studinya dijelaskan bahwa dampak terbesar terjadi pada fragmen hutan tropis dan subtropis yang dikelilingi oleh matriks non hutan. Fragmen yang terbentuk sejak lama dan terisolasi menunjukkan perubahan genetik yang sangat jelas, dampak tersebut terlihat sangat jelas pada vegetasi.

Hadda *et al.* (2015) juga menyebutkan bahwa di hutan tropis, semakin kecil ukuran fragmen menyebabkan perubahan lingkungan fisik sehingga pohon besar hilang dan hal tersebut mempengaruhi masyarakat. Fragmentasi juga mengganggu laju suksesi di padang rumput dimana peningkatan penetrasi cahaya dalam fragmen yang lebih kecil menghambat laju suksesi. Fragmentasi juga menyebabkan degradasi pada fungsi ekosistem seperti pengurangan karbon dan retensi nitrogen, produktivitas dan penyerbukan. Fragmentasi juga dapat mengurangi daya hidup suatu organisme karena ukuran fragmen akan mempengaruhi jumlah spesies yang hidup di dalamnya dan mempengaruhi kemampuan spesies tersebut untuk bertahan (Gunawan dan Prasetya, 2013).

#### **4.3.4 Konflik Konservasi**

Konflik konservasi merupakan salah satu aspek pada metode SLIA yang bertujuan untuk mengetahui berapa persentase tapak proyek yang berada di dalam kawasan lindung. Aspek konflik konservasi ini berkaitan dengan aspek area



permukaan dan reduksi kawasan penting. Aspek area permukaan menunjukkan proyek menempati lahan apa saja, sedangkan reduksi kawasan penting berapa besar lokasi proyek yang menduduki kawasan penting, sementara aspek konflik konservasi ini menunjukkan persentase kawasan lindung yang ditempati rencana proyek dari keseluruhan kebutuhan lahan untuk proyek.

Analisis konflik konservasi cukup sederhana. Data yang dibutuhkan adalah luasan area proyek secara keseluruhan dan luas kawasan lindung yang berada pada lokasi proyek. Data tersebut telah diperoleh sebelumnya pada analisis area permukaan dan reduksi kawasan penting. Kemudian luasan kawasan lindung yang ada di lokasi proyek dibandingkan dengan luas area proyek seluruhnya. Hasil tersebut kemudian dikalikan dengan 100%, lalu besarnya persentase tersebut diklasifikasikan ke dalam SLIA untuk aspek konflik konservasi.

Berdasarkan hasil analisis pada aspek reduksi area penting dan area permukaan, diperoleh bawah luas area permukaan yang berkurang sebesar 123.914,0378 m<sup>2</sup>. Area permukaan yang berkurang terdiri dari tata guna lahan yang berbeda-beda (**Tabel 4.4** dan **Tabel 4.6**). Tidak seluruh area yang berkurang tersebut tergolong ke dalam area lindung. Berdasarkan Perda Nomor 9 Tahun 2012 Kota Mojokerto tentang RTRW Kabupaten Mojokerto dan Perda Nomor 7 Tahun 2011 Kota Batu, area yang tergolong ke dalam kawasan lindung yaitu taman hutan raya, kawasan resapan air.

Total kawasan lindung yang berkurang menurut hasil analisis sebesar 108.906,03738 m<sup>2</sup>. Persentase kawasan lindung yang berkurang dengan area permukaan secara seluruhan adalah sebesar 87,88 %. Penggunaan kawasan lindung sebesar 87,88% pada rencana eksplorasi panas bumi ini menurut SLIA tergolong ke dalam *rating* 20 (>80%) dengan deskripsi dampak sangat tinggi terhadap komponen bentang lahan.



#### 4.3.5 Rating SLIA

*Rating* akhir dari 4 aspek SLIA yang diperoleh sebelumnya selanjutnya dirata-rata. Aspek area permukaan memperoleh *rating score* 1, reduksi kawasan penting memperoleh *rating score* 1, fragmentasi mendapatkan *rating score* 1, dan aspek konflik konservasi memperoleh *rating score* 20. Total *rating score* yang diperoleh dari 4 aspek tersebut adalah 23. Sehingga besarnya *rating score* akhir adalah  $23/4 = 5,75$ .

Berdasarkan *rating score* akhir metode SLIA (**Tabel 3.6**), *score* 5,75 tergolong ke dalam *rating* kelas dengan rata-rata 4 - 7,99 dengan deskripsi berdampak rendah. Meskipun memiliki dampak yang rendah, namun perlu diperhatikan bahwa terdapat perbedaan lokasi studi dan luasan lokasi studi dengan referensi yang ada. Lokasi studi Otsman (2015) berada pada kawasan eksploitasi panas bumi berupa PLTP di Islandia dengan luas wilayah studi sebesar 140 km<sup>2</sup>. Apabila dibandingkan dengan wilayah studi dalam penelitian ini dengan luas 27.863 ha atau 2,7863 km<sup>2</sup> atau hanya sekitar 2,14% dari PLTP di Islandia tersebut. Referensi lain yang menggunakan metode SLIA adalah pada kajian di WUP Karst yang berlokasi di DIY (Syam, 2018). Lokasi studi yang digunakan oleh pada kajian di WUP Karst tersebut terbagi ke dalam tiga wilayah kajian, yaitu mikro, meso, dan makro. Wilayah kajian secara makro memiliki luas 148.536 ha atau 14,85 km<sup>2</sup>, sedangkan batas meso (kawasan karst di Gunung Kidul) memiliki luas kajian 80.390,536 ha, dan wilayah kajian mikro (WUP Karst Gunung Kidul) seluas 6.656 ha. Kemudian terdapat referensi yang menggunakan SLIA pada rencana eksplorasi panas bumi di WKP Gunung Ciremai (Gizawi dkk., 2017). Luas wilayah studi yang digunakan pada rencana eksplorasi di WKP Gunung Ciremai tidak disebutkan, namun perubahan area permukaan yang terjadi adalah 42.060 m<sup>2</sup>. Perubahan tersebut masih lebih kecil dibandingkan dengan studi ini yaitu 123 ha. Perbedaan luasan wilayah studi tersebut

menyebabkan adanya perbedaan persepsi dalam deskripsi dampaknya, misalnya 'berdampak rendah' di PLTP Islandia tentu akan berbeda dengan 'berdampak rendah' di WKP Gunung Ciremai dan WKP Arjuno Welirang dalam studi ini. Oleh karena itu, penggunaan 'deskripsi dampak' pada metode SLIA ini menjadi kelemahan dalam studi ini karena perbedaan luasan wilayah kajian di PLTP Islandia dengan WKP Arjuno Welirang ini.

#### **4.4 Identifikasi dan Kajian Dampak Ekologis**

##### **4.4.1 Identifikasi Dampak**

Dampak yang ditimbulkan akibat suatu kegiatan atau proyek dapat dilihat dari masing-masing kegiatan yang ada. Dampak yang muncul tersebut ada pada masing-masing tahap kegiatan. Kegiatan eksplorasi ini akan berdampak pada beberapa komponen lingkungan. Komponen-komponen lingkungan yang terkena dampak ini terdiri dari komponen fisik-kimia, komponen biologi, komponen sosial ekonomi, komponen kesehatan lingkungan, dan komponen transportasi.

Pembahasan komponen fisik-kimia terdiri sub komponen lain, yaitu udara, hidrologi, tanah, ruang dan lanskap. Kemudian untuk komponen biologi, pembahasannya meliputi komponen yang berhubungan dengan makhluk hidup, seperti flora, fauna, dan biota air. Komponen sosial ekonomi budaya pada dasarnya merupakan gabungan dari tiga sub komponen yang saling berkaitan. Pembahasan pada komponen tersebut berkaitan dengan aktivitas sosial, ekonomi dan budaya masyarakat sekitar proyek. Kesehatan lingkungan menjadi komponen lingkungan tersendiri, dimana di dalamnya berkaitan dengan keberadaan limbah dari kegiatan konstruksi maupun operasi. Sementara untuk komponen transportasi berkaitan dengan aktivitas lalu lintas kendaraan.

Rencana kegiatan yang akan dilakukan dianalisis dan diidentifikasi dampak yang mungkin muncul akibat adanya



kegiatan eksplorasi panas bumi pada komponen-komponen tersebut. Alat bantu yang digunakan dalam proses identifikasi dampak ini adalah tabel matriks yang merupakan interaksi antara kegiatan pada saat pra konstruksi, konstruksi, operasi, dan pasca operasi dengan dampak pada pada tiap komponen lingkungan. Adapun dampak yang muncul pada kegiatan eksplorasi panas bumi dapat dilihat pada **Tabel 4.15**.



**Tabel 4. 15** Dampak Potensial kegiatan eksplorasi panas bumi

Tahapan Kegiatan	Komponen lingkungan terdampak																	
	Geo-fisik kimia													Biologi		Sosial Ekonomi Budaya		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Pra Konstruksi</b>																		
1) Seleksi pengeboran																		
2) Survey dan perizinan																		√
3) Pengadaan lahan																		√
4) Rekrutmen tenaga kerja																		√
<b>Konstruksi</b>																		
1) Mobilisasi dan demobilisasi kendaraan, alat berat selama kegiatan konstruksi		√	√	√	√													√



## Komponen lingkungan terdampak

Tahapan Kegiatan	Geo-fisik kimia													Biologi	Sosial Ekonomi Budaya			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
2) Konstruksi jalan akses	√	√	√	√	√	√							√	√	√			
3) Konstruksi wellpad dan infrastruktur pendukung lainnya	√	√	√	√	√	√							√	√	√			
<b>Operasi</b>																		
1) Pengeboran sumur	√	√			√	√												
2) Pengujian sumur	√	√																
3) Mobilisasi dan demobilisasi kendaraan, alat berat selama kegiatan operasi	√	√												√				



## Komponen lingkungan terdampak

Tahapan Kegiatan	Geo-fisik kimia													Biologi	Sosial Ekonomi Budaya			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>Pasca operasi</b>																		
1) Penutupan sumur							√	√	√									
2) Revegetasi lahan										√	√	√						√
Keterangan									9) Berkurangnya risiko blow out 10) Peningkatan abstraksi air hujan 11) Peningkatan debit mata air 12) Berkurangnya ancaman banjir 13) Timbulan limbat padat konstruksi 14) Gangguan vegetasi dan satwa 15) Gangguan biota air 16) Kesempatan kerja 17) Pesepsi masyarakat 18) Gangguan aktivitas pertanian									
1) Penurunan kualitas udara																		
2) Peningkatan kebisingan																		
3) Peningkatan erosi																		
4) Potensi tanah longsor																		
5) Penurunan kualitas air																		
6) Penurunan kuantitas air																		
7) Pengurangan risiko kesaalahan reservoir energi panas																		
8) Kepastian pembangkit listrik dan besarnya kapasitas																		

## 4.4.2 Kajian Dampak

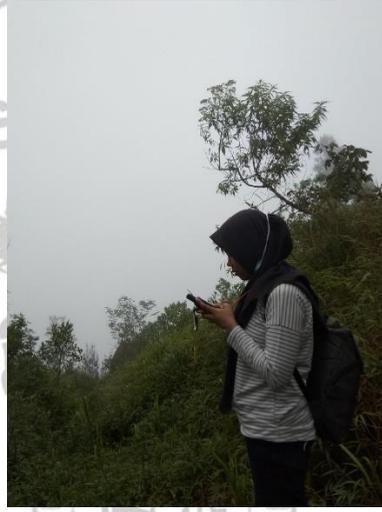
### 1) Gangguan vegetasi

Wilayah studi kegiatan eksplorasi panas bumi ini merupakan wilayah yang memiliki potensi keanekaragaman hayati yang tinggi. Pada wilayah studi, terdapat berbagai jenis vegetasi di dalamnya. Berdasarkan data hasil pengamatan observasi, tutupan lahan di wilayah studi menunjukkan kondisi yang bervariasi, yaitu hutan campur, semak, hutan cemara gunung, bekas terbakar, hutan eukaliptus, dan hortikultura. Pada bagian barat wilayah studi, didominasi oleh hutan campur, sementara pada bagian timur didominasi oleh semak/perdu/ilalang dan lebih bervariasi dibandingkan dengan bagian barat. Gangguan vegetasi terjadi akibat berkurangnya area permukaan. Seperti telah disebutkan sebelumnya bahwa area WKP Arjuno Welirang ini terletak di dalam kawasan taman hutan raya R. Soerjo, oleh karena itu tutupan permukaan didominasi oleh vegetasi. Vegetasi yang berkurang atau hilang akibat trase jalan dan konstruksi well pad beserta fasilitas pendukungnya.

Vegetasi yang akan terganggu akibat adanya rencana trase jalan dan *wellpad* terdiri dari tumbuhan tinggi, tumbuhan bawah dan perdu. Identifikasi vegetasi dilakukan dengan melakukan survei lapang pada sekitar rencana *wellpad* dan trase jalan (**Gambar 4.16**). Lokasi *wellpad* yang dilakukan survei terbatas pada *wellpad* 1 dan *wellpad* 4 karena keterbatasan akses dan waktu survei, sementara untuk rencana trase jalan dilakukan dengan mengambil cuplikan tempat yang berbeda ketinggian dan dinilai mulai berubah komposisi vegetasinya.



(a)



(b)

**Gambar 4.16** Kegiatan survey lapang vegetasi (a) inventaris vegetasi di plot (b) penitikan dengan GPS

Studi komponen vegetasi dilakukan dengan survei lapang. Kegiatan survei dilakukan beberapa kali dengan titik *start* OWA Buper Padusan hingga bagian timur well pad 4 (Blok Cemara Kandang), serta titik *start* Pos perijinan pendakian Sumber Brantas Batu hingga Sunan Pangkat (tujuan well pad 1 dan well pad 4). Identifikasi vegetasi dilakukan secara jelajah dan menginventaris vegetasi pohon, semak, dan tumbuhan bawah pada beberapa tempat yang memungkinkan untuk dilakukan pengamatan petak (dilakukan pada 3 petak pada ketinggian berbeda, dengan asumsi jenis vegetasi tiap ketinggian sama, serta pengamatan pada lokasi well pad 1 dan 4).

Pengamatan pada blok Budug Gede/plot 1 (ketinggian kurang lebih 1100 mdpl), vegetasi berupa pohon besar masih banyak ditemui. Selanjutnya pada blok Sanggar/plot 2 (ketinggian kurang lebih 1200 mdpl), vegetasi masih ditemui beberapa, namun tidak sebanyak pada blok Budug Gede. Pada

ketinggian kurang lebih 1300 mdpl, komposisi vegetasi mulai berubah kembali. Pada ketinggian ini, mulai berkurang vegetasi pohon besar, dan didominasi oleh dengan diameter pohon yang relatif kecil. Berdasarkan hasil studi rona awal lingkungan hidup awal, diketahui bahwa komunitas flora pada lokasi studi masih tergolong ke dalam tipe komunitas alami, dimana keasliannya masih tinggi dan belum ada modifikasi oleh manusia. Lokasi Taman Hutan Raya R. Soerjo yang juga dikelilingi oleh beberapa gunung menyebabkan kenekaragaman jenis flora variatif dan berbeda ketika terjadi perubahan ketinggian. Semakin bertambahnya ketinggian, jumlah vegetasi berupa pohon dengan diameter batang yang besar semakin berkurang dan didominasi oleh vegetasi semak dan tumbuhan bawah.

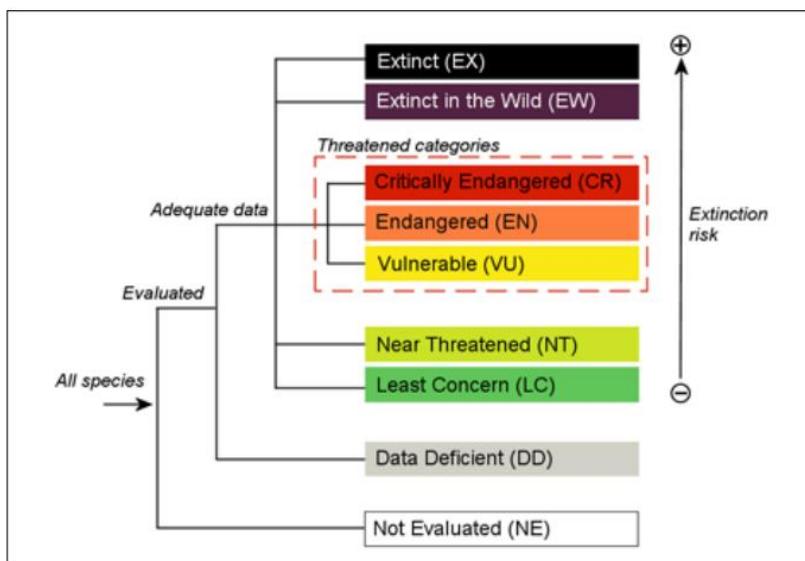
Beberapa vegetasi yang ditemui dalam kegiatan survei lapang tergolong ke dalam vegetasi dengan status konservasi tertentu menurut *International Union for Conservation of Nature* (IUCN). IUCN merupakan suatu organisasi konservasi alam yang berdiri pada tahun 1984 beranggotakan pemerintah dan masyarakat sipil dari berbagai negara. Status konservasi merupakan indikator yang digunakan untuk menunjukkan tingkat keterancaman spesies makhluk hidup dari kepunahan. IUCN mengategorikan status konservasi berbagai spesies makhluk hidup ke dalam daftar merah atau disebut juga dengan *IUCN Red List*. Daftar tersebut biasanya ditinjau dan dievaluasi secara kontinyu 5-10 tahun sekali.

*IUCN Red List* merupakan indikator biodiversitas dunia yang memberikan informasi mengenai jangkauan, tingkat populasi, habitat dan ekologi, penggunaan dan/atau perdagangan, ancaman, dan tindakan konservasi yang akan membantu menginformasikan keputusan konservasi yang diperlukan. Hingga saat ini terdapat 134.400 spesies yang berada dalam *IUCN Red List*, dimana 37.400 spesies terancam punah,



termasuk di dalamnya yaitu 41% amfibi, 34% tumbuhan runjung, 33% terumbu karang, 26% mamalia dan 14% burung.

IUCN *Red List* mengkategorikan status konservasi suatu spesies ke dalam delapan kategori. Dari semua spesies yang ada, ada yang di evaluasi dan belum/tidak dievaluasi (*not evaluated*). Spesies yang dievaluasi terdapat yang memiliki cukup data dan kurang data (*data deficient*). Spesies yang memiliki cukup data selanjutnya dievaluasi dan dikategorikan ke dalam kategori *extinct*, *extinct in the wild*, *critically endangered*, *endangered*, *vulnerable*, *near threatened*, dan *least concern*. Adapun struktur penentuan status konservasi suatu spesies menurut IUCN dapat dilihat pada **Gambar 4.17**.



**Gambar 4.17** Struktur kategori status konservasi menurut IUCN

Sumber : *IUCN Red List Categories and Criteria Version 3.1 Second edition (2012)*

Berdasarkan kategori status konservasi yang disebutkan pada **Gambar 4.17**, tingkat risiko kepunahan suatu spesies dikategorikan lagi menjadi 3, yaitu *extinct* (punah), *threatened*



(terancam), dan *lower risk* (risiko rendah). Apabila diperhatikan pada **Gambar 4.17**, semakin ke atas, maka risiko kepunahan suatu spesies semakin rendah. Status konservasi yang tergolong punah yaitu *extinct* dan *extinct in the wild*, sementara yang tergolong *threatened* (terancam) atau risiko sedang yaitu *critically endangered*, *endangered*, dan *vulnerable*. Adapun yang tergolong ke dalam *lower risk* (risiko rendah) yaitu *near threatened* dan *least concern*.

a) *Extinct* (EX : punah)

Status konservasi yang diberikan untuk spesies yang telah terbukti (tidak ada keraguan) bahwa individu terakhir dari suatu spesies telah mati. Individu dinyatakan punah apabila dalam survey mendalam yang dilakukan pada habitat biasanya atau diperkirakan habitatnya, dalam waktu yang tepat (harian, musiman, tahunan), sepanjang catatan tersebut tidak ditemukan individu tersebut.

b) *Extinct in the wild* (EW : punah di alam liar)

Status konservasi yang ditukan untuk spesies yang keberadaannya diketahui hanya di penangkaran atau di luar habitat alaminya. Individu yang dinyatakan berada dalam status ini ketika dalam survey mendalam yang dilakukan pada habitat biasanya atau diperkirakan habitatnya, dalam waktu yang tepat (harian, musiman, tahunan), sepanjang catatan tersebut tidak ditemukan individu tersebut

c) *Critically Endangered* (CR : kritis)

Status konservasi yang diberikan untuk spesies yang berisiko punah dalam waktu dekat. Terdapat 5 kriteria dalam menentukan status konservasi ke dalam status yang risiko sedang atau *threatened* (terancam). Kriteria yang dimaksud yaitu kriteria A-E, dimana kriteria A adalah pengurangan ukuran populasi (dihitung 10 tahun lebih atau 3 generasi), kriteria B yaitu jarak pergerakan, kriteria C yaitu penurunan dan ukuran populasi kecil, kriteria D yaitu populasi terbatas, dan kriteria E yaitu analisis



kuantitatif. Apabila suatu individu tergolong ke dalam kriteria A-E maka berada dalam status konservasi CR.

d) *Endangered* (EN : terancam)

Status konservasi untuk spesies yang sedang menghadapi risiko kepunahan di alam liar pada waktu dekat. Individu yang tergolong ke dalam status konservasi ini juga menggunakan kriteria A-E, dan tergolong ke dalam status EN apabila kriteria A-E memenuhi status EN.

e) *Vulnerable* (VU : rentan)

Status konservasi untuk kategori spesies yang menghadapi risiko kepunahan di alam liar di waktu yang akan datang. Sama halnya dengan EN dan CR, penentuan status konservasi VU juga menggunakan kriteria A-E. Apabila kriteria A-E memenuhi status VU, maka suatu individu masuk ke dalam status VU.

f) *Near threatened* (NT : hampir terancam)

Kategori status konservasi yang ditujukan untuk spesies yang mungkin berada dalam keadaan terancam punah atau mendekati terancam punah. Individu yang tergolong dalam status ini telah dianalisis menggunakan kriteria A-E tetapi tidak memenuhi kualifikasi untuk digolongkan ke dalam status kritis, terancam dan rentan untuk saat ini, tetapi mendekati atau hampir masuk kualifikasi risiko terancam di masa yang akan datang.

g) *Least Concern* (LC : risiko rendah)

Kategori dari IUCN untuk spesies yang telah dievaluasi namun tidak masuk dalam kategori manapun sebagaimana disebutkan di atas.

h) *Data Deficient* (DD : kurang informasi)

Kategori status konservasi DD ini diberikan kepada suatu organisme apabila data atau informasi kurang lengkap untuk menentukan secara langsung maupun tidak langsung mengenai kepunahannya berdasarkan distribusi atau status populasi. Suatu individu yang tergolong dalam status ini mungkin sudah diketahui



dalam dunia biologi, tetapi informasi tepatnya mengenai kelimpahan dan distribusinya masih kurang.

i) *Not evaluated* (NE : belum dievaluasi)

Kategori status konservasi yang tidak atau belum di evaluasi berdasarkan kriteria-kriteria IUCN.

Kegiatan survey inventaris vegetasi menghasilkan data berupa vegetasi dengan jenis pohon, semak dan perdu. Masing-masing plot diamati dan diinventaris vegetasi dengan kategori tersebut. Berdasarkan hasil pengamatan pada tiga plot yang berada di hutan campur sebagaimana disebutkan sebelumnya, diperoleh data hasil inventaris vegetasi pohon sebagaimana pada

**Tabel 4.16.**

**Tabel 4. 16** Daftar vegetasi pohon hasil *ploting*

No	Famili	Spesies	Nama lokal	*Status konservasi
1	Phyllanthaceae	<i>Breynia microphylla</i>	Berasan	LC
		<i>Macaranga tanarius</i>	Tutup	LC
2	Euphorbiaceae	<i>Mallotus philippensis</i>	Tutup	LC
		<i>Ervatamia sphaerocarpa</i>	Kuso	LC
3	Apocynaceae	<i>Acacia decurrens</i>	Cembirit	LC
		<i>Willd.</i>	Akasia dekuren	LC
4	Fabaceae	<i>Lithocarpus sundaicus</i>	Pasang putih	NE
		<i>Litsea sp</i>	Adem ati	
5	Lauraceae	<i>Ficus hirta</i>	Kebek	LC
		<i>Prunus sp</i>	Putihan	
6	Rosaceae	<i>Engelhardtia spicata</i>	Kukrup	LC



No	Famili	Spesies	Nama lokal	*Status konservasi
10	Myrtaceae	<i>Syzygium acuminatissimum</i>	Tinggalan	LC
11	Primulaceae	<i>Myrsine sp</i>	Irengan	
12	Rhamnaceae	<i>Maesopsi eminii</i>	Sopsis	LC
13	Rubiaceae	<i>Tarenna fragrans</i>	-	NE
14	Pittosporaceae	<i>Pittosporum sp</i>	-	
15	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana sphaerocarpa</i>	Cembirit	LC
16	Urticaceae	<i>Dendrocnide stimulans</i>	Kemado	LC
17	Cannabaceae	<i>Trema orientalis</i>	Anggrung	LC
18	Actinidiaceae	<i>Saurauia sp</i>	-	
19	Euphorbiaceae	<i>Homalanthus giganteus</i>	Tutup Kebo	NE
20	Araliaceae	<i>Macropanax dispersum</i>	Endok-endokan	LC

Sumber : Hasil survei, 2021

Keterangan \* : berdasarkan IUCN Red List

LC : Least Concern

NE : Not Evaluated

Selain vegetasi pohon, di lokasi survey juga ditemui vegetasi jenis perdu dan herba. Perdu atau semak merupakan tanaman yang tidak dapat tumbuh berkembang terlalu tinggi, maksimal hanya sampai 5 meter. Berbeda dengan pohon atau tiang yang dapat tumbuh tinggi dan besar hingga melebihi 5 meter. Sementara untuk herba atau tumbuhan bawah merupakan tumbuhan yang tidak memiliki kayu dan batang basah karena



kandungan air yang banyak. Adapun tumbuhan bawah dan perdu hasil survey dapat dilihat pada **Tabel 4.17**.

**Tabel 4. 17** Daftar tumbuhan bawah hasil ploting

No	Famili	Spesies	Nama lokal	*Status konservasi
1		<i>Oplismenus compositus</i>	Bedesan	NE
2		<i>Poaceae</i>	-	
3	Poaceae	<i>Axonopus compressus</i>	Rumput gajah	NE
4		<i>Dendrocalamus asper</i>	Pring petung	NE
5		<i>Imperata cylindrica</i>	Alang-alang	NE
6	Urticaceae	<i>Dendrocnide stimulans</i>	Kemado	LC
7		<i>Elatostema spp</i>	Loyoran	
8		<i>Ageratina riparia</i>	Teh-tehan	NE
9	Asteraceae	<i>Austroeupatorium inulaefolium</i>	Setek	NE
10	Acanthaceae	<i>Strobilanthes sp</i>	-	
11		<i>Desmodium spp</i>	-	
12	Leguminosae	<i>Callyandra calothyrsus</i>	Kaliandra merah	NE
13		<i>Erythrina sp</i>	Dadap	
14	Chloranthaceae	<i>Chloranthus elatior</i>	-	NE
15	Cyperaceae	<i>Carex sp</i>	Ladingan	
16	Smilacaceae	<i>Smilax zeylanica</i>	Riwono	NE
17	Athyriaceae	<i>Athyrium sp</i>	Pakis sayur	
18	Euphorbiaceae	<i>Macaranga tanarius</i>	Tutup	LC



No	Famili	Spesies	Nama lokal	*Status konservasi
19		<i>Pinanga coronata</i>	Palm piji	NE
20		<i>Daemonorops sp</i>	Rotan	NE
21	Rosaceae	<i>Rubus chrusophyllus</i>	Grunggung	
22	Araceae	<i>Epipremnum sp</i>	-	
23	Piperaceae	<i>Piper spp</i>	-	
24	Polypodiaceae	<i>Polypodiaceae sp</i>	-	
25	Rutaceae	<i>Zanthoxylum scandens</i>	-	NE
26	Solonaceae	<i>Brugmansia suaveolens</i>	Kecubung gunung	EW
27	Moraceae	<i>Ficus sp</i>	Dampul	
28	Polygonaceae	<i>Polygonum sp</i>	Tebusawur	
29	Pteridaceae	<i>Pteris ensiformis</i>	Paku pedang	NE
30		<i>Pteris biaurita</i>	-	NE
31	Vitaceae	<i>Tetrastigma sp</i>	-	
32	Apocynaceae	<i>Ervatamia sp</i>	-	
33	Begoniaceae	<i>Begonia sp</i>	-	
34	Cucurbitaceae	<i>Cucurbitaceae sp</i>	-	
35	Fagaceae	<i>Lithocarpus sundaicus</i>	Pasang putih	NE
36	Lecae	<i>Leea sp</i>	Girang	
37	Magnoliaceae	<i>Magnolia campbellii</i>	Cempoko gondok	LC
38	Melastomataceae	<i>Melastoma malabathricum</i>	Senggani	NE
39	Oleaceae	<i>Fraximus griffithii</i>	Gagar	LC



No	Famili	Spesies	Nama lokal	*Status konservasi
40	Sapindaceae	<i>Dodonaea viscosa</i>	Kesek	LC

Sumber : Hasil analisis, 2021

Keterangan \* : berdasarkan IUCN *Red List*

LC : *Least Concern*

NE : *Not Evaluated*

Data pada **Tabel 4.16** dan **Tabel 4.17** merupakan data vegetasi yang ditemui pada hutan campur seperti pada rencana jalan menuju *wellpad* 4 hingga Objek Wisata Alam (OWA) Buper. Komposisi vegetasi mulai berubah kembali pada ketinggian 1480 mdpl yaitu pada blok cemara kandang, lebih tepatnya di sebelah timur *well pad* 4. Pada wilayah tersebut, sangat jarang ditemui vegetasi berupa pohon dan didominasi oleh padang alang-alang, namun ada beberapa vegetasi pohon meskipun diameter batangnya tidak besar (**Gambar 4.18**). Adapun vegetasi yang ditemui di blok ini yaitu cemara gunung dan aksia dekuren (LC) dengan tinggi sekitar 15-20 m, yang jumlahnya masing-masing 1 pada lahan seluas kurang lebih 20 m x 20 m. Vegetasi perdu yang terdapat pada blok ini adalah setek (NE), kesek (LC), dan senggani (NE), sedangkan untuk tumbuhan bawah hanya terdapat alang-alang (NE) dan juga *poaceae*, karena kawasan ini bekas terbakar pada tahun 2008, sehingga tumbuhan bawahnya masih berupa tanaman perintis yaitu alang-alang. Berdasarkan uraian tersebut, dapat diasumsikan bahwa pada *well pad* 4, vegetasi di dalamnya juga tidak berbeda jauh dengan vegetasi di sebelah timur *well pad* tersebut.





(a)



(b)

**Gambar 4.18** Vegetasi sekitar *wellpad* 4

Kegiatan survey juga dilakukan pada *wellpad* 1 dan *wellpad* 4, sehingga diperoleh data vegetasi yang ada di *wellpad* 1 dan 4. Dari kegiatan survey yang telah dilakukan, pada petak seluas 70 m x 70 m yang akan dijadikan sebagai lokasi pengeboran, vegetasi yang ditemukan pada petak tersebut yaitu kukrup (LC) sebanyak 6 pohon, pasang putih (NE) 6 pohon dan tutup besi (LC) 5 pohon. Sementara untuk tumbuhan bawah didominasi oleh *Ageratina riparia* (teh-tehan) (NE), pakis, alang-alang (NE), dan setek (NE) (1 rumpun).

Berdasarkan kegiatan survey yang dilakukan bulan Mei lalu di *wellpad* 1, perubahan komposisi vegetasi di wilayah tersebut juga terlihat. Pada lahan seluas 70 m x 70 m yang akan menjadi lokasi pengeboran hanya ditemui 3 pohon cemara gunung (NE), serta tumbuhan bawah berupa pakis weling. Berdasarkan *IUCN Red list*, kedua vegetasi tersebut bukan tanaman yang berstatus konservasi rawan, sehingga rencana kegiatan eksplorasi di

*wellpad* 1 ini tidak begitu mengganggu vegetasi pada tempat tersebut. Selain itu vegetasi di wilayah atas *wellpad* 1 ini hanya berupa *Vaccinium varingifolium* atau cantigi dan juga beberapa pakis (namun jumlahnya sangat sedikit). Cantigi memang merupakan vegetasi gunung yang hidup di ketinggian 2000 mdpl dan hidup di pegunungan Jawa. Menurut IUCN *Red list*, cantigi tidak tergolong vegetasi dengan status konservasi tertentu.

Komposisi vegetasi yang ada pada lokasi *sampling* (**Tabel 4.16** dan **Tabel 4.17**) juga sama dengan *wellpad* 3 dan rencana trase jalan menuju *wellpad* 3 karena memang *wellpad* 3utupan lahanya berupa hutan campur. Sementara vegetasi untuk *wellpad* 4 sedikit berbeda dikarenakan perbedaan ketinggian. Vegetasi yang ada pada *wellpad* 4 terdiri dari cemara gunung, senggani, akasia dekuren, pakis dan alang-alang. Kemudian untuk jalan dari *wellpad* 4 sampai dengan *wellpad* 1 tegakan berupa cemara gunung dan untuk tanaman bawah berupa alang-alang, pakis, dan rumput. Sementara unuk *wellpad* 1, tegakan berupa 3 cemara gunung dan tumbuhan bawah pakis dan rumput rumput. Adapun trase jalan dari *wellpad* 1 menuju *wellpad* 2 yaitu cemara untuk tegakan dan untuk tumbuhan bawah ada manis rejo atau cantigi, pakis dan rumput. Sementara untuk kompoisis vegetasi di *wellpad* 2 sama dengan *wellpad* 1 karena memiliki karakteristik wilayah yang sama. Secara ringkas, vegetasi yang terganggu akibat rencana *wellpad* dapat dilihat pada **Tabel 4.18** untuk vegetasi jenis pohon dan **Tabel 4.19** untuk vegetasi jenis semak dan perdu. Sementara vegetasi terdampak karena rencana trase jalan, kurang lebih sama sebagaimana **Tabel 4.16** dan **Tabel 4.17**.

**Tabel 4. 18** Vegetasi jenis pohon terkena *wellpad*

<i>Wellpad</i>	Luas (m <sup>2</sup> )	Vegetasi	Nama ilmiah
1	4.900	Cemara	<i>Casuarina junghuhniana</i>
2	4.900	Cemara	<i>Casuarina junghuhniana</i>
3	4.900	Berasan	<i>Breynia microphylla</i>



Wellpad	Luas (m <sup>2</sup> )	Vegetasi	Nama ilmiah
		Akasia dekuren	<i>Acacia decurrens</i>
		Tutup Kuso	<i>Mallotus philippensis</i>
		Kebek	<i>Ficus hirta</i>
		Irengan	<i>Myrsine sp</i>
4	4.900	Kukrup	<i>Engelhardtia spicata</i>
		Pasang	<i>Lithocarpus sundaicus</i>
		Tutup	<i>Macaranga tanarius</i>
5	4.900	Cemara	<i>Casuarina junghuhniana</i>

**Tabel 4. 19** Vegetasi jenis semak dan perdu terkena wellpad

Wellpad	Luas (m <sup>2</sup> )	Vegetasi	Nama ilmiah
1	4.900	Pakis	<i>Polypodiaceae sp</i>
		Rumput poase	<i>Poaceae sp</i>
2	4.900	Pakis	<i>Polypodiaceae sp</i>
		Rumput poase	<i>Poaceae sp</i>
3	4.900	Teh-tehan	<i>Ageratina riparia</i>
		Alang-alang	<i>Imperata cylindrica</i>
		Poase	<i>Poaceae sp</i>
		Bedesan	<i>Oplismenus compositus</i>
		Senggani	<i>Melastoma malabathricum</i>
		Setek	<i>Austro eupatorium inulaefolium</i>
		Riwono	<i>Smilax zeylanica</i>
		Grunggung	<i>Rubus chrusophyllus</i>
		Ladingan	<i>Carex sp</i>
		<i>Zanthoxylum scandes</i>	<i>Zanthoxylum scandes</i>
		<i>Desmodium spp</i>	<i>Desmodium spp</i>
4	4.900	Teh-tehan	<i>Ageratina riparia</i>
		Pakis	<i>Polypodiaceae sp</i>
		Alang-alang	<i>Imperata cylindrica</i>
		Stek	<i>Austro eupatorium inulaefolium</i>
5	4.900	Pakis	<i>Polypodiaceae sp</i>
		Rumput poase	<i>Poaceae sp</i>



Dampak langsung atau primer yang akan terjadi akibat adanya pembukaan lahan adalah berkurangnya vegetasi. Berkurangnya vegetasi dalam suatu wilayah tidak akan berdampak serius apabila tidak ada individu dengan status konservasi dan risiko kepunahan tinggi atau jumlah yang berkurang sangat banyak. Sebaliknya, apabila dalam suatu wilayah yang akan dibangun suatu proyek terdapat individu dengan status konservasi atau risiko kepunahan tinggi, meskipun dalam luasan yang kecil tentu akan berdampak serius.

Berdasarkan hasil inventaris vegetasi yang dilakukan selama survey, sebagian besar individu memiliki risiko kepunahan rendah dengan status konservasi *Least concern* (LC) serta terdapat individu yang belum di evaluasi (*not evaluated*), serta beberapa individu yang tidak diketahui status konservasi karena tidak diketahui nama ilmiah karena keterbatasan pengetahuan selama survey. Namun, ada satu individu yang memiliki status konservasi *extinct in the wild* atau punah di alam liar menurut IUCN *Red List* yaitu kecubung gunung atau *Brugmansia suaveolens*. Oleh karena itu hal ini perlu menjadi perhatian khusus karena artinya di kawasan tersebut masih ada flora yang saat ini menurut IUCN *Red List* hanya ada di Brazil (Hay, 2014).

Kecubung gunung atau *Brugmansia suaveolens* hanya dapat ditemui di gunung dan tergolong ke dalam tanaman perdu. Tanaman perdu atau semak atau perdu merupakan tanaman yang tidak dapat berkembang terlalu tinggi, maksimal sampai 5 meter. Menurut IUCN *Red List*, kecubung gunung ini dapat tumbuh pada ketinggian 2000-3000 meter. Namun pada survei, kecubung gunung dapat ditemukan pada blok sanggar di hutan campur dengan ketinggian kurang lebih 1200 mdpl. Hutan campur merupakan tutupan lahan untuk *wellpad* 3, rencana trase jalan menuju *wellpad* 3, dan rencana trase jalan dari *wellpad* 4 menuju keluar tahura. Tiga wilayah tersebut tidak menutup kemungkinan



adanya kecubung gunung dengan status konservasi punah di alam liar. Namun berdasarkan hasil survey lalu, blok sanggar tempat plot 2 ini tidak tepat terkena rencana trase jalan dari *wellpad* 4 menuju keluar tahura, serta sepanjang inventaris jelajah hanya di temui di titik plot tersebut sehingga diperkirakan kelimpahannya kecil. Namun apabila pada *wellpad* 3, rencana trase jalan menuju *wellpad* 3, dan rencana trase jalan dari *wellpad* 4 menuju keluar tahura terdapat kecubung gunung yang hilang maka akan berdampak serius terhadap keberadaan flora jenis ini. Bahkan karena status konservasi flora ini yang sudah punah di alam liar, maka lokasi yang ada kecubung gunung tidak boleh dibuka karena dikhawatirkan mengganggu populasi flora tersebut.

Lokasi *wellpad* 1 dan 2 berada pada wilayah yang vegetasi pohonya didominasi oleh cemara gunung untuk tegakan dan pakis serta rumput untuk tumbuhan bawahnya. Kedua vegetasi tersebut menurut IUCN *Red List* tidak ada yang tergolong ke dalam status konservasi tinggi atau risiko kepunahan sedang hingga tinggi, vegetasi cemara, pakis dan rumput tergolong ke dalam vegetasi dengan risiko kepunahan rendah sehingga hilangnya vegetasi ini dinilai tidak berdampak serius terhadap komponen biologi. Sementara itu untuk jalan antara *wellpad* 1 dan 2 terdiri dari cemara untuk tegakan dan untuk tumbuhan bawah ada manis rejo atau cantigi, pakis dan rumput, dimana menurut IUCN *Red List* individu-individu tersebut tidak tergolong ke dalam status konservasi tinggi atau risiko kepunahan sedang hingga tinggi. Individu-individu yang terkena trase jalan dari *wellpad* 1 dan 2 tergolong ke dalam individu dengan risiko kepunahan rendah menurut IUCN *Red List*, sehingga hilangnya individu tersebut dinilai tidak terlalu berdampak serius terhadap komponen biologi.

Komposisi vegetasi di *wellpad* 4 terdiri dari cemara gunung, senggani, akasia dekuren, pakis dan alang-alang. Individu-



individu tersebut menurut IUCN *Red List* tergolong ke dalam vegetasi dengan risiko kepunahan rendah. Sementara itu untuk jalan dari *wellpad* 4 sampai dengan *wellpad* 1 tegakan berupa cemara gunung dan untuk tanaman bawah berupa alang-alang, pakis, dan rumput. Menurut IUCN *Red List*, individu yang terkena rencana jalan antara *wellpad* 4 dan 1 ini juga tergolong ke dalam risiko kepunahan rendah. Oleh karena itu, hilangnya vegetasi akibat pembukaan lahan untuk *wellpad* 4 dan rencana trase jalan antara *wellpad* 1 dan 4 tidak berdampak serius terhadap komponen biologi.

Hilangnya vegetasi selain berdampak pada komponen biodiversitas, juga berdampak terhadap komponen lingkungan lain. Vegetasi merupakan elemen penting sebagai pelindung tanah di bawahnya. Berkurangnya area permukaan berupa vegetasi tentu akan berdampak pada berkurangnya keanekaragaman hayati vegetasi. Keanekaragaman hayati yang berkurang nantinya akan berdampak juga terhadap komponen lingkungan lain, salah satunya komponen geo fisik.

Keberadaan vegetasi di suatu lahan berfungsi untuk melindungi tanah di bawahnya dari air hujan dan sebagai resapan air. Apabila tutupan lahan berupa vegetasi hilang maka ketika hujan turun akan langsung mengenai tanah dan dapat menyebabkan limpasan permukaan serta mengikis tanah (erosi). Luo *et al.* (2020) dalam studinya menjelaskan vegetasi sebagai penutup lahan sangat berperan dalam terjadinya limpasan permukaan dan menyebabkan peningkatan sedimen yang terbawa oleh *runoff*. Peningkatan sedimen yang terbawa oleh air ini nantinya akan terakumulasi ke hilir sungai dan akan berdampak pada penurunan kualitas air. Kogo *et al.* (2020) juga menjelaskan bahwa perubahan tutupan lahan yang terjadi di Kenya menyebabkan terjadinya degradasi tanah akibat erosi. Erosi terjadi juga dipengaruhi oleh kemiringan lereng, tidak hanya hilangnya vegetasi, namun kemiringan lereng yang tinggi



apabila masih terdapat vegetasi akan sangat menghambat terjadinya erosi (Zhang *et al.*, 2019). Wilayah studi sendiri memiliki kemiringan lahan yang bisa disebut tinggi, oleh karena itu peran vegetasi sebagai tutupan lahan sangat diperlukan untuk menghambat terjadinya erosi.

Vegetasi juga berperan dalam komponen hidrologi. Vegetasi memiliki fungsi sebagai penyerap air, sehingga perubahan tutupan lahan akan berdampak pada pola penyerapan air di dalamnya. Air hujan yang jatuh pada lahan dengan vegetasi yang masih rapat akan tertahan oleh daun dan turun mengikuti batang pohon hingga permukaan, sehingga daya tumbuknya relatif rendah. Air tersebut kemudian akan terinfiltrasi ke dalam tanah melalui akar tanaman, sebagian yang masih ada di permukaan ada pula yang ditranspirasikan, serta sebagian lainnya mengalir secara lambat menuju sungai (David dkk., 2016). Perubahan tata guna lahan sendiri akan mempengaruhi hidrograf aliran, dimana semakin rapat vegetasi maka kecepatan limpasan air menjadi berkurang, dan tingkat infiltrasi secara tidak langsung juga berkurang. Sementara pada lahan dengan vegetasi yang masih rapat, kecepatan limpasan air menjadi berkurang, sehingga tingkat infiltrasi air juga semakin tinggi.

Gangguan terhadap vegetasi akibat suatu proyek juga dapat menyebabkan menurunnya keanekaragaman hayati karena kualitas tanah. Tanah yang tererosi lama kelamaan akan mengurangi daya tahan tanah karena bagian atas terus terkikis. Selain itu juga tanah yang berada di dekat suatu kegiatan yang menghasilkan limbah tentu akan berkurang kualitasnya. Kualitas tanah yang berkurang inilah yang akan mempengaruhi keanekaragaman vegetasi, dimana pada tanah dengan kualitas yang rendah mengakibatkan keanekaragaman biodiversitas vegetasinya juga akan sedikit, sebaliknya pada tanah dengan kualitas baik dan sehat maka akan mendukung vegetasi tumbuh dengan baik sehingga keanekaragamannya tinggi. Unanaonwi dan



Amonum (2017) dalam studinya menjelaskan bahwa komposisi vegetasi yang jauh dari pabrik semen (5 km) memiliki komposisi vegetasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang lebih dekat dengan pabrik. Kualitas tanah untuk tanah yang dekat dengan pabrik memiliki kualitas lebih rendah dibanding yang lokasinya lebih jauh dari pabrik. Kualitas tanah disini berkaitan dengan kandungan nutrisi dan zat hara di dalamnya dimana nutrisi dan zat hara tersebut sangat diperlukan oleh tumbuhan.

Tidak hanya pada komponen geofisik, gangguan vegetasi juga berdampak pada komponen biologi lainnya, yaitu gangguan satwa. Vegetasi di sekitar tapak proyek, selain hutan campur terdiri juga dari semak yang didominasi oleh tanaman seperti alang-alang dan pakis. Vegetasi tersebut merupakan makanan bagi rusa atau kijang, sementara kijang atau rusa merupakan makanan bagi macan tutul. Apabila gangguan vegetasi tidak dapat teratasi dengan baik, dapat mempengaruhi kehidupan satwa dan secara tidak langsung akan mengganggu keseimbangan rantai makanan di ekosistem tersebut. Namun, hal ini diperkirakan tidak sampai mengganggu rantai makanan dan populasi satwa, karena besarnya pembukaan lahan terbilang kecil dibandingkan dengan habitat satwa-satwa tersebut.

## **2) Gangguan satwa liar**

Keberadaan satwa dalam suatu wilayah dapat dijadikan sebagai indikator terhadap perubahan kondisi lingkungan yang ada. Hal ini dikarenakan berbagai jenis satwa akan memberikan tanggapan yang berbeda-beda terhadap perkembangan dan perubahan kondisi habitatnya. Respon tersebut dapat berupa kemampuan bertahan hidup dari satwa tersebut di habitatnya. Tidak semua satwa dapat bertahan hidup dengan baik terhadap perkembangan dan perubahan lingkungan yang ada. Bagi jenis satwa yang tidak dapat beradaptasi maka tidak menutup kemungkinan untuk satwa tersebut berpindah tempat



meninggalkan habitatnya, dan bahkan mati. Hal tersebut tentu akan mempengaruhi perubahan populasi dan keanekaragaman satwa.

Salah satu upaya untuk mendata satwa yang terdapat di taman hutan raya R. Soerjo adalah dengan menggunakan *camera trap*. Inventarisasi satwa sebelumnya telah dilakukan oleh Tim Survey Biologi dari kehutan Universitas Gadjah Mada (UGM) yang dilakukan dengan meletakkan beberapa *camera trap* di titik-titik tertentu. Hasil tangkapan *camera trap* menunjukkan keragaman jenis terutama mamalia berukuran sedang di wilayah studi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keanekaragaman satwa di kawasan barat wilayah studi memiliki variasi jenis perjumpaan satwa liar yang lebih tinggi dibanding dengan kawasan timur. Total ditemukan 21 spesies satwa liar dari 16 famili, dimana 6 diantaranya dilindungi menurut LHK P.106 Tahun 2018 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.20/MENLHK/Setjen/Kum.1/6/2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa Dilindungi, 3 spesies *Vulnerable* dan 1 Spesies *Near Threatened* menurut *IUCN Red List*. Adapun jenis spesies satwa liar yang ditemukan oleh *Camera Trap* dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

**Tabel 4. 20** Satwa tertangkap kamera trap

No	Spesies	Famili	Status Konservasi	
			IUCN	Permen 106 LHK
<b>Mamalia</b>				
1	Anjing domestik ( <i>Canis sp.</i> )	Canidae		
2	Kijang Muncak ( <i>Muntiacus muntjak</i> )	Cervidae	LC	dilindungi
3	Rusa timor ( <i>Rusa timorensis</i> )	Cervidae	VU	dilindungi



No	Spesies	Famili	Status Konservasi	
			IUCN	Permen 106 LHK
4	Kucing kuwuk ( <i>Prionailurus bengalensis</i> )	Felidae	LC	dilindungi
5	Musang Jawa ( <i>Herpestes javanicus</i> )	Herpestidae	LC	
6	Landak jawa ( <i>Hystrix javanica</i> )	Hystricidae	LC	dilindungi
7	Tikus ( <i>Rattus</i> sp.)	Muridae		
8	Tikus hutan ( <i>Maxomys surifer</i> )	Muridae	LC	
9	Biul ( <i>Melogale orientalis</i> )	Mustelidae	LC	
10	Musang leher kuning ( <i>Martes flavigula</i> )	Mustelidae	LC	
11	Bajing tanah garis tiga ( <i>Lariscus insignis</i> )	Sciuridae	LC	
12	Babi hutan ( <i>Sus scrofa</i> )	Suidae	LC	
13	Tupai kekes ( <i>Tupaia javanica</i> )	Tupaiaidae	LC	
14	Musang Luwak ( <i>Paradoxurus hermaphroditus</i> )	Viverridae	LC	
<b>Primata</b>				
15	Monyet ekor panjang ( <i>Macaca fascicularis</i> )	Cercopithecidae	VU	
16	Lutung budeng ( <i>Trachypithecus auratus</i> )	Cercopithecidae	VU	dilindungi
<b>Avifauna</b>				

No	Spesies	Famili	Status Konservasi	
			IUCN	Permen 106 LHK
17	Ayam hutan merah ( <i>Gallus gallus</i> )	Phasianidae	LC	
18	Puyuh gonggong jawa ( <i>Arborophila javanica</i> )	Phasianidae	LC	
19	Paok Pancawarna ( <i>Hydromis guajanus</i> )	Pittidae	LC	dilindungi
20	Cucak gunung ( <i>Pycnonotus bimaculatus</i> )	Pycnonotidae	NT	
21	Anis sisik ( <i>Zoothera dauma</i> )	Turdidae	LC	

Sumber : Laporan survey tim UGM

Berdasarkan hasil pemasangan *camera trap*, lokasi tapak proyek *wellpad* 3 menjadi stasiun pengamatan 5, dimana pada lokasi tersebut terdapat satwa liar berstatus dilindungi, *Least concern* (risiko rendah) dan *vulnerable* (rentan). Satwa tersebut adalah Kijang muncak (*Muntiacus muntjak*) (LC), tikus hutan (*Maxomys surifer*) (LC), babi hutan (*Sus scrofa*) (LC), monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) (VU), dan lutung budeng (*Trachypithecus auratus*) (VU). Oleh karena itu perlu menjadi perhatian untuk upaya mencegah punahnya satwa pada lokasi tersebut.

Satwa yang ada di dalam taman hutan raya R. Soerjo beragam, terdiri dari aves, mamalia, primata, dan avifauna. Satwa kategori burung banyak ditemui di dalamnya, salah satunya yang tergolong ke dalam burung risiko sedang yaitu elang jawa. Menurut IUCN *Redlist*, elang jawa berstatus konservasi *endangered* atau terancam, dan menurut Permen LHK Nomor 106 Tahun 2018 tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor



P.20/MENLHK/Setjen/Kum.1/6/2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa Dilindungi elang jawa juga termasuk ke dalam satwa yang dilindungi. Keberadaan elang jawa di dalam Taman Hutan Raya R. Soerjo ini berdasarkan penuturan dari polisi hutan tahura serta dokumentasi yang dimiliki oleh polisi hutan lainnya.

Berdasarkan karakteristik erupsi lereng gunung Welirang arah barat laut diperkirakan terbentuk banyak goa, dimana goa sendiri merupakan tempat yang ideal sebagai untuk bersarang dan berkembang biak bagi satwa liar seperti macan. Faktor lain yang membuat wilayah tersebut terdapat macan dan satwa yang beraneka ragam adalah karena sebelah barat laut hutanya masih rimbun dan terdapat air sepanjang tahunnya, sehingga berbagai satwa liar berkumpul di wilayah tersebut untuk menggunakan airnya. Wilayah yang merupakan habitat kritis macan berada di daerah rimbun dan terjal sebelah timur Jalan Cangar-Pacet mulai dari sebelah utara *Agrotechnopark* Universitas Brawijaya. Hal ini dikarenakan area tersebut merupakan daerah perlintasan macan dari tahura barat menuju ke arah timur.

Keberadaan macan di dalam taman hutan raya ini disimpulkan juga setelah ditemukanya jejak macan berupa bekas cakaran dan juga tulang rusa (dimakan oleh macan) (**Gambar 4.19**). Bekas cakaran tersebut ditemukan di antara *wellpad* 1 dan *wellpad* 4, sedangkan tulang rusa ditemukan di sekitar *wellpad* 1. Dari uraian tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pergerakan macan sampai dengan ketinggian dan daerah *wellpad* 1. Adapun macan yang diduga berada di wilayah tersebut adalah jenis macan tutul atau *Panthera pardus*.





(a)



(b)

**Gambar 4.19** Jejak macan (a) bekas cakaran macan (b) tulang rusa bekas dimakan macan

Sebelah lereng utara gunung Welirang mulai ketinggian 1500 m terdapat padang rumput seluas  $\pm$  261 ha yang merupakan habitat rusa dan kijang. Pada wilayah tersebut banyak ditemui rumput-rumputan yang didominasi oleh jenis padi-padian dan kolonjono (*Panicum repens*) yang sangat disukai rusa, sehingga tempat tersebut cocok sebagai tempat breeding rusa (**Gambar 4.20**). Di sekitar wilayah tersebut banyak ditemui jejak rusa, seperti jejak kaki, kotoran, bekas tandukan, dan tempat tidur satwa tersebut.



(a)



(b)

**Gambar 4.20** Habitat rusa (a) Padang rumput (b) bekas tandukan rusa

Pada area sekitar *wellpad* 1, banyak ditemui jejak rusa dan kijang, hal tersebut dibuktikan dengan ditemukannya kotoran, bekas tidur, dan juga bulu rusa (**Gambar 4.21**). Bulu rusa tersebut rontok karena badan yang digosokkan ke pohon-pohon. Jejak-jejak tersebut banyak ditemukan di sekitar *Wellpad* 4, antara *wellpad* 4 sampai *wellpad* 1, dan antara *wellpad* 4-*wellpad* 3-*wellpad* 2. Ketika ditemukan jejak-jejak rusa (*Cervus timorensis*) atau kijang (*Muntiacus muntjak*), maka di sekitar wilayah tersebut juga terdapat makhluk hidup lain yang secara rantai makanan berada di atas rusa atau kijang. Satwa yang berada di daerah tersebut menurut penuturan polisi hutan yang ikut mendampingi pada waktu survei adalah macan.



(a)

(b)



(c)

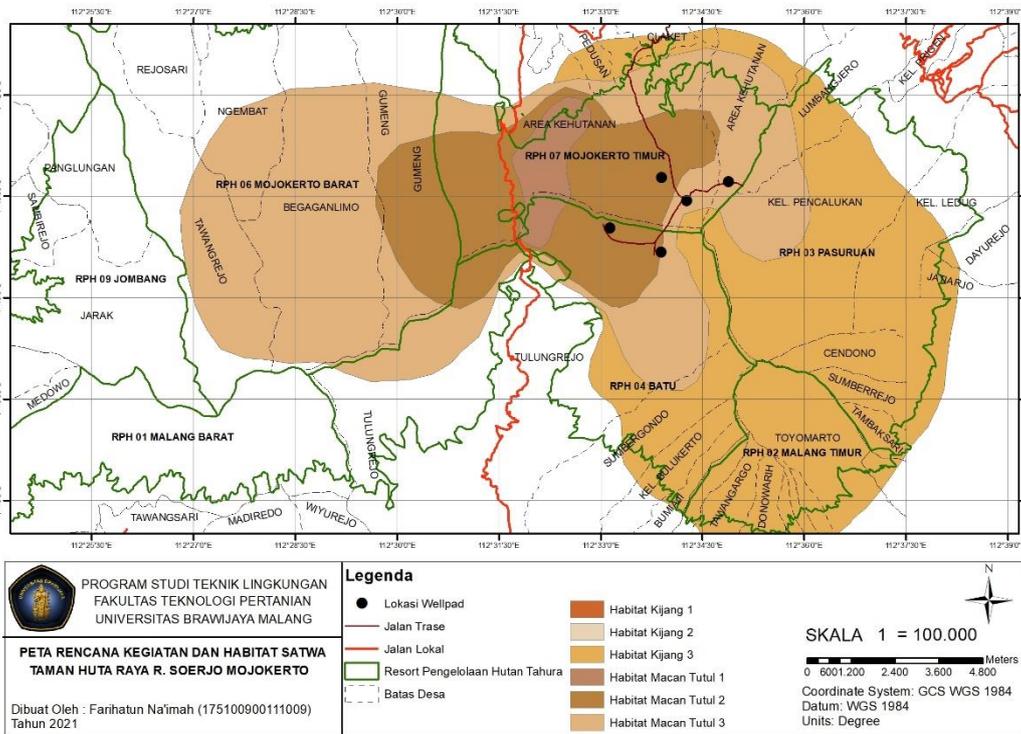
**Gambar 4.21** Jejak rusa (a) bulu rusa (b) kotoran rusa (c) bekas tempat tidur rusa

Berdasarkan jejak-jejak satwa tersebut dapat diperkirakan pergerakan habitat rusa, kijang dan macan sebagaimana pada **Gambar 4.22**. Pergerakan satwa tersebut dibagi ke dalam tiga kategori. Kategori 1 maksudnya adalah pergerakan yang paling sering, kategori 2 untuk pergerakan *moderate*/sedang, dan kategori 3 untuk pergerakan yang jarang.

Kategori 1 menunjukkan bahwa pada lokasi tersebut sering terdapat rusa/kijang, dimana pada area tersebut tempat mereka

untuk berkembang biak, tinggal dalam waktu lama, terdapat jenis rumput yang disukai dan tersedia air sepanjang tahun. Pada area tersebut merupakan area yang ideal untuk tinggal dan berkembang biak. Kategori 2 merupakan area untuk mencari makanan dan bertempat tinggal, tetapi kurang cocok untuk berkembang biak. Sedangkan kategori 3 merupakan area jelajah untuk mendapatkan makanan tetapi tidak tinggal dalam waktu lama dan tidak cocok untuk berkembang biak.

Berdasarkan **Gambar 4.22**, diketahui bahwa lokasi *wellpad* 1, 2, dan 4 berada pada wilayah dengan kategori 1 atau sering untuk habitat kijang dan rusa. Sementara *wellpad* 3 dan *wellpad* 5 berada di habitat kategori 2 atau *moderate*. Kemudian untuk habitat dan pergerakan macan, *wellpad* 2, 3 dan 4 berada pada wilayah habitat kategori 2 atau *moderate*, dan *wellpad* 1 serta *wellpad* 5 berada pada wilayah habitat kategori 3.



**Gambar 4.22** Peta pergerakan macan, rusa dan kijang

Secara biologi, adanya pembukaan lahan untuk suatu proyek (dalam hal ini eksplorasi panas bumi) akan mengganggu satwa yang ada di sekitar proyek tersebut. Dalam hal ini, berdasarkan hasil survey pendahuluan yang telah dilakukan oleh tim UGM menggunakan kamera trap, di *wellpad* 3 ditemukan beberapa satwa yaitu Kijang muncak (*Muntiacus muntjak*) (LC), tikus hutan (*Maxomys surifer*) (LC), babi hutan (*Sus scrofa*) (LC), monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*) (VU), dan lutung budeng (*Trachypithecus auratus*) (VU). Menurut IUCN *Red List*, terdapat 2 satwa dengan status konservasi sedang yaitu *vulnerable* (rentan). Adanya satwa dengan status konservasi rentan dan risiko kepunahan sedang di *wellpad* 3 ini menjadikan kegiatan proyek dan kegiatan konstruksinya akan berdampak cukup serius terhadap aktivitas kedua satwa tersebut. Satwa berbeda dengan vegetasi dalam artian satwa dinamis, bergerak, sedangkan vegetasi diam dan tidak berpindah tempat. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa keberadaan satwa tersebut tidak hanya di *wellpad* 3 saja, melainkan di sekitar *wellpad* 3 juga, sehingga diperkirakan pada rencana trase jalan antara *wellpad* 3 dengan *wellpad* 1 juga terdapat kedua satwa tersebut. Namun perlu diketahui bahwa monyet ekor panjang dan lutung budeng ini hidup di pohon, oleh karena itu untuk mengantisipasi gangguan terhadap satwa tersebut dengan mempertahankan pohon-pohon besar yang berdekatan sebagai jembatan sehingga mereka dapat berpindah tempat dan bergerak melalui jembatan tersebut.

Adapun untuk lokasi lain, tidak sempat ditemukan satwa selama kegiatan survey, tetapi sempat ditemukan jejak satwa. Pada *Wellpad* 1, rencana jalan antara *wellpad* 1 dan 2, rencana trase jalan antara *wellpad* 2 dan 4, *wellpad* 4, serta rencana trase jalan *wellpad* 4 hingga hutan campuran (padang savana alang-alang) ditemui jejak rusa dan kijang berupa kotoran, bekas tandukan, bekas tidur dan bulu yang menandakan bahwa di



wilayah tersebut terdapat kijang dan rusa. Jejak rusa dan kijang paling banyak ditemui di *wellpad* 1 dan sepanjang rencana trase jalan *wellpad* 1 dan *wellpad* 4. Hal tersebut menunjukkan bahwa pada di wilayah tersebut merupakan habitat rusa dan kijang. Kedua satwa tersebut menurut IUCN *Red List* tergolong ke dalam status konservasi *Least concern*, sehingga risiko kepunahanya rendah. Namun perlu diketahui pula bahwa di *wellpad* 1 dan rencana trase jalan antara *wellpad* 1 dan 4 juga ditemui tulang rusa atau kijang bekas dimakan satwa, dalam hal ini tentu konsumen tingkat 2 yaitu karnivora. Menurut penuturan salah satu polisi hutan yang mendampingi survey, satwa yang memakan rusa tersebut adalah macan, diduga macan jenis tutup atau *Panthera pardus*. Menurut IUCN *Red List*, macan tutul masuk ke dalam status konservasi *Vulnerable* (rentan) dengan tingkat populasi yang menurun, sehingga risiko kepunahanya tergolong sedang. Aktivitas proyek tentu akan sangat mengganggu aktivitas dan pergerakan satwa ini, namun karena lokasi *wellpad* dan rencana trase jalan bukan merupakan habitat kategori 1 untuk macan tutul (**Gambar 4.22**), maka dapat dikatakan bahwa aktivitas proyek berdampak cukup serius terhadap pergerakan macan tutul namun tidak sampai mengganggu perkembang biakan satwa tersebut. Hal ini disebabkan di lokasi *wellpad* dan rencana trase jalan jauh dari goa, dimana goa tersebut merupakan tempat tinggal dan berkembang biak macan.

Lokasi tapak proyek juga berpotensi mengganggu pergerakan satwa-satwa tersebut, terutama satwa liar macan dan kijang. Adanya pembangunan jalan akan memisahkan suatu habitat dan menghalangi pergerakan satwa dari satu habitat. Jalan tersebut akan mengganggu pergerakan satwa di dalamnya. Hilangnya vegetasi memiliki peran dampak yang cukup besar terhadap keberadaan satwa. Vegetasi yang hilang menyebabkan hilangnya ruang, pakan, tempat berlindung dan



aktivitas sosial satwa. Keberagaman vegetasi juga mempengaruhi jumlah satwa di dalamnya. Vegetasi sendiri merupakan makanan bagi satwa, sehingga ketika vegetasi berkurang maka makanan bagi para satwa juga berkurang. Apabila hal ini terjadi dalam jumlah besar maka akan mempengaruhi ekosistem dan rantai makanan di dalamnya. Vegetasi juga berfungsi sebagai tempat hinggap burung-burung, sehingga ketika vegetasi pohon-pohon banyak yang hilang maka akan mengganggu keberadaan burung-burung tersebut. Handayani (2015) dalam studinya menjelaskan bahwa adanya hubungan yang positif antara keanekaragaman jenis pohon dengan keanekaragaman jenis burung. Wilayah dengan keanekaragaman pohon yang tinggi memiliki keanekaragaman jenis burung yang tinggi juga, begitu pula sebaliknya. Perambahan hutan yang menyebabkan gangguan vegetasi juga menyebabkan menurunnya populasi, terganggunya kesehatan, migrasi, meningkatnya persaingan, perubahan perilaku, perubahan kebiasaan dan jenis makanan dan terganggunya reproduksi satwa liar (Hendra dan Abdullah, 2005). Namun dalam studi ini perubahan vegetasi tidak terlalu besar, sehingga dampak yang mengakibatkan terganggunya rantai makanan dan dampak lain terhadap satwa sangat kecil.

#### **4.5 Perumusan Upaya Mitigasi**

Mitigasi merupakan salah upaya yang dilakukan untuk mencegah dampak suatu kegiatan menjadi parah. Perumusan upaya mitigasi didasarkan pada hierarki mitigasi oleh CBSI. Adapun mitigasi yang dapat diusulkan untuk dampak gangguan vegetasi dan satwa liar adalah sebagai berikut.

##### **1) Avoidance**

*Avoidance* merupakan upaya untuk menghindari terjadinya dampak. Upaya ini merupakan langkah pertama dalam perumusan upaya mitigasi menurut CBSI. Upaya untuk



menghindari terjadinya dampak secara umum digolongkan menjadi tiga jenis, yaitu pemilihan lokasi, desain proyek, dan penjadwalan.

Upaya menghindari terjadinya dampak melalui pemilihan lokasi bisa dilakukan dengan memindahkan lokasi dari suatu proyek atau komponen yang jauh dari lokasi lindung. Penghindaran dampak melalui desain proyek bisa dilakukan dengan mempertimbangkan pemilihan jenis infrastruktur dan penempatannya atau mempertimbangkan apakah akan menggunakan infrastruktur permanen atau sementara. Sementara upaya penghindaran dampak melalui penjadwalan kegiatan misalnya dengan memahami dan mempertimbangkan pola musiman dan harian dari perilaku spesies dan fungsi ekosistem. Biasanya suatu spesies memiliki musim untuk berkembang biak, migrasi atau tinggal untuk mencari makanan atau sumber air.

*Avoidance* dengan mengganti lokasi eksplorasi tidak mungkin dilakukan karena kegiatan eksplorasi hanya dapat dilakukan pada wilayah yang memiliki potensi panas bumi, dalam studi ini WKP Arjuno Welirang memiliki potensi yang sangat besar. Lokasi yang digunakan sendiri masih terbilang aman, karena mayoritas *wellpad* direncanakan pada wilayah dengan tutupan lahan semak yang tidak banyak vegetasi berupa pohon besar. Pembukaan jalan juga hanya dilakukan di dalam taman hutan raya, setelah keluar dari taman hutan raya R. Soerjo menggunakan jalan eksisting. Usaha lain yang bisa dilakukan sebagai salah satu upaya *avoidance* adalah menggunakan infrastruktur yang sifatnya sementara atau tidak permanen. Hal tersebut kurang bisa diterapkan untuk jalan karena jalan yang dibangun harus kuat karena akan dilalui oleh kendaraan-kendaraan berat, sehingga kekuatan jalan harus diperhatikan untuk *safety* pengguna jalan nantinya.



Upaya menghindari dampak lain adalah dengan memastikan sistem drainase jauh dari kawasan habitat air dengan keanekaragaman tinggi. Hal ini dikarenakan hilangnya vegetasi tentu akan meningkatkan limpasan permukaan dan membawa sedimen, oleh karena itu penting untuk memperhatikan sistem drainase. Untuk menghindari terjadinya kerusakan habitat, sebaiknya lokasi berada di tempat yang sudah ada atau habitat yang sudah terganggu supaya tidak merusak habitat lain.

## 2) *Minimization*

Usaha kedua adalah *minimization*. *Minimization* sendiri merupakan suatu upaya mitigasi dengan mengurangi durasi, intensitas, signifikansi dampak khusus yang tidak bisa sepenuhnya dihindari. Jenis-jenis upaya mitigasi dengan meminimalisasi dampak dapat dilakukan dengan *physical controls*, *operational controls*, dan *abatment controls*.

Upaya minimisasi secara *physical controls* bisa dilakukan dengan mengadaptasi desain fisik infrastruktur proyek untuk mengurangi potensi terjadinya dampak. *Operational controls* merupak upaya pengelolaan dengan mengatur tindakan orang-orang yang berkaitan dengan proyek (staf, konstraktor atau masyarakat terkena dampak). Sementara *abatement controls* merupakan upaya minimisasi dengan mengambil langkah-langkah untuk mengurangi tingkat polutan yang berdampak negatif pada biodiversitas.

Berdasarkan uraian di atas, untuk meminimalisir dampak terjadi harus dipastikan bahwa besarnya lahan yang akan berkurang yaitu kurang lebih 10,9 ha, tidak lebih dari total luasan lahan tersebut. Dengan memastikan pengurangan lahan yang tidak lebih dari rencana maka dampak yang terjadi bisa diminimalisir. Selain itu dalam usaha pembetonan dipastikan juga sesuai lokasi yang benar-benar membutuhkan seperti jalan



(karena akan dilewati oleh kendaraan-kendaraan berat kedepannya), hindari pembetonan secara luas di lokasi.

Pengendalian fisik bisa dilakukan dengan penanaman kembali lereng dengan spesies asli untuk menstabilkan lereng kembali dan menghindari terjadinya erosi. Sebelum kawasan Cemoro Kandang terdapat Sungai yang debit airnya cukup besar, yaitu Sungai Curah Deker. Pembangunan jalan yang menyebrangi sungai harus menggunakan pemilihan metode yang paling tepat. Upaya lainnya adalah dengan memberikan pembatas antara komponen infrastruktur dengan habitat spesies di sekitar. Pembatas ini berupa pohon yang berdekatan dengan rencana jalan yang berada di hutan campur. Pohon-pohon besar diusahakan tetap ada di pinggir rencana jalan, terutama ketika ada dua pohon yang saling terhubung dahanya. Keberadaan pohon tersebut adalah sebagai jembatan bagi satwa untuk berpindah tempat karena adanya jalan yang memisahkan habitat dan membentuk koridor baru. Sementara pada tutupan lahan yang berupa dominasi oleh semak atau rumput upaya yang bisa dilakukan untuk tidak membatasi pergerakan satwa adalah dengan tidak memagari rencana jalan. Hal ini bertujuan agar satwa bisa tetap melintasi jalan yang merupakan habitatnya.

Jalan yang tidak dipagari agar satwa tetap dapat melintas akan sedikit berisiko dengan terjadinya kecelakaan satwa. Oleh karena itu perlu dilakukan pengendalian secara operasional. Pengendalian operasional yang bisa dilakukan dalam kegiatan ini yaitu menerapkan peraturan bagi pengemudi kendaraan untuk menjaga batas kecepatan supaya ketika ada satwa yang melintas tetap aman. Selain itu bisa dilakukan juga pemberian papan rambu satwa apa saja yang mungkin melintasi jalan tersebut, terutama pada *critical habitat* kijang-rusa dan macan, sehingga pengemudi dapat berhati-hati dan tidak terkejut ketika ada satwa-satwa tersebut melintas.



Selain itu hasil vegetasi dari pembukaan lahan tidak dibakar dengan tujuan menghindari emisi udara dan mengurangi risiko terjadinya kebakaran. Pembukaan lahan juga dapat menyebabkan peningkatan perburuan liar. Untuk meminimalisir hal tersebut maka perlu adanya peningkatan penjagaan di sekitar proyek untuk membatasi siapa saja yang diperbolehkan masuk dan melindungi dan mempertahankan biodiversitas yang ada. Perizinan akses transportasi ke lokasi proyek hanya diperuntukkan untuk karyawan atau berwenang. Pengendalian lain yang bisa dilakukan adalah dengan melangsungkan kegiatan konstruksi secara bertahap. Kegiatan konstruksi merupakan kegiatan yang berdampak paling besar selama kegiatan eksplorasi panas bumi di WKP Arjuno Welirang, oleh karena itu untuk meminimalkan durasi dan intensitas dampak selama kegiatan konstruksi, kegiatan konstruksi dilakukan secara bertahap per bagian. Misalnya, konstruksi *wellpad* dilakukan secara bergantian (*wellpad* 1 terlebih dahulu, setelah selesai dilanjutkan dengan *wellpad* 2, dan seterusnya), konstruksi jalan akses dilakukan per bagian (konstruksi jalan akses dari/menju *wellpad* 1-2, jalan akses dari/menju *wellpad* 2-3, dan seterusnya). Dengan demikian, dampak yang ditimbulkan tidak langsung dalam intensitas besar, melainkan lebih kecil karena luasan wilayahnya juga lebih kecil dibandingkan luas wilayah studi secara keseluruhan. Hal ini tentunya akan berbeda apabila kegiatan konstruksi dilakukan secara bersamaan sehingga intensitas dampaknya lebih besar.

*Abatement controls* yang bisa dilakukan untuk meminimasi dampak terhadap biodiversitas adalah dengan mengurangi limbah yang dihasilkan pada saat konstruksi maupun operasi, baik berupa limbah padat maupun limbah udara. Hal ini dikarenakan keberadaan limbah secara tidak langsung dapat mempengaruhi keberadaan satwa maupun tumbuhan. Keberlangsungan tumbuhan sangat dipengaruhi oleh kondisi



lingkungan tanah, cahaya, dan udara. Apabila kondisi lingkungan tidak lagi sehat tentu akan berpengaruh terhadap kelangusgan hidup vegetasi, dan pada akhirnya akan berdampak juga terhadap satwa.

### **3) Restoration**

Restorasi dalam konteks hierarki mitigasi didefinisikan sebagai tindakan yang diambil untuk memperbaiki degradasi atau kerusakan keanekaragaman hayati dan jasa ekosistem tertentu setelah dampak proyek yang tidak dapat sepenuhnya dihindari atau diminimalkan. Contoh dari upaya restorasi adalah reklamasi lahan pada pertambangan setelah proyek selesai atau berhenti beroperasi. Proses restorasi ini juga disesuaikan dengan seberapa rusaknya lahan.

Restorasi pada suatu lahan memerlukan kajian tersendiri. Dalam praktiknya memerlukan beberapa tahapan untuk memperoleh keputusan restorasi. Pertama adalah analisis kendala yang bertujuan untuk menetapkan tujuan yang realistis. Proses restorasi tentunya harus sesuai dengan kendala yang ada, oleh karena itu harus dilakukan kajian terlebih dahulu. Kedua adalah pengelolaan menggunakan ambang batas. Ambang batas ekologi dapat dianggap sebagai hambatan untuk regenerasi alami dan alam biasanya dapat memulihkan dirinya sendiri. Pengelolaan ini bisa melibatkan dinas terkait setempat. Ketiga adalah menilai yaitu mengevaluasi kriteria kinerja dan keberhasilan.

Upaya restorasi yang bisa dilakukan pada dampak yang diakibatkan kegiatan eksplorasi panas bumi adalah dengan revegetasi lahan setelah dilaksanakan kegiatan. Dampak utama yang paling terlihat akibat kegiatan ini adalah berkurangnya vegetasi di sekitar proyek, dimana berkurangnya vegetasi ini akan berpengaruh ke komponen lain seperti satwa, hidrologi, dan lanskap. Oleh karena itu upaya restorasi yang perlu dilakukan

adalah dengan melakukan revegetasi di lokasi terdampak. Namun untuk mengembalikannya seperti semula tentu memerlukan waktu yang tidak sebentar.

#### 4) **Offset**

*Offset* didefinisikan sebagai hasil konservasi terukur yang dihasilkan dari tindakan yang diterapkan pada area yang tidak terkena dampak proyek, yang mengkompensasi dampak negatif signifikan yang tidak dapat dihindari, diminimalkan dan/atau dipulihkan. *Offset* atau ganti rugi sendiri terdapat dua jenis, yaitu ganti rugi restorasi dan ganti rugi perlindungan atau kerugian yang dihindari. *Restoration offset* dirancang untuk memulihkan kerusakan keanekaragaman hayati di masa lalu yang tidak berkaitan dengan proyek dengan melakukan intervensi pengelolaan konservasi yang positif, seperti rehabilitasi atau peningkatan komponen keanekaragaman hayati. Sementara *'Protection' or 'averted loss' offsets* dirancang untuk melindungi keanekaragaman hayati di suatu wilayah yang terbukti berada di bawah ancaman kerugian yang akan segera terjadi atau diproyeksikan. Proses *offset* cukup panjang, terdapat beberapa tahapan untuk menentukan bagaimana ganti rugi yang diperlukan. Tahapan dan *output* dari upaya *offsets* sebagai upaya mitigasi dapat dilihat pada **Gambar 4.23**.

	Kegiatan	Output
<b>Fase 1 : Kontekstualisasi Offset</b>	<b>Pelingkupan offset</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengukuran dampak sisa pada keanekaragaman hayati terukur</li> <li>• Pelingkupan lokasi <i>offset</i> potensial yang ada di wilayah tersebut</li> <li>• Penilaian strategi implementasi <i>offset</i> potensial</li> </ul>	Daftar lokasi <i>offset</i> potensial
<b>Fase 2 : Strategi offset</b>	<b>Seleksi offset</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokasi <i>offset</i> potensial diseleksi berdasarkan kriteria ekologi, teknis, politik dan sosial</li> </ul>	Kumpulan calon lokasi
<b>Fase 3 : Perencanaan desain dan manajemen offset</b>	<b>Kelayakan dan desain offset</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Studi kelayakan untuk kandidat lokasi <i>offset</i></li> <li>• Perhitungan jasa ekosistem dan biodiversitas pada lokasi terpilih</li> </ul>	Lokasi <i>offset</i>
	<b>Rencana manajemen offset</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aksi manajemen</li> <li>• Membangun kerjasama, struktur tata kelola</li> <li>• Pembiayaan yang berlanjut</li> </ul>	Rencana manajemen dan monitoring <i>offset</i> Struktur tata kelola
<b>Fase 4 : Implementasi offset</b>	<b>Implementasi offset</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pelaksanaan tindakan konservasi</li> <li>• Pemantauan dan evaluasi</li> <li>• Manajemen adaptif</li> </ul>	Menunjukkan progres untuk mencapai tujuan <i>offset</i>

Keterlibatan pemangku kepentingan secara berkelanjutan : partisipasi, validasi, implementasi

**Gambar 4.23** Ringkasan tahapan *offset*

Sumber : CBSI, 2013

Ganti rugi akibat dampak suatu kegiatan biasanya berupa ganti rugi dengan membuat habitat yang serupa. Proses ini memerlukan proses yang melibatkan banyak ahli, terutama ahli biologi. Proses *offset* sendiri memerlukan kajian lebih dari para ahli biologi untuk menentukan lokasi dan juga implementasinya.

Salah satu contoh bentuk ganti rugi yang bisa dilakukan adalah dengan mengganti habitat apabila habitat asli rusak sehingga tidak dapat dihuni. Namun pembukaan lahan yang dapat dikatakan kecil (0,031 % dari wilayah studi yaitu taman hutan raya) sehingga kemungkinan rusaknya habitat sangat kecil. Namun meskipun habitat asli tidak rusak, terganggunya habitat asli mungkin terjadi. Habitat yang biasanya tidak ada aktivitas manusia kemudian ramai oleh manusia tentu akan mengganggu

habitat dan kehidupan di dalamnya. Berdasarkan berbagai uraian ini, upaya rumusan mitigasi untuk masing-masing tahapan secara ringkas sebagaimana tersaji dalam **Tabel 4.21**.



**Tabel 4. 21** Ringkasan upaya mitigasi

<i>Avoidance</i>	<i>Minimization</i>	<i>Restoration</i>	<i>Offsets</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menggunakan infrastruktur yang sudah ada, seperti jalan yang sudah ada</li> <li>• Memilih lokasi yang berada pada habitat yang sudah rusak supaya tidak muncul habitat rusak yang baru</li> <li>• Memastikan sistem drainase berada jauh dari habitat air dengan biodiversitas tinggi</li> <li>• Kegiatan dilakukan pada musim kemarau, dimana pada musim ini satwa cenderung berkumpul di bagian Barat karena sumber air</li> </ul>	<p><u><i>Physic controls</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memastikan pembukaan lahan tidak lebih dari 10,9 ha</li> <li>• Kegiatan pembetonan harus pada lokasi yang benar-benar membutuhkan, usahakan tidak terjadi pembetonan secara luas</li> <li>• Penamanan kembali pada lereng untuk menstabilkan lereng</li> <li>• Pemilihan metode pembukaan lahan yang paling tepat pada penyebrangan sungai</li> <li>• Memepertahankan tegakan yang saling berdekatan sebagai jembatan satwa</li> </ul> <p><u><i>Operational controls</i></u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peraturan untuk batas kecepatan dalam menggunakan kendaraan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Revegetasi lahan dengan menanam vegetasi serupa yang hilang akibat pembukaan lahan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengganti habitat (memerlukan kajian lebih lanjut dari ahli biologi)</li> </ul>



**Avoidance**

**Minimization**

**Restoration**

**Offsets**

yang cukup di sebelah barat.

- Memasang rambu satwa apa saja yang mungkin melintasi jalan tersebut (pada *critical habitat* utamanya)
- Tidak membakar vegetasi hasil pembukaan lahan (limbah)
- Meningkatkan penjagaan untuk membatasi orang yang keluar masuk proyek

- Menjadwalkan kegiatan konstruksi secara bertahap per *wellpad*/jalan akses

Abatement controls

- Mengurangi limbah pada kegiatan konstruksi dan operasi untuk mengurangi dampaknya terhadap vegetasi dan satwa



**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan analisis menggunakan metode SLIA, aspek area permukaan mendapat skor 1 dengan perubahan dampak sebesar 113.838,47 m<sup>2</sup>. Aspek reduksi kawasan penting memperoleh skor 1 dengan perubahan sebesar 0,1 km<sup>2</sup>, aspek fragmentasi 1 dengan terbentuknya *patch* sebanyak 5, dan konflik konservasi dengan skor 20 karena 84% lokasi proyek berada di dalam kawasan lindung. Dari hasil tersebut maka diperoleh bahwa rata-rata skor dari 4 aspek tersebut yaitu 5,75 dan tergolong ke dalam kelas 3 dengan deskripsi berdampak rendah terhadap komponen bentang lahan.
2. Dampak yang ditimbulkan pada masing-masing tahapan kegiatan berbeda-beda bergantung pada komponen lingkungannya. Untuk komponen ekologi, dampak yang ditimbulkan akibat kegiatan eksplorasi ini adalah gangguan vegetasi dan gangguan satwa liar. Meskipun demikian, dampak yang ditimbulkan tidak terlalu besar mengingat tidak adanya satwa dan vegetasi berstatus konservasi tinggi di area tapak proyek.
3. Upaya mitigasi yang diusulkan untuk mengurangi dampak tersebut adalah memastikan pembukaan lahan dan kegiatan pembebasan sesuai dengan rencana serta memanfaatkan infrastruktur yang sudah ada; mempertahankan pohon besar yang saling berhubungan sebagai jembatan satwa; membatasi akses keluar masuk proyek; membatasi kecepatan kendaraan di dalam taman hutan raya; revegetasi lahan dengan menggunakan vegetasi yang hilang (restorasi); membuatkan habitat baru di dekat habitat yang lama (*offset*). Untuk restorasi dan

offset memerlukan kajian lebih lanjut dari yang ahli di bidangnya.

## 5.2 Saran

Penelitian ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan dan perlu perbaikan untuk kedepannya. Secara teoritis, hal yang menjadi kelemahan dalam studi ini yaitu mengenai pembobotan skoring dan pemberian deskripsi dampak. Kedepannya diharapkan terdapat pembaruan mengenai pembobotan skoring dan algoritma pembobotan secara rinci supaya sesuai dengan kondisi wilayah studi masing-masing untuk meningkatkan akurasi dan kualitas hasil penelitian. Namun meskipun demikian besarnya perubahan pada masing-masing aspek dapat dijadikan acuan dan menjadi pertimbangan terhadap adanya rencana eksplorasi dan upaya mitigasi untuk mengurangi risiko dampak.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adil, Ahmad. 2017. Sistem Informasi Geografis. Yogyakarta : Andi
- Basid, A., Andriani, N., Anfiyaningsih, S. 2014. Pendugaan Reservoir Sistem Panas Bumi dengan Menggunakan Survey Geolistrik, Resistivitas dan *Self Potensial* (Studi Kasus : Daerah Manifestasi Panas Bumi di Desa Lombang, Kecamatan Batang-Batang, Sumenep). *Jurnal Neutrino* 7 (1) : 57-70
- Bastarina, Annisa Destavia. 2008. Studi Korosi pada *Weldment Area* dan *Base Metal* di Lingkungan Geothermal. Skripsi. Universitas Indonesia
- Budiman, Edy. 2016. Analisis Spasial Data Jaringan Internet Service Provider di Kecamatan Sungai Pinang Kota Samarinda Berbasis Mobile. *ILKOM Jurnal Ilmiah* 8 (1) : 1-8
- Cross Sector Biodiversity Initiative. 2013. A Cross-sector Guide for Implementing the Mitigation Hierarchy
- David, M., Fauzi, M., Sandhyavitri, A. 2016. Analisis Laju Infiltrasi Pada Tutupan Lahan Perkebunan dan Hutan Tanam Industri (HTI) di Daerah Aliran Sungai (DAS) Siak. *Jom FTEKNIK* 3 (2) : 1-12
- Derya Gulcin dan K Tuluhan Yilmaz. 2017. The Assessment of Landscape Fragmentation in an Agricultural Environment Degradation or Contribution to Ecosystem Service. *Fresenius Environmental Bulletin* 26 (12A) : 7941-7960
- Direktorat Panas Bumi. 2017. Potensi Panas Bumi Indonesia Jilid 1. Jakarta : Direktorat Panas Bumi
- Dudley, Nigel. 2008. Guidelines for Applying Protected Area Management Categories. Gland, Switzerland: IUCN



Fandeli, Chafid. 2012. *Bisnis Konservasi: Pendekatan Baru Dalam Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup*. Yogyakarta : UGM Press

Firmansyah, Deden Syarifuddin dan Rohjan, Jajan. 2019. *The Risk Assessment of Multi Hazard Area : a Case of Mitigation Consider in Spatial Planning Bukittinggi City*. Indonesian Journal of Geography 51 (3) : 304-323

Ghozali. 2011. *Struktur Komunitas Tumbuhan Bawah dan Jenis-Jenis yang Berpotensi Sebagai Tanaman Obat di Taman Hutan Raya (Tahura) R. Soerjo Cangar Kabupaten Malang*. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Gizawi, A., Su R, Eko H. 2017. *Kajian Ekologi Bentang lahan dan Persepsi Masyarakat terhadap Rencana Eksplorasi Panas Bumi*. Majalah Geografi Indonesia 31 (1) : 1-11

Griffith, J.A., Trettin, CC., Neill, RVO. 2002. *A Landscape Ecology Approach to Assessing Development Impact in the Tropics: A Geothermal Energy Example in Hawaii*. Singapore Journal of Tropical Geography 23 (1) : 1-22

Gunawan, Arif dan Khadiyanti, Parfi. 2012. *Kajian Aspek Bentuk Lahan dan Geologi Berdasarkan Mikrotremor dalam Perencanaan Ruang Kawasan Rawan Gempa di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta (Studi Kasus: Kecamatan Bantul, Jetis, Imogiri, dan Kretek)*. Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota 8 (2) : 178-190

Gunawan, Hendra dan Prasetyo, Lilik Budi. 2013. *Fragmentasi Hutan : Teori yang Mendasari Penataan Ruang Hutan Menuju Pembangunan Berkelanjutan*. Bogor : Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutan Kementerian Kehutanan

Hadda, N., Brudvig, L., Clobert, J., Davies, K., Gonzales, A., Holt, R., Loverjoy, T., Sexton, J., Austin, M., Collins, C., Cook,



W., Damschen, E., Ewers, R., Foster, B., Jenkins, C., King, A., Laurance, W., Levey, D., Margules, C., Melbourne, B., Nicholls, A., Orrock, J., Song, D., Townshend, J. 2015. Habitat Fragmentation and Its Lasting Impact on Earth's Ecosystems. *Science Advance* 1 (2) : 1-9

Hadimuljono, M Basuki., Kurniawan, P., dan Rahardjo, W. 2019. *Geothermal Economics Handbook in Indonesia-Peluang dan Tantangan*. Yogyakarta : Andi

Hamidi. 2011. Aplikasi Sistem Informasi Geografis Berbasis Web Penyebaran Dana Bantuan Operasional Sekolah. *Jurnal masyarakat informatika* 2 (3) : 1-14

Handayani, Agnisaa Dwi. 2015. Analisis Hubungan Keragaman Pohon Dengan Jumlah Jenis Burung di Ruang Terbuka Hijau Taman Monas, Jakarta. Skripsi. Departemen Arsitektur Lanskap Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor

Hay, A. 2014. *Brugmansia suaveolens*. The IUCN *Red List of Threatened Species* 2014

Hendra Gunawan dan Abdullah Syarief Mukhtar. 2005. Pengaruh Perambahan Terhadap Vegetasi dan Satwa Liar di Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai Provinsi Sulawesi Tenggara. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 31 (5) :449-459

Hilman, Gilang Yudhistira. 2014. Pemetaan Daerah Rawan Kriminalitas di Wilayah Hukum Poltabes Semarang tahun 2013 dengan menggunakan Metode Clustering. Tugas Akhir Fakultas Teknik (Teknik Geodesi) Universitas Diponegoro Semarang

International Union for Conservation of Nature (IUCN). 2021. The IUCN *Red List of Threatened Species* Version 2021-1. <https://www.iucnredlist.org/>. Tanggal akses 17 Agustus 2021



Isa, Muhammad. 2018. Eksplorasi Energi Panas Bumi. Syiah Kuala University Pres

Ishlah, Teuku. 2007. Pengawasan Eksplorasi Panas Bumi Dalam Rangka Penyiapan 9.500 MW Energi Listrik pada Tahun 2025. Buletin Sumber Daya Geologi 2 (3) : 31-41

Jayani, Dwi Hadya. 2019. Jumlah Penduduk Dunia pada 2019 Capai 7,7 Miliar Jiwa. <https://databoks.katadata.co.id/>. Tanggal akses 7 November 2020

Keenleyside, K.A., N. Dudley, S. Cairns, C.M. Hall, and S. Stolton 2012. Ecological Restoration for Protected Areas: Principles, Guidelines and Best Practices. Gland, Switzerland: IUCN

Kementrian ESDM. 2020. Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2019. Jakarta : Sekretariat Jendral Ketenagalistrikan

Kogo, B., Kumar, L., Koech, R. 2020. Impact of Land Use/Cover Changes on Soil Erosion in Western Kenya. Sustainability 12,9740 : 1-17

Kusrini, E., Sugito, E., Rahman, Z M., Setiawan T N., dan Hasibuan R P. 2020. Mitigation on Product Distribution and Delay Delivery : Studi in an Indonesia Manufacturing Company. IOP Conf. Series : Materials Science and Engineering 722 012015

Laporan Akhir Desain Pekerjaan Sipil dan Infrastruktur dan Studi Kebencanaan, Khususnya Lokasi Pengeboran *Wellpad*AWE01 sampai AWE05 Eksplorasi Area Arjuno Welirang. Tim Unit Usaha dan Kerjasama Badan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Fakultas Teknik UB

Laporan Akhir Kajian UKL UPL dan Isu Konservasi Lingkungan WKP Arjuno Welirang. Tim FMIPA UB

Laporan Hasil Survey Potensi Kajian Pemanfaatan Panas Bumi dan Arahan Penataan Blok Taman Hutan Raya R. Soerjo. Tim Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada (UGM)



Luo, J., Zhou, X., Rubinato, M., Li, G., Tian, Y., Zhou, J. 2020. Impact of Multiple Vegetation Covers on Surface Runoff and Sediment Yield in the Small Basin of Nverzhai, Hunan Province, China. *Sustainability* 11,329 : 1-18

Mary, Regina T., Armawi, A., Hadna, A., Pitoyo, A. 2017. Panas Bumi Sebagai Harta Karun untuk Menuju Ketahanan Energi. *Jurnal Ketahanan Nasional* 23 (2) : 217-237

Mukmin, S.A., Wijaya, A.P., dan Sukmono, Abdi. 2016. Analisis Pengaruh Perubahan Tutupan Lahan Terhadap Distribusi Permukaan dan Keterkaitannya dengan Fenomena Urban Heat Island. *Jurnal Geodesi Undip* 5 (1) : 224-233

Mullu, Dagnachew. 2016. A Review on the Effect of Habitat Fragmentation on Ecosystem. *Journal of Natural Science Research* 6 (15) : 1-15

Nafitri, Fira. 2010. Studi Pengaruh Pembangunan PLTP Baturaden 220 Mw di Gunung Slamet Terhadap Tarif Listrik Regional Jawa Tengah. Skripsi. Teknik elektro ITS

Ningsih, Dewi H.U., Soelistijadi, R., dan Sunardi. 2005. Pemanfaatan Analisis Spasial untuk Pengolahan Data Spasial Sistem Informasi Geografi. *Jurnal Teknologi Informasi IDNAMIK* 10 (2) : 108-116

Nirwansyah, Anang Widhi. 2016. Dasar Sistem Informasi Geografi dan Aplikasi menggunakan arcgis 9.3. Yogyakarta : Deepublish

Noor, Djauhari. 2014. Pengantar Mitigasi Bencana Geologi. Yogyakarta : Deepublish

Nurry, Aninda dan Anjasmara, Ira Mutiara. 2014. Kajian Perubahan Tutupan Lahan Daerah Aliran Sungai Brantas Bagian Hilir Menggunakan Citra Satelit Multi Temporal (Studi Kasus : Kali Porong, Kabupaten Sdoarjo). *Geodi* 10 (1) : 70-74

Otsman, David. 2015. A New Approach for Assessing Landscape Impacts of Geothermal Power Plants. Reykjavik : Faculty of



Life and Environmental Science School of Engineering and Natural Science University of Iceland

Paramastuti, Dini dan Chofyan, Ivan. 2013. Penataan Zona Taman hutan Raya Gunung Kunci di Kawasan Perkotaan Sumedang. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota* 13 (1) : 1-10

Prahasta, E. 2000. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Penerbit Informatika, Bandung

Schlaepfer, D., Braschler, B., Rusterholz, H., Baur, B. 2018. Genetic Effect of Anthropogenic Habitat Fragmentation on Remnant Animal and Plant Population : a Meta-Analysis. *Ecosphere* 9 (10) : 1-17

Semedi, JM., Willemen, L., Nurlambang, T., Meer. FVD., Koestoer, RH. 2017. Developing a Framework for Assessing the Impact of Geothermal Development Phases on Ecosystem Services. 6th ITB International Geothermal Workshop. IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science 103

Siahaan, N.H.T., Sinaga Herman., Yati Sumiharti. 2004. *Hukum Lingkungan dan ekologi pembangunan*. Jakarta : Erlangga (hal 15)

Siombing, Benteng H. 2012. Analisis Perubahan Tutupan Lahan Areal Konsesi Tambang PT Kaltim Prima Coal. *Agrifor* 11 (2) : 83-89

Soeprbowati, Tri Retnaningsih. 2011. Ekologi bentang lahan. *BIOMA* 13 (2) : 46-53

Soltani, M., Kashkoolo, FM., Sour, M., Rafiei, B., Jabarifat, M., Gharali, K., Nathwani, JS. 2021. Environmental, Economic, and Social Impacts of Geothermal Energy Systems. *Renewable and Sustainable Energy Review* 140 : 1-35

Sukandarrumidi., Kotta, H.Z., dan Wintolo, Djoko. 2018. *Energi Terbarukan Konsep Dasar Menuju Kemandirian Energi*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press



Sukarna, Raden MAS. Kajian Bentang Lahan Ekologi Floristik Hutan Rawa Gambut Berbasis Citra Pengindraan Jauh di Sub DAS Sebangau Provinsi Kalimantan Tengah. *jurnal hutan tropis* 2 (1) : 52-59

Sunarti, Vevi. 2014. Peranan Pendidikan Luar Sekolah dalam Rangka Mitigasi Bencana. *Spektrum PLS* 11 (2) : 31-32

Suprajaka. 2012. Indeks Fragmentasi Spasial dan Dampak Terhadap Ekosistem Lahan Basah di Surabaya dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmiah Geomatika* 18 (1) : 42-55

Syam, Prima Dinta Rahma. 2018. Kajian Ekologi Bentanglahan Terhadap Wilayah Usaha Pertambangan Karst di Kabupaten Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta dalam Persepektif Kebencanaan dan Tata Ruang. Skripsi. Fakultas Geografi Unviersitas Muhammadiyah Surakarta

Thorhallsdottir, Thora Ellen. 2007. Environment and Energy in Iceland : A Comparative Analysis of Values and Impacts. *Environment Impact Assessment Review* 27 : 522-544

Unanaonwi OE dan Amonum Ji. 2017. Effect of Mining Activities on Vegetation Composition and nutrient status of Forest Soil in Benue Cement Company, Benue State, Nigeria. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)* 2 (1) : 297-305

Wahana Komputer. 2015. *Pemodelan SIG untuk mitigasi bencana*. Jakarta : Elex Media Komputindo

Wicaksono, R D dan Pangestuti, Edriana. 2019. Analisis Mitigasi Bencana Dalam Meminimalisir Risiko Bencana (Studi pada Kampung Wisata Jodipan Kota Malang). *Jurnal Administrasi Bisnis* 71 (1) : 8-18

Widiarti, Ayu. 2018. Kekayaan Jenis Tumbuhan Berhabitus Semak di Kawasan Taman Hutan Raya Raden Soerjo Serta Pemanfaatan Sebagai Booklet. Skripsi. Pendidikan Biologi Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember



Widiyanto, Hendro. 2015. Kajian Sensitifitas Kawasan Taman Hutan Raya (TAHURA) K.G.P.A.A. Mangkunagoro I Karangayar. Tesis. Ilmu Lingkungan Universitas Negeri Surakarta

Wiryono. 2003. Klasifikasi Kawasan Konservasi Indonesia. CIFOR (Center for International Forestry Research) No.11

Zhang, Y., Zhao, Q., Cao, Z., Ding, S. 2019. Inhibiting Effects of Vegetation on the Characteristics of Runoff and Sediment Yield on Riparian Slope along the Lower Yellow River. Sustainability 11, 365 : 1-16

Zulaihah. 2013. Tinjauan Fikih Jinayah Terhadap Sanksi Pelanggaran Konservasi Taman Hutan Raya R. Soerjo di Wilayah SKPPKH Mojokerto Menuru U No 41 Tahun 1999 Tentang Kehutanan. Skripsi. Jurusan Siyasaah Jinayah Fakultas Syariah UIN Sunan Ampel Surabaya



## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Daftar Vegetasi Plot 1 (Blok Budug Gede)

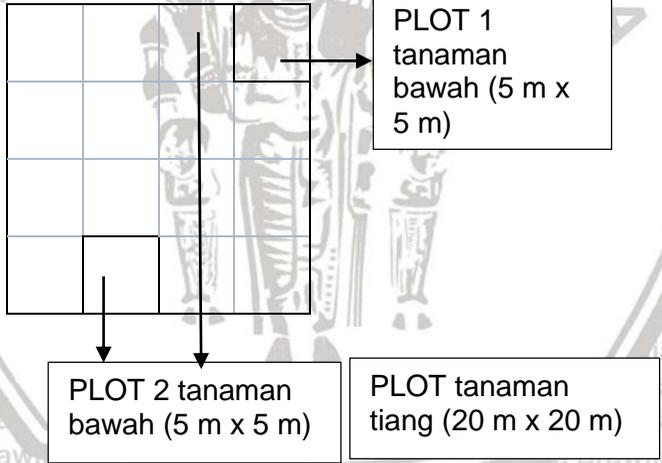
Nama lokasi : Blog Budug Gede

Koordinat lokasi : 7°41'24.25" S

112°33'35,16" E

Ilustrasi plot :

U



### Plot tiang

No	Nama Latin	Nama lokal	Famili
1	<i>Ervatamia sphaerocarpa</i>	Cembirit	Apocynaceae
2	<i>Litsea sp</i>	Adem ati	Lauraceae
3	<i>Macaranga tanarius</i>	Tutup	Euphorbiaceae
4	<i>Maesopsi eminii</i>	sopsis	Rhamnaceae
5	<i>Mallotus philippensis</i>	Tutup Kuso	Euphorbiaceae
6	<i>Tarenna fragrans</i>	-	Rubiaceae



## Plot tumbuhan bawah dan perdu

### **Plot 1**

<b>No</b>	<b>Nama latin</b>	<b>Nama lokal</b>	<b>Famili</b>
1	<i>Callyandra calothyrsus</i>	Kaliandra merah	Leguminosae
2	<i>Chloranthus elatior</i>	-	Chloranthaceae
3	<i>Polygonum sp</i>	Tebusawur	Polygonaceae
4	<i>Smilax zeilanica</i>	Riwono	Smilacaceae
5	<i>Rubus chrusophyllus</i>	Grunggung	Rosaceae
6	<i>Dendrocnide stimulans</i>	kemado	Urticaceae
7	<i>Athyrium sp</i>	Paku	Athyriaceae
8	<i>Oplismenus compositus</i>	Suket bedesan	Poaceae
9	<i>Poaceae</i>	-	Poaceae
10	<i>Ageratina riparia</i>	Teh-tehan	Asteraceae
11	<i>Tetrastigma sp</i>	-	Vitaceae
12	<i>Ficus sp</i>	-	Moraceae
13	<i>Carex sp</i>	Ladingan	Cyperaceae
14	<i>Desmodium sp</i>	-	Leguminosae
15	<i>Pinanga coronata</i>	Palm piji	Arecaceae

### **Plot 2**

1	<i>Ageratina riparia</i>	Teh-tehan	Asteraceae
2	<i>Oplismenus compositus</i>	Suket bedesan	Poaceae
3	<i>Poaceae</i>	-	Poaceae
4	<i>Chloranthus elatior</i>	-	Chloranthaceae
5	<i>*Macaranga tanarius</i>	Tutup	Euphorbiaceae
6	<i>Glochidion rubrum</i>	Lamer	Euphorbiaceae
7	<i>Ervatamia sp</i>	-	Apocynaceae
8	<i>Callyandra calothyrsus</i>	Kaliandra merah	Leguminosae
9	<i>Leca sp</i>	Girang	Vitaceae
10	<i>Breynia microphylla</i>	Berasan	Euphorbiaceae
11	<i>Lithocarpus sundaicus</i>	Pasang putih	Fagaceae



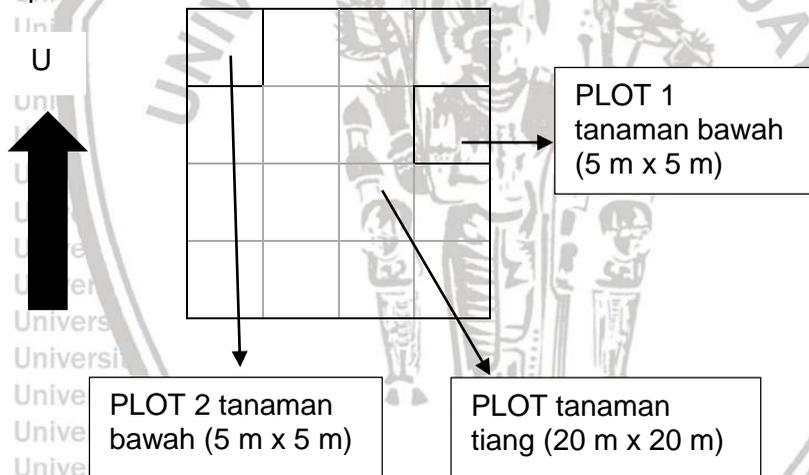
No	Nama latin	Nama lokal	Famili
12	<i>Pteris ensiformis</i>	Paku pedang	Pteridaceae
13	<i>Epipremnum sp</i>	-	Araceae
14	<i>Axonopus compressus</i>	Blimbingan/suket gajah	Poaceae
15	<i>Cucurbitaceae</i>	-	Cucurbitaceae



## Lampiran 2 Daftar vegetasi plot 2 (Blok Sanggar)

Nama lokasi : Blok Sanggar  
 Koordinat lokasi : 7°41'36.00" S  
 112°33'45,86" E

Ilustrasi plot :



### Plot tiang

No	Nama Latin	Nama lokal	Famili
1	<i>Lithocarpus sundaicus</i>	Pasang putih	Fagaceae
2	<i>Engelhardtia spicata</i>	Kukrup	Junglandaceae
3	<i>Prunus sp</i>	Putihan	Rosaceae
4	<i>Syzygium acuminatissimum</i>	Tinggalan	Myrtaceae
5	<i>Pittosporum sp</i>	-	Pittosporaceae

### Plot tumbuhan bawah dan perdu

#### Plot 1

No	Nama latin	Nama lokal	Famili
1	<i>Elatostema spp</i>	Loyoran	Urticaceae



No	Nama latin	Nama lokal	Famili
2	<i>Strobilanthes sp</i>	Urang-urangan/ berokan	Acanthaceae
3	<i>Brugmansia suaveolens</i>	Kecubung gunung	Solonaceae
4	<i>Athyrium sp</i>	-	Athyriaceae
5	<i>Erythrina sp</i>	Dadap	Leguminosae
6	<i>Piper spp</i>	-	Piperaceae
7	<i>Poaceae</i>	-	Poaceae
8	<i>Smilax zeylanica</i>	Riwono	Smilacaceae

### Plot 2

1	<i>Elatostema spp</i>	Loyoran	Urticaceae
2	<i>Strobilanthes sp</i>	Urang- urangan/berokan	Acanthaceae
3	<i>Rubus chrusophyllus</i>	Grunggung	Rosaceae
4	<i>Piper spp</i>	-	Piperaceae
5	<i>Pteris biaurita</i>	-	Pteridaceae
6	<i>Smilax zeylanica</i>	Riwono	Smilacaceae
7	<i>Brugmansia suaveolens</i>	Kecubung gunung	Solonaceae
8	<i>Magnolia campbellii</i>	Cempoko gondok	Magnoliaceae
9	<i>Leca sp</i>	Rubiase putih	Lecae
10	<i>Daemonorops sp</i>	Rotan	Arecaceae
11	<i>Fraxinus griffithii</i>	Gagar	Oleaceae
12	<i>Dendrocalamus asper</i>	Pring petung	Poaceae
13	<i>Begonia sp</i>	-	Begoniaceae

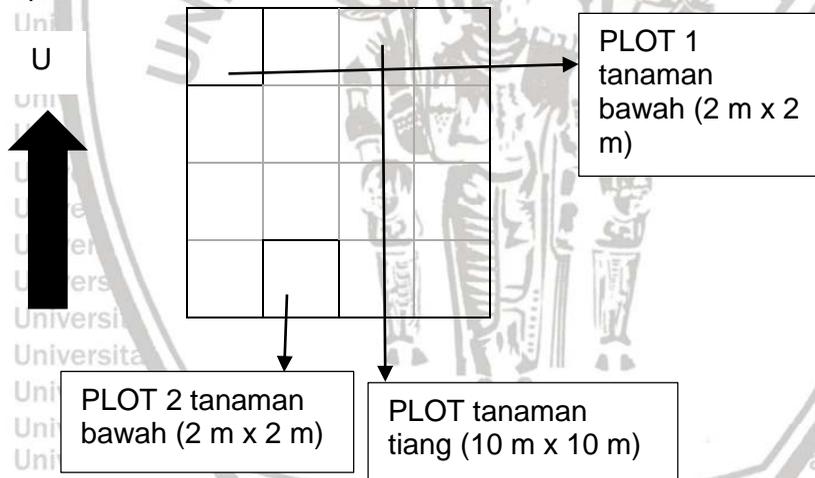


### Lampiran 3 Daftar vegetasi di plot 3

Nama lokasi : Blok sebelum Sungai Curah Deker  
(kanan kiri tebing)

Koordinat lokasi : 7°42'01.50" S  
112°33'38,27" E

Ilustrasi plot :



#### Plot tiang

No	Nama Latin	Nama lokal	Famili
1	<i>Breynia microphylla</i>	Berasan	Phyllanthaceae
2	<i>Acacia decurrens</i>	Akasia dekuren(ADC)	Leguminosae
3	<i>Mallotus philippensis</i>	Tutup Kuso	Euphorbiaceae
4	<i>Ficus hirta</i>	Kebek	Moraceae
5	<i>Myrsine sp</i>	Irengan	Primulaceae

#### Plot tumbuhan bawah dan perdu

Plot 1

No	Nama latin	Nama lokal	Famili
1	<i>Polypodiaceae sp</i>	Pakis runcing	Polypodiaceae



No	Nama latin	Nama lokal	Famili
2	<i>Ageratina riparia</i>	Teh-tehan	Asteraceae
3	<i>Imperata cylindrica</i>	Alang-alang	Poaceae
4	<i>Carex sp</i>	Ladingan	Cyperaceae
5	<i>Rubus chrusophyllus</i>	Grunggung	Rosaceae
6	<i>Smilax zeylanica</i>	Riwono	Smilacaceae
7	<i>Zanthoxylum scandens</i>	-	Rutaceae
8	<i>Austroeupatorium inulaefolium</i>	Setek	Asteraceae

### Plot 2

1	<i>Imperata cylindrica</i>	Alang-alang	Poaceae
2	<i>Poaceae</i>	-	Poaceae
3	<i>Carex sp</i>	Ladingan	Cyperaceae
4	<i>Smilax zeylanica</i>	Riwono	Smilacaceae
5	<i>Austroeupatorium inulaefolium</i>	Setek	Asteraceae
6	<i>Ageratina riparia</i>	Teh-tehan	Asteraceae
7	<i>Oplismenus compositus</i>	Suket bedesan	Poaceae
8	<i>Zanthoxylum scandens</i>	-	Rutaceae
9	<i>Desmodium spp</i>	-	Legiminosae
10	<i>Melastoma malabathricum L.</i>	Senggani	Melastomataceae



**Lampiran 4** Daftar vegetasi inventari jelajah antara plot 3 dan Curah Deker

Lokasi : antara curah deker dan plot 3  
 Koordinat lokasi : 7°42'07.76" S  
 112°33'40,50" E  
 Kriteria tumbuhan : keliling batang lebih dari 80 cm  
 Keterangan : dilakukan inventaris jelajah, mendata vegetasi yang ditemui karena di lokasi ini terdapat vegetasi dengan keliling batang besar lebih dari 80 cm (di plot 3 di bawah 80 cm kelilingnya)

No	Nama latin	Nama lokal	Suku
1	<i>Tabernaemontana sphaerocarpa</i>	Cembirit	Apocynaceae
2	<i>Dendrocide stimulans</i>	Kemado	Urticaceae
3	<i>Lithocarpus sundaicus</i>	Pasang putih	Fagaceae
4	<i>Trema orientalis</i>	Anggrung	Cannabaceae
5	<i>Macropanax dispermus</i>	Endok-endokan	Araliaceae
6	<i>Saurauia sp</i>	-	Actinidiaceae
7	<i>Homalanthus giganteus</i>	Tutup Kebo	Euphorbiaceae
8	<i>Acacia decurrens</i>	Akasia dekuren(ADC)	Leguminosae

