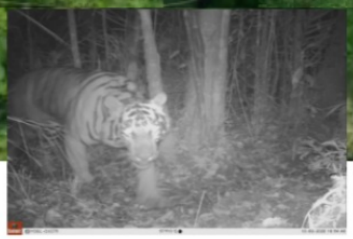
Balai Besar Taman Nasional Gunung Leuser



PEDOMAN TEKNIS

Mitigasi Dampak Jalan Karo Langkat di Resor Bekancan Taman Nasional Gunung Leuser

Didukung Oleh :

Technical Assistance Provided by GITEC

Grant Management by PENABULU FOUNDATION

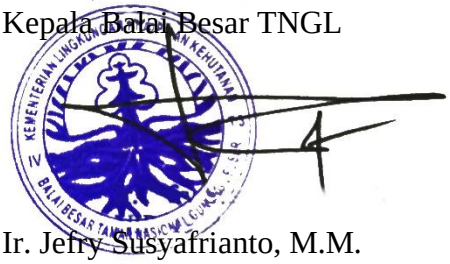
KATA SAMBUTAN

Panduan Teknis Mitigasi Dampak Jalan Karo Langkat di Resor Bekancan, Taman Nasional Gunung Leuser ini disusun oleh Balai Besar Taman Nasional Gunung Leuser bersama dengan Yayasan Orangutan Sumatera Lestari – Orangutan Information Centre (YOSL-OIC) berdasarkan Perjanjian Kerja Sama Antara Balai Besar Taman Nasional Gunung Leuser Nomor: PKS.206/T.3/TU/PKS/08/2020 dengan Yayasan Orangutan Sumatera Lestari – Orangutan Information Centre (YOSL-OIC) Nomor: 144/ADM/B/YOSL-OIC/VIII/2020 tanggal 28 Agustus 2020. Panduan teknis mitigasi ini merupakan salah satu hasil kegiatan yang didukung oleh Small Grant Programme – ASEAN Centre for Biodiversity (SGP – ACB). Panduan teknis ini diharapkan dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan mitigasi terhadap dampak yang ditimbulkan dari keberadaan Jalan Karo Langkat yang melintasi kawasan Taman Nasional Gunung Leuser. Panduan teknis ini difokuskan pada upaya mitigasi gangguan terhadap habitat flora dan fauna, menjaga konektivitas habitat satwa liar, dan gangguan okupansi lahan, sehingga keanekaragaman hayati flora dan fauna yang berada di kawasan hutan sepanjang Jalan Karo Langkat ini terlindungi dan tetap lestari.

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kelompok Kerja yang dibentuk oleh Direktur Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem Nomor: SK.176/KSDAE/IUU/ICSAI/8/2020 yang telah membantu penyusunan panduan teknis ini melalui diskusi maupun saran-saran perbaikan Teknis Mitigasi Dampak Jalan Karo Langkat antara lain Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem (Dirjen KSDAE), Direktorat Kawasan Konservasi, staf Balai Besar Taman Nasional Gunung Leuser (TNGL), Yayasan Orangutan Sumatera Lestari – Orangutan Information Centre (YOSL-OIC), dan Lembaga Mitra lainnya.

Kami menyadari bahwa Panduan Teknis Mitigasi Dampak Jalan Karo Langkat di Resor Bekancan, Taman Nasional Gunung Leuser ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat kami harapkan. Semoga panduan teknis mitigasi ini bermanfaat bagi kelestarian kawasan Taman Nasional Gunung Leuser.

Medan, Mei 2021
Kepala Balai Besar TNGL



Ir. Jefry Susyafrianto, M.M.
NIP. 19680404 199603 1 004

DAFTAR ISI

KATA SAMBUTAN ……. ii

DAFTAR ISI …….. iii

BAB I PENDAHULUAN …….. 1
- **A. Latar Belakang** …….. 1
- **B. Tujuan** …… 1

BAB II KEBERADAAN JALAN KARO LANGKAT DI DALAM KAWASAN TAMAN NASIONAL GUNUNG LEUSER …… 2
- **A. Kronologis Pembangunan Jalan Karo Langkat** ……. 2
- **B. Rona Awal Kondisi Kawasan Jalan Karo Langkat di TNGL** ……... 3

BAB III DAMPAK PEMBANGUNAN JALAN KARO LANGKAT ……... 8
- **A. Fragmentasi Kawasan** ……... 8
- **B. Ancaman Terhadap Keanekaragaman Hayati** ……... 10
- **C. Menurunnya Kualitas Habitat Akibat Pencemaran dan Gangguan Kendaraan** …… 11
- **D. Potensi Bencana** ……. 12

BAB IV RENCANA MITIGASI DAMPAK JALAN KARO LANGKAT ……... 13
- **A. *Canopy Crossing* Orangutan, Kera, dan Satwa Arboreal Lainnya** ……... 13
- **B. *Overpass* Mamalia** …….. 15
- **C. *Underpass* Satwa Kecil (Reptil, Moluska, Amfibi)** …….. 16
- **D. Tata Letak Bangunan Mitigasi** …….. 17
- **E. Manajemen Jalan** …… 29

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Taman Nasional Gunung Leuser (TNGL) secara geografis terletak pada koordinat 96° 35" BT - 98° 30" BT 2° 50" LU – 4° 10" LU. Secara administratif TNGL terletak di dua Provinsi yaitu Aceh yang terdiri beberapa wilayah enam Kabupaten yaitu Aceh Barat Daya, Aceh Selatan, Subulussalam, Gayo Lues, Aceh Tamiang, Aceh Tenggara dan Provinsi Sumatera Utara yang terdiri dua kabupaten yaitu Langkat dan Karo.

Pada tahun 1981 TNGL dideklarasikan sebagai Cagar Biosfer oleh UNESCO. Pada tahun 1984 TNGL terdaftar dalam Taman Nasional Warisan ASEAN (*ASEAN Heritage Park*), hingga pada tahun 2004 dinobatkan sebagai salah satu situs warisan dunia (*World Heritage Site*) oleh UNESCO bersama dengan Taman Nasional Kerinci Seblat (TNKS), dan Taman Nasional Bukit Barisan Selatan (TNBBS) dengan nama *Tropical Rainforest Heritage of Sumat*era (TRHS). Tahun 2008 status TNGL menjadi semakin penting dengan ditetatpkannya sebagai Kawasan Strategis Nasional oleh pemerintah Indonesia (IUCN, 2004).

Seiring berjalannya waktu banyak upaya pembangunan infrastruktur yang bersinggungan dengan kawasan TNGL salah satunya pembangunan jalan. Adanya jalan yang menembus kawasan TNGL mengakibatkan terbukanya akses masyarakat yang berpotensi membahayakan eksistensi dan peran TNGL sebagai warisan dunia. Pada tahun 2011 UNESCO memasukkan TRHS dalam daftar warisan dunia dalam bahaya (*in danger*) akibat aktivitas perambahan di tiga Taman Nasional tersebut yang mengurangi Nilai Universal Luar Biasa (*Outstanding Universal Value/OUV*) TRHS sebagai warisan dunia. Untuk itu perlu dlakukan kajian terkait dampak lingkungan akibat pembangunan jalan di dalam kawasan TNGL agar dapat menyusun rencana pemantauan dan pengelolaan lingkungan serta upaya mitigasi dampak khususnya terhadap OUV dari TNGL.

B. Tujuan

Pedoman Teknis Mitigasi Dampak Jalan Karo Langkat di Kawasan TNGL ini bertujuan memberikan acuan kepada Balai Besar TNGL dalam mengelola blok hutan sepanjang jalan Karo Langkat di kawasan TNGL Resor Bekancan untuk meminimalisir dampak negatif dari pembangunan jalan Karo Langkat terhadap keanekaragaman hayati dan ekosistemnya.

BAB II
KEBERADAAN JALAN KARO LANGKAT DI DALAM KAWASAN TAMAN NASIONAL GUNUNG LEUSER

A. Kronologis Pembangunan Jalan Karo Langkat

Pengembangan jalan sebagai salah satu bentuk prasarana transportasi memiliki peran penting dalam perkembangan sosial ekonomi wilayah. Pada tahap awal, infrastruktur jalan mampu membuka keterisolasian daerah untuk mendukung pertumbuhan. Pada tahap selanjutnya infrastruktur jalan akan dibutuhkan untuk melayani tuntutan pergerakan akibat pertumbuhan ekonomi di wilayah tersebut.

Ruas jalan Provinsi Jurusan Namu Ukur – Batas Karo di Kabupaten Langkat merupakan salah satu ruas jalan provinsi di Provinsi Sumatera Utara. Ruas jalan Provinsi Jurusan Namu Ukur – Batas Karo yang sebagian terletak di zona khusus TNGL ditujukan untuk mewujudkan infrastruktur berupa jalur evakuasi dalam mitigasi bencana bagi masyarakat yang berdomisili di sekitar Gunung Sinabung di Kabupaten Karo dan Kabupaten Langkat Provinsi Sumatera Utara. Mengacu pada Peraturan Menteri Kehutanan nomor P.85/Menhut-II/2014 tentang Tata Cata Kerjasama Penyelenggaraan Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam sebagaimana telah diubah dengan PermenLHK nomor P.44/MENLHK/SETJEN/KUM.1/6/2017, maka Ruas Jalan Karo Langkat di Zona Khusus Kawasan TNGL dilaksanakan melalui mekanisme kerjasama. Kerjasama ini merupakan kerjasama pembangunan strategis yang tidak dapat dielakkan dalam rangka mitigasi bencana untuk menyiapkan sarana dan prasarana jalur evakuasi (Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara, 2019).

Jalan jurusan Karo-Langkat menembus kawasan TNGL sudah ada sejak Masa Kolonial Belanda. Pada masa awal pembukaan jalan di masa kolonial Belanda, jalan ini difungsikan sebagai jalan tradisional. Pada era 1980-an dilakukan pengerasan jalan melalui program ABRI (Angkatan Bersenjata Republik Indonesia) Masuk Desa (AMD). Selanjutnya pada tahun 2013, Balai Besar TNGL menghentikan kegiatan peningkatan jalan di lapangan dan menyampaikan surat ke Gubernur Sumatera Utara untuk menghentikan kegiatan tersebut karena pelaksana tidak memiliki persetujuan dari Menteri Kehutanan. Pada tahun 2016, Direktorat Jenderal Konservasi Sumberdaya Alam dan Ekosistem (Dirjen KSDAE) membalas surat Gubernur Sumatera Utara atas "Permohonan Izin Pembangunan Kawasan Hutan Konservasi (Tahura Bukit Barisan dan TN Gunung Leuser) untuk Pembangunan Jalan Tembus Kabupaten Karo-Langkat, Sumatera Utara" namun belum dapat dipertimbangkan (Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara, 2019)

Perkembangan proses pembangunan jalan tembus Karo-Langkat terus berlanjut pada tahun-tahun berikutnya. Pada tahun 2017, Dirjen KSDAE menyetujui rencana peningkatan jalan Jalan Tembus Kabupaten Karo-Langkat berdasarkan Surat dari KLHK No. S.559/KSDAE/PIKA/PKS.0/9/2 017, Tanggal 29 September 2017, tentang Persetujuan Pemeliharaan Jalan Tembus Kabupaten Karo-Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara di Taman Nasional Gunung Leuser. Pada Tahun 2018 dilaksanakan Perjanjian Kerja Sama (PKS) antara Pemerintah Provinsi Sumatera Utara dan Kementrian Lingkungan Hidup No. PKS.494/BBTNGLKBTU/PKS/9/2018. No. 661.1/DBMBK-PE/4550/2018 tanggal 14 September 2018 tentang peningkatan dan pemeliharaan jalan Jurusan Karo Langkat di Zona Khusus Kawasan TNGL. Pada tahun 2018 – 2019 dimulai Pelaksanaan

peningkatan jalan Karo – Langkat di Zona Khusus TNGL. Pada tahun 2019 dibuat rencana pembangunan Pos Jaga, Portal, papan peringatan, koridor dan kegiatan Evaluasi Lingkungan Hidup (ELH). Dokumen Evaluasi Lingkungan Hidup (DELH) telah selesai dikerjakan pada akhir tahun 2019. (Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara, 2019).

Rencana pengelolaan lingkungan yang meliputi pendekatan teknologi, sosial dan kelembagaan yang diharapkan dapat memberikan kejelasan komitmen Pemerintah Provinsi Sumatra Utara dan pemangku kepentingan terkait konservasi Taman Nasional Gunung Leuser terlepas dari berlangsungnya pembangunan jalan tembus Karo -Langkat.

B. Rona Awal Kondisi Kawasan Jalan Karo Langkat di TNGL

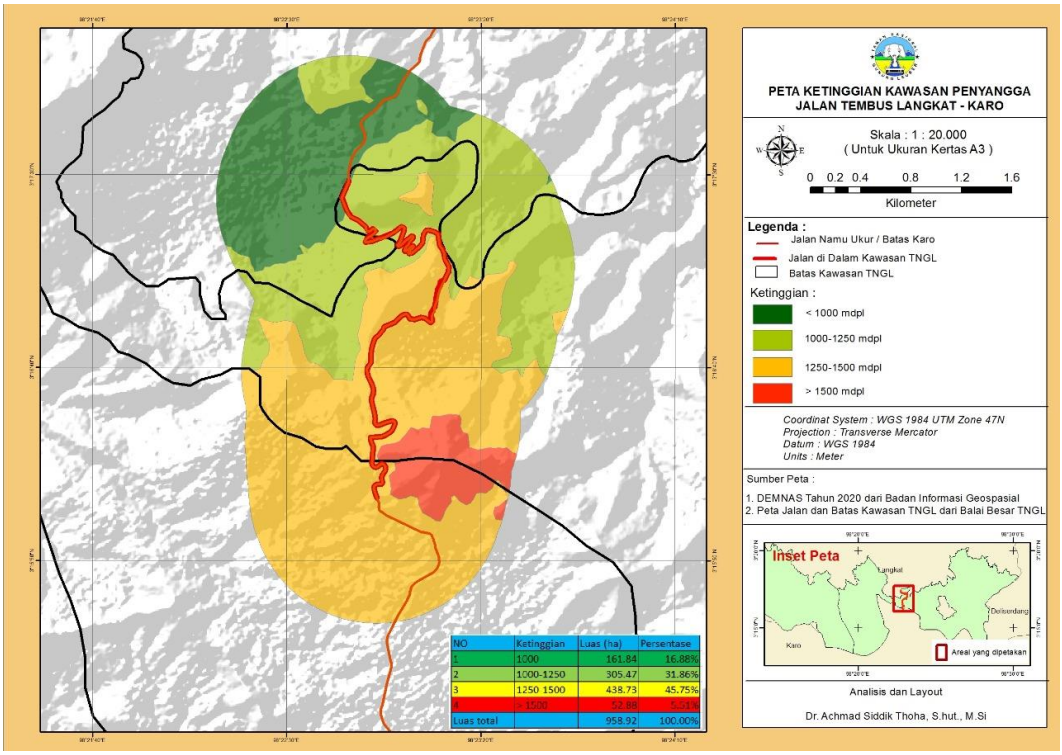
Secara geologis wilayah Provinsi Sumatera Utara memiliki struktur dan batuan yang kompleks dan telah beberapa kali mengalami tumbukan dari proses tektonik karena posisinya terletak pada pertemuan lempeng Eurosia di sebelah timur dan lempeng Australia di sebelah barat. Hal ini menyebabkan terbentuknya rangkaian jalur patahan, rekahan dan pelipatan disertai kegiatan vulkanik. Jalur patahan tersebut melewati jalur Sumatera Utara mulai dari segmen Alas – Karo dan sepanjang kurang lebih 30 km merupakan sumber bencana alam geologi berupa pusat – pusat gempa di darat, tsunami dan pemicu terjadinya letusan gunung berapi dan tanah longsor (Dinas Binamarga Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara, 2019).

Ruas jalan Namu Ukur – Batas Karo melintasi pemukiman penduduk dan sebagian melintasi habitat hutan alami di wilayah TNGL. Kondisi sekitar jalan dengan *buffer* 1.000 meter kanan-kiri jalan yang melintasi kawasan TNGL sebagian besar (45.75%) berada pada ketinggian 1.250 – 1.500 m dpl. Dengan posisi ketinggian tersebut jalan terlihat hampir selalu berkabut sepanjang hari. Sebaran luas kelas ketinggian pada buffer jalan 1.000 meter Namu Ukur - Batas Karo yang melintasi TNGL dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Sebaran Ketinggian Tempat pada Buffer Jalan (1.000 Meter) Karo Langkat

Ketinggian (m dpl)	Luas (Ha)	Luas (%)
<1000	161.84	16.88
1000-1250	305.47	31.86
1250-1500	438.73	45.75
>1500	52.88	5.51
Jumlah	958.92	100.00

Sumber : Analisis Spasial Tim Konsultan (2021)



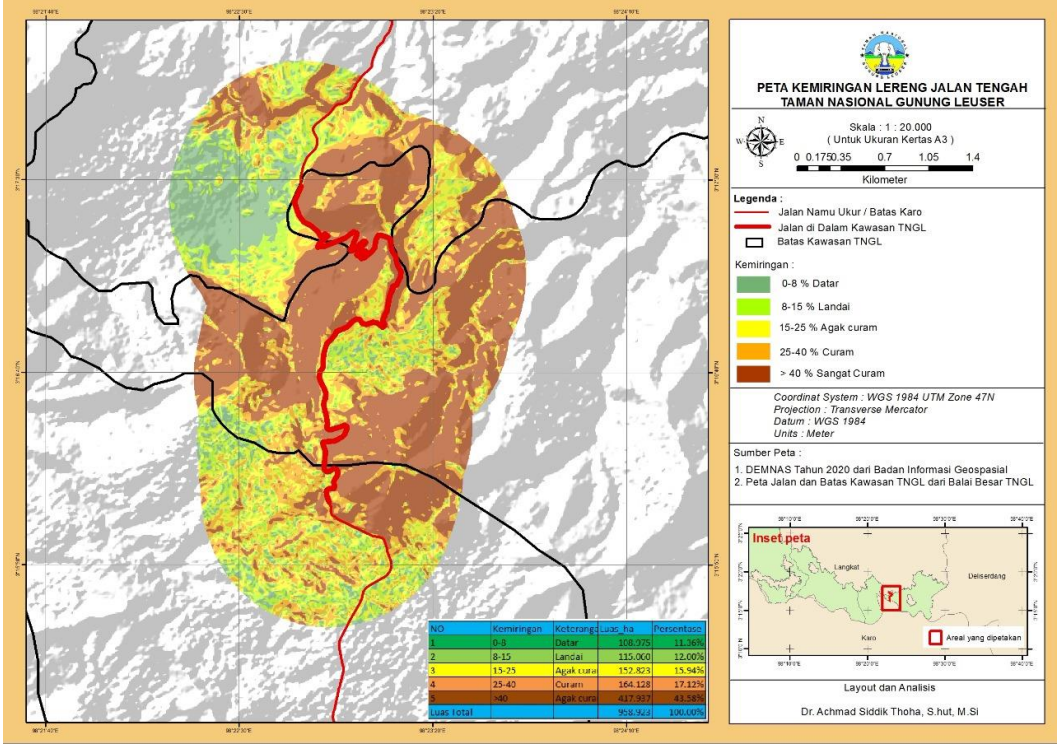
Gambar 1. Sebaran ketinggian tempat pada *buffer* (1.000 meter) jalan Karo Langkat.

Topografi daerah kajian yaitu kemiringan lereng sekitar jalan dengan *buffer* 1.000 meter kanan-kiri jalan sebagian besar (43.58%) berada pada kemiringan >40% atau kelas lereng dengan kategori sangat curam. Kondisi inilah yang memastikan bahwa kawasan TNGL yang dilintasi jalan tembus Namu Ukur – Batas Karo berada pada kawasan lindung sesuai dengan SK Mentan Nomor 837/Kpts/Um/11/80 tentang kriteria dan tata cara penetapan hutan lindung diatur dalam Keputusan Menteri Pertanian sekaligus sebagai kawasan hutan konservasi. Dari hasil survei lapangan terlihat bahwa kondisi jalan sebagian memotong bukit yang terjal sehingga terlihat jurang yang curam dan bukit yang terjal di sepanjang kanan-kiri jalan. Sebaran luas kemiringan lereng pada buffer jalan (1.000 meter) Karo Langkat disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2.

Tabel 2. Sebaran kemiringan lereng pada buffer jalan (1.000 Meter) Karo Langkat

Kemiringan	Keterangan	Luas (ha)	Luas (%)
0-8	Datar	108.97	11.36
8-15	Landai	115.06	12.00
15-25	Agak curam	152.82	15.94
25-40	Curam	164.13	17.12
> 40	Sangat Curam	417.94	43.58
Jumlah		958.92	100.00

Sumber : Analisis Tim Konsultan (2021)



Gambar 2. Sebaran kemiringan lereng pada *buffer* (1.000 meter) jalan Karo Langkat.

Aspek biologi pada kegiatan pembangunan jalan di kawasan TNGL dilakukan dengan mengkaji komponen fauna di sekitar lokasi kagiatan, seperti keberadaan 70 jenis fauna dari kelas Mamalia, Aves, Reptil dan Amfibi. Diketahui bahwa terdapat total 18 fauna dilindungi yang terdiri dari 13 jenis dari kelompok Mamalia dan 5 jenis dari kelompok Aves. Terdapat dua jenis fauna berstatus Dilindungi sekaligus berstatus "*Endangered*" yaitu trenggiling *(Manis javanica*) dan Harimau Sumatra (*Panthera tigris sumatrae*) (Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi, 2019).

Strata vegetasi yang diamati berdasarkan kajian dampak lingkungan oleh Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara (2019) di lokasi TNGL disekitar jalan Namu Ukur – Batas Karo terdaftar srata vegetasi sebagai berikut :

- Strata pohon didominasi oleh spesies dari famili *Moraceae*, *Euphorbiaceae* dan *Sapindaceae.*
- Strata tiang didominasi oleh famili *Araliaceae, Arecaceae,* dan *Euphorbiaceae*.
- Strata pancang didominasi oleh famili *Cyathecaeae, Euphorbiaceae, Moraceae*.
- Strata semai didominasi oleh *Araceae, Melastomataceae,* dan *Urticaceae.*

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan didapatkan bahwa pada strata vegetasi pohon didominasi oleh spesies dari famili *Moraceae*, *Euphorbiaceae* dan *Sapindaceae*. Sedangkan pada strata tiang didominasi oleh famili *Araliaceae, Arecaceae,* dan *Euphorbiaceae*. Strata pancang didominasi oleh famili *Cyathecaeae, Euphorbiaceae, Moraceae*. Vegetasi pada strata semai didominasi oleh *Araceae, Melastomataceae*, dan *Urticaceae*.

Aspek hidrologi ditinjau dari air permukaan, khususnya air pemukaan pada sungai yang meliwati ruas jalan Namu Ukur –Batas Karo. Kegiatan utama yang sudah berjalan tidak teridentifikasi menimbulkan dampak potensial pada air sungai karena tidak ada sumber dampak dari kegiatan yang diperkirakan akan tumpah/cecer ke badan sungai. Secara

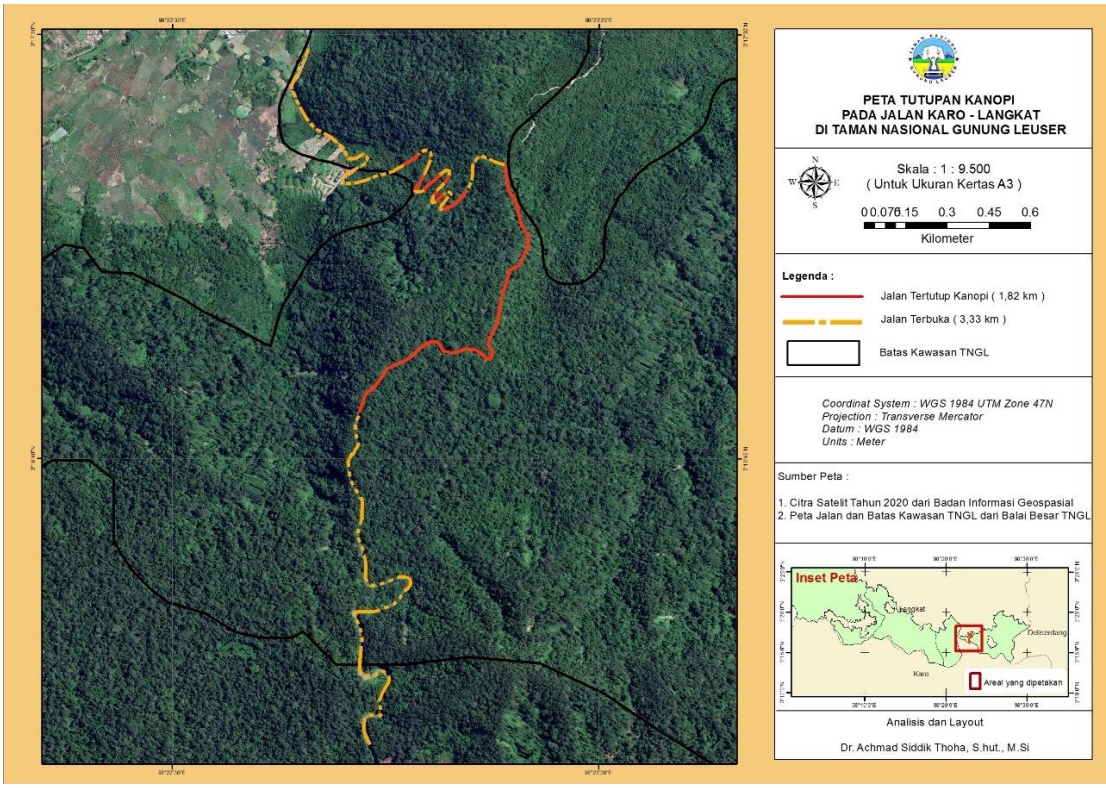
keseluruhan hasil pengujian sampel air permukaan menunjukkan nilai yang baik (Dinas Binamarga dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera Utara, 2019).

Kawasan TNGL yang dilintasi ruas jalan Namu Ukur– Batas Karo merupakan areal penting bagi penyedia jasa ekosistem yaitu penyedia air bagi kawasan sekitarnya. Selain itu kawasan TNGL di wilayah ruas jalan Namu Ukur– Batas Karo juga menyediakan jasa ekosistem berupa pencegahan dan pengurangan risiko bencana banjir dan longsor, penyedia keindahan alam untuk wisata, penyedia tempat untuk penelitian dan pendidikan.

Menurut pendapat masyarakat kawasan TNGL dipahami sebagai pelindung dan paru – paru dunia. Kawasan TNGL melindungi banyak satwa, tumbuhan, air dan kekayaan yang ada di dalamnya. Masyarakat sekitar area kajian juga mengetahui bahwa TNGL adalah warisan dunia. Ada sebagian masyarakat yang mengetahui bahwa warisan dunia harus dijaga dan dilindungi dengan cara tidak merusaknya. Upaya perlindungan dilakukan dengan mengawasi dan melaporkan ke petugas yang berwajib atau petugas taman nasional jika terjadi kerusakan.

Pada Ruas Jalan Namu Ukur Batas Karo yang melintasi kawasan Taman Nasional Gunung Leuser ditemukan beberapa jenis satwa liar yang melintas melewati jalan tersebut. Pada umumnya masyarakat masih melakukan kegiatan di sekitar kawasan ini pada waktu sore, sehingga besar kemungkinan akan terjadi perjumpaan tidak terduga antara manusia dan harimau. Jika hal ini terjadi berulang kali, dikhawatirkan bisa terjadi konflik satwa dan manusia bila sampai Harimau Sumatera keluar dari kawasan hutan. Pada pengamatan satwa melalui *camera trap* dijumpai Harimau Sumatera (*Panthera tigris sumatrae)* yang terlihat pukul 06.00 pm – 18.00 pm di Tugu Kastel pada 03,270 64°N dan 98, 38120°E. Satwa lain yang ditemukan adalah (*Pongo abelii)* di perlintasan kanopi pada posisi koordinat 03.28614° N dan 098.38427° E. (YOSL-OIC, 2020).

Kondisi tutupan kanopi yang ada di dalam kawasan TNGL yang dilintasi Ruas Jalan Namu Ukur – Batas Karo sebagian besar masih tertutup. Gambar 3 menunjukkan jalan yang tertutup kanopi sangat rapat dengan panjang 1,82 kilometer yang dapat dijadikan *canopy cross* untuk primata menyeberang di areal sekitar jalan. Pohon yang menjadi *canopy cross* adalah pohon yang sangat rapat tajuknya. *Canopy cross* adalah bagian hutan *y*ang berdekatan dan saling berseberangan. Adapun ruas jalan yang tidak tertutup kanopi adalah sepanjang 3,50 Km. Daerah sepanjang kawasan jalan yang terbuka (tanpa tutupan kanopi) sebagian terdapat aktifitas masyarakat seperti warung atau pembukaan lahan untuk pertanian khususnya di daerah utara. Peta Tutupan Kanopi pada jalan Namo Ukur Batas Karo Langkat dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta tutupan kanopi di sepanjang ruas jalan Karo Langkat yang melintasi TNGL. (Sumber : Analisis Tim Konsultan, 2021)

Tutupan kanopi atas jalan dapat memainkan peran yang penting dalam mobilitas hewan untuk menyeberang. Jalan yang terbuka tanpa tutupan kanopi dapat meningkatkan efek tepi pada hutan akibat pembangunan jalan. Sebaliknya menurut Rico et al. (2007), tutupan kanopi pada ruas jalan bisa menurunkan potensi dari efek tepi dan dapat membatasi kondisi iklim mikro yang ekstrem serta akan menyamakan kondisi tersebut untuk interior hutan.

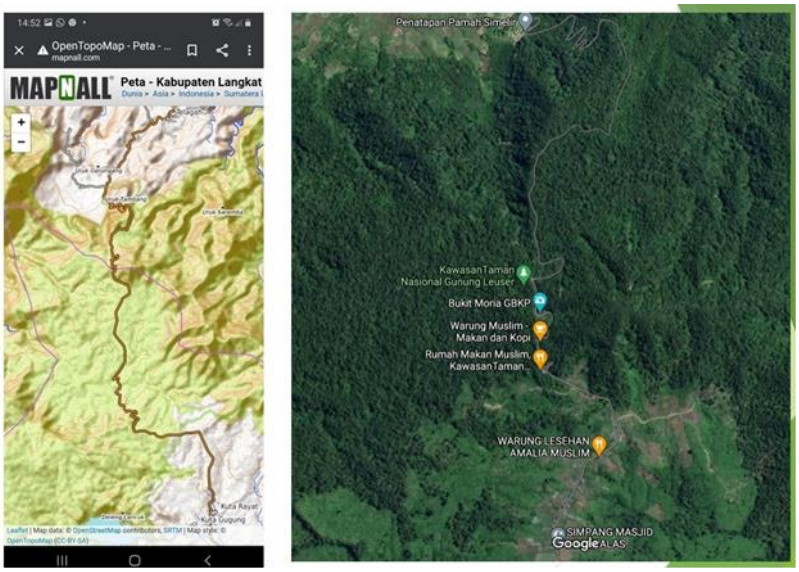
BAB III
DAMPAK PEMBANGUNAN JALAN KARO LANGKAT

A. Fragmentasi Kawasan

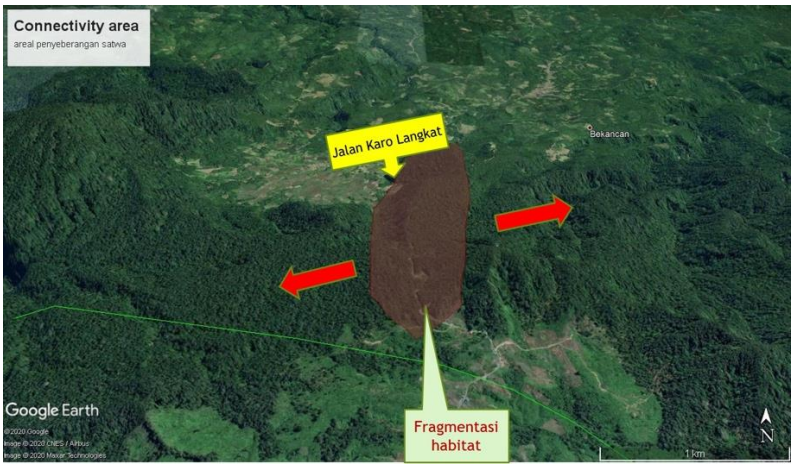
Jalan Karo Langkat Sepanjang 5,362 Km berada di dalam kawasan lindung yaitu Taman Nasional Gunung Leuser (Gambar 4). Kawasan lindung ini berada pada ketinggian 1.000 – 1.500 m dpl dan merupakan bagian dari lansekap besar Bukit Barisan yang berfungsi sebagai habitat penting bagi berbagai satwa liar yang dilindungi. Spesies fauna dan flora yang dilindungi tersebut antara lain: Orangutan Sumatera (*Pongo abelii*), Harimau Sumatera (*Panthera tigris sumatrae*), dan flora endemik terancam seperti Kantong Semar (*Nepenthes spp*.).

Pembangunan jalan yang membelah kawasan hutan utuh yang pada akhirnya berpengaruh pada populasi dan habitat satwa. Terbukanya akses ini juga memberikan peluang bagi masuknya kegiatan illegal di dalam kawasan. Fragmentasi hutan diawali dengan pembangunan jalan yang membelah kawasan hutan utuh yang pada akhirnya berpengaruh pada populasi dan habitat satwa. Terbukanya akses ini juga memberikan peluang bagi masukknya kegiatan illegal di dalam kawasan. Gambar 3 menunjukkan sebagian besar kawasan yang dilintasi oleh jalan (sepanjang 3.5 km atau lebih dari 67% kawasan) terputus konektifitasnya. Jalan ini bisa menjadi akses bagi aktivitas illegal seperti penebangan kayu, pengambilan tumbuhan langka dan perburuan satwa. –Terganggunya fungsi hidrologis kawasan menjadi salah satu bentuk dampak akibat terbelahnya bentang alam yang semula utuh.

Dampak fragmentasi habitat bagi satwa bisa berpotensi bagi menurunnya populasi. Fragmentasi bisa mengakibatkan terputusnya konektifitas dan terganggunya komunikas dan reproduksi antar satwa. Terdapat areal yang terputus konektifitasnya akibat pembanguanan jalan yang melintasi kawasan TNGL (Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7). Terputusnya komunikasi antar satwa berdampak terganggunya reproduksi dengan munculnya perkawinan dengan sejawatnya (*inbreeding*). Terjadinya *inbreeding* lebih lanjut akan menghasilkan keturunan yang lemah daya tahan tubuhnya. Satwa dengan daya tahan tubuh yang lemah akan mudah terserang penyakit dan regenerasinya terganggu. Pada akhirnya satwa-satwa tersebut lebih berpotensi cepat berkurang populasinya dan terancam punah (YOSL-OIC, 2019).



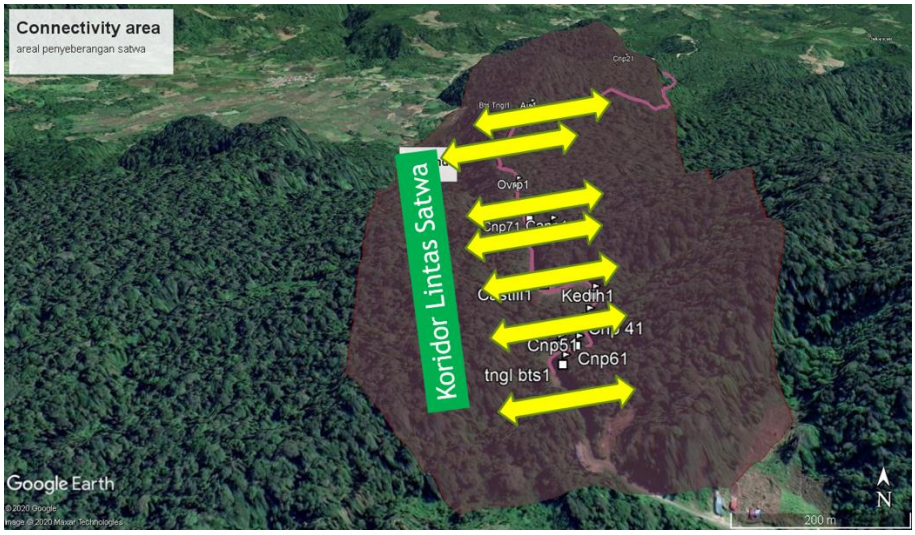
Gambar 4. Jalan Karo Langkat yang melintasi TNGL.



Gambar 5. Konektivitas yang terganggu oleh keberadaan jalan.

Luas total TNGL yang terpotong di resort Bekancan 7,249,20 ha (Sumber BBTNGL).

Gambar 6. Hubungan dua ekosistem yang terdampak oleh ruas jalan Karo Langkat.



Gambar 7. Koridor lintas satwa pada ruas jalan Karo Langkat.

Fragmentasi habitat merupakan efek negatif yang nyata dari pembangunan jalan di kawasan hutan sebagai habitat satwa. Fragmentasi membuat hutan terpotong menjadi bagian-bagian kecil (*forest patches*). Hutan-hutan dalam potongan-potongan kecil menjadi ruang yang mengisolasi satwa dan memutus konektifitas (Fahrig et al 2003). Ament et al (2007) menegaskan bahwa fragmentasi habitat menciptakan efek tepi, membatasi pergerakan satwa baik mamalia sampai satwa ukuran kecil seperti serangga. Meskipun demikian, Fahrig (2003) menyebutkan bahwa fragmentasi habitat tidaklah serta merta menjadi penyebab rusaknya habitat dalam skala besar yang menuju pada kehilangan habitat (*habitat loss*).

Dampak negatif fragmentasi habitat juga bisa terjadi pada kelompok tumbuhan. Tumbuhan meskipun bukan merupakan spesies yang bergerak, mereka akan terdampak oleh fragmentasi habitat. Aguilar, dkk. (2008) menunjukkan bahwa fragmentasi akan berdampak pada proses evolusi dari tanaman karena akan menggeser pola kawin menjadi meningkatnya '*selfing*'. Ditambah lagi, bibit dari beberapa tanaman, termasuk disebarkan hanya oleh hewan; keberadaan jalan akan menghambat pergerakan hewan dan akhirnya juga penyebaran bibit.

Pembangunan jalan ini akan menciptakan batas fisik yang menghalangi interaksi di antara subpopulasi hewan dan dapat berpotensi menurunkan aliran genetik di antara spesies yang sama di daerah yang terisolasi. Sebuah studi di Brasil oleh Farias et al (2015) menemukan bahwa hutan yang terpecah menjadi fragmen-fragmen terjadi hambatan genetik yang bisa mengancam pada penurunan populasi.

B. Ancaman Terhadap Keanekaragaman Hayati

Hasil survei yang dilakukan pada tahun 2020 (YOSL-OIC) terhadap spesies, amphibi, reptil dan burung dtemukan ragam spesies dari berbagai family. Ditemukan 12 spesies amphibi dari 5 famili dan 8 spesies reptile dari 5 famili. Spesies burung yang ditemukan sebanyak 11 dengan status satu speies terancam punah dan dua dua spesies kategori Appendix II (CITES). Hasil ini menegaskan pentingnya habitat di kawasan TNGL yang dilintasi ruas Jalan Namu Ukur – Batas Karo setelah hasil survei lainnya menemukan dua spesies kunci yaitu Harimau Sumatera dan Orangutan Sumatera di kawasan ini.

Dengan adanya pembangunan jalan Namu Ukur - Batas Karo membuat kegiatan ilegal masuk ke dalam kawasan hutan Taman Nasional Gunung Leuser semakin terbuka. Masyarakat masuk ke kawasan hutan Taman Nasional Gunung Leuser melalui jalan yang melintasi Taman Nasional Gunung Leuser yaitu melakukan pemburuan satwa liar. Gangguan terhadap satwa liar khususnya spesies kunci kawasan TNGL akibat perburuan dan intensitas kendaraan yang cukup tinggi yang melintasi ruas jalan Namu Ukur - Batas Karo. Hasil wawancara dengan tokoh masyarakat dan petugas BBTNGL ditemukan adanya perburuan burung dan pengambilan tumbuhan langka dan tumbuhan hias di dalam kawasan TNGL melalui akses Ruas Jalan Namu Ukur – Batas Karo.

C. Menurunnya Kualitas Habitat Akibat Pencemaran dan Gangguan Kendaraan

Dari sisi lingkungan, pembangunan ruas jalan Namu-Ukur Batas Karo memberikan dampak menurunnya kualitas habitat akibat pencemaran dan kebisingan oleh lalu lintas kendaraan. Bentuk pencemaran berupa pencemaran sampah dan pencemaran dari kendaraan bermotor. Pencemaran sampah bisa merusak tanah, menghasilkan bau dan termakan oleh satwa. Pencemaran dari kendaraan bermotor bisa berupa polusi udara dan kebisingan.

Berdasarkan laporan survei YOSL-OIC (2020) dari hasil pengamatan intensitas kendaraan bermotor yang melintas dalam kawasan TNGL selama satu minggu (21-29 September 2020) ditemukan sebanyak 7.890 unit kendaran yang melintas di dalam kawasan TNGL. Dari jumlah tersebut, mobilitas kendaraan yang paling dominan adalah kendaraan roda dua yakni sebesar 57%. Sementara itu, kendaraan yang paling sedikit melintas di ruas jalan ini adalah kendaraan jenis truk yakni sebesar 1%. Kendaraan roda empat yang melintas pada lokasi dan waktu yang sama dengan jumlah terbanyak adalah kendaraann pribadi sejumlah 1.809 unit (22,9%), sedangkan yang paling sedikit melintas adalah mobil besar jenis truk dan tangki (8 unit atau 0,001%).

Dari pengamatan intensitas kendaraan tersebut diketahui bahwa intensitas pengguna kendaraan roda dua atau sepeda motor lebih dominan dari pada pengguna kendaraan roda empat atau lebih. Puncak kepadatan lalu lintas kendaraan terjadi pada hari Minggu yakni mencapai 2.080 unit/hari. Grafik peningkatan mobilisasi kendaraan terjadi diantara pukul 05.00 pagi hingga pukul 23.00 malam, sedangkan intensitas tertinggi mulai dari pukul 08.00 pagi hingga pukul 19.00 malam. Jika di konversi jumlah kendaraan yang melintas setiap hari antara pukul 05.00 hingga pukul 23.00 yakni sebanyak 1.043 unit/hari (70 unit/jam atau 1,2 unit/menit).

Intensitas kendaraan yang cukup tinggi pada rentang periode tertentu tersebut dapat menjadi ancaman bagi aktivitas satwa baik yang melintas maupun yang menetap di sekitar ruas jalan. Potensi tertabraknya satwa juga tinggi yang juga bisa membahayakan bagi pengendara disamping kematian satwa itu sendiri. Selain itu, suara kendaraan yang bising berpengaruh pada aktivitas satwa tertentu yang peka terhadap suara.

Tidak hanya ancaman dari intensitas lalu-lintas saja namun kecenderungan perilaku pengguna jalan untuk membuang sampah plastik dan sisa-sisa makanan ke kiri dan kanan jalan tentunya akan berpengaruh bagi kesehatan satwa. Satwa yang mencari makan pada

malam hari di sekitar jalan tentunya tanpa sengaja bisa memakan plastik dan material apapun yang tidak bisa terurai. Plastik yang termakan bisa menyebabkan kematian satwa.

Kendaraan yang melintasi jalan menghasilkan berbagai emisi gas yang bersifat polutan dan kebisingan yang dapat berdampak pada kualitas dan fungsi ekosistem. Menurut Parris (2015), pencemaran dan gangguan yang dipicu oleh lalu lintas dapat terjadi sejauh 2 km pada kedua sisi jalan tergantung pada volume dan kecepatan dari lalu lintas, topografi lokal dan permukaan jalan serta kondisi udara yang ada. Emisi kendaraan dapat juga berdampak pada morfologi, fisiologi, dan biokimia dari tanaman yang mempengaruhi fungsi dan pertumbuhan mereka (Muhamma et al. 2015). Berbagai macam gas seperti nitrogen monoksida (NO), bahan partikulat tersuspensi, komponen organik yang mudah menguap serta sejumlah logam berat seperti tembaga, seng, cadmium, krom serta timbal dilepaskan dari pembakaran bahan bakar fosil.

D. Potensi Bencana

Kawasan hutan di ruas jalan yang melintas TNGL sebagian besar berada pada kelas lereng sangat curam. Pembangunan jalan dengan cara mengupas tebing dan memotong bukit sangat berpotensi menyebabkan tebing tidak stabil dan berakibat longsor. Pembangunan jalan juga menyebabkan sebagian kawasan mengalami gangguan penyerapan air ke dalam tanah khususnya pada badan jalan, sehingga air akan melimpas di permukaan dan menyebabkan genangan banjir.

Potensi bencana lainnya adalah angin putting beliung yang dapat menumbangkan pepohonan yang berada dekat dengan jalan. Pohon-pohon yang berada dekat jalan dengan kondisi rapuh atau tidak sehat mudah tumbang. Hal ini membahayakan bagi pengguna jalan dan bagi satwa yang menggunakan pohon sebagai sarana melintas/ Selain itu pohon besar yang tumbang akan merusak tempat hidup satwa-satwa kecil dan tumbuhan tingkat rendah.

BAB IV
RENCANA MITIGASI DAMPAK RUAS JALAN KARO LANGKAT

A. *Canopy Crossing* Orangutan, Kera, dan Satwa Arboreal Lainnya

Jembatan Kanopi sangat diperlukan sebagai salah satu opsi mitigasi, karena hewan-hewan arboreal sangat banyak jenisnya di hutan-hutan di indonesia. Solusi ini menjadi sangat vital bagi Taman Nasional yang terpotong oleh jalan raya. Karena, umumnya hewan-hewan arboreal ini sangat tidak suka untuk turun ke lantai hutan, jadi pergerakan mereka terbatas dari pohon ke pohon.

Jembatan kanopi ini bisa dibuat sesederhana tali tambang yang dibentang dari pohon di sisi kanan jalan ke pohon di sisi kiri jalan, bisa juga terbuat dari *wire frame* atau *chicken mesh*, dan bahkan dengan *steel frame* dengan bentuk-bentuk bervariasi.

Untuk lebih mengoptimalkan penggunaan jembatan kanopi ini, tipe jembatan ini bisa dikamuflase dengan menggunakan tanaman rambat atau liana.

Anatomi canopy crossing terdiri atas:
Crossing adalah struktur penyeberangan. Strukturnya sendiri akan menyesuaikan dengan hewan yang akan diseberangkan. Mulai dari kekuatan, material dan juga ketinggian.
Kolektor digunakan sebagai penghubung antara tanah, kanopi dan struktur crossing, Kolektor bertindak sebagai jalan bagi hewan arboreal menuju crossing. Kolektor bisa mencapai jarak 50 meter masuk ke dalam hutan dari rising pole.
Attractor/Makanan digunakan sebagi penarik bagi hewan arboreal untuk mengunakan crossing.
Rising Pole adalah bagian dari struktur crossing yang digunakan untuk mencapai ketinggian kanopi.
Disguise/*Camouflage* dapat menggunakan material organic seperti tanaman rambat atau liana dan juga inorganic seperti kain dan cat kamuflase.

Penyeberangan spesifik Orangutan Sumatera (*Pongo abelii)*
Orangutan memiliki panjang tubuhnya sekitar 1,25 meter sampai 1,5 meter. Berat orangutan dewasa betina sekitar 30-50 kilogram, sedangkan yang jantan sekitar 50-90 kilogram. Bulu-bulunya berwarna coklat kemerahan.

Jantan dewasa umumnya penyendiri sementara para betina sering dijumpai bersama anaknya di hutan. Rata-rata setiap kelompok terdiri dari 1-2 orangutan dan kedua jenis kelamin mempunyai daya jelajah sekitar 2-10 kilometer yang banyak bertumpang tindih tergantung pada ketersediaan buah di hutan. Setelah disapih pada umur 3,5 tahun, anak orangutan akan berangsur-angsur independen dari induknya setelah kelahiran anak yang lebih kecil. Orangutan Sumatera betina mulai berproduksi pada usia 10-11 tahun, dengan rata-rata usia reproduksi sekitar 15 tahun.

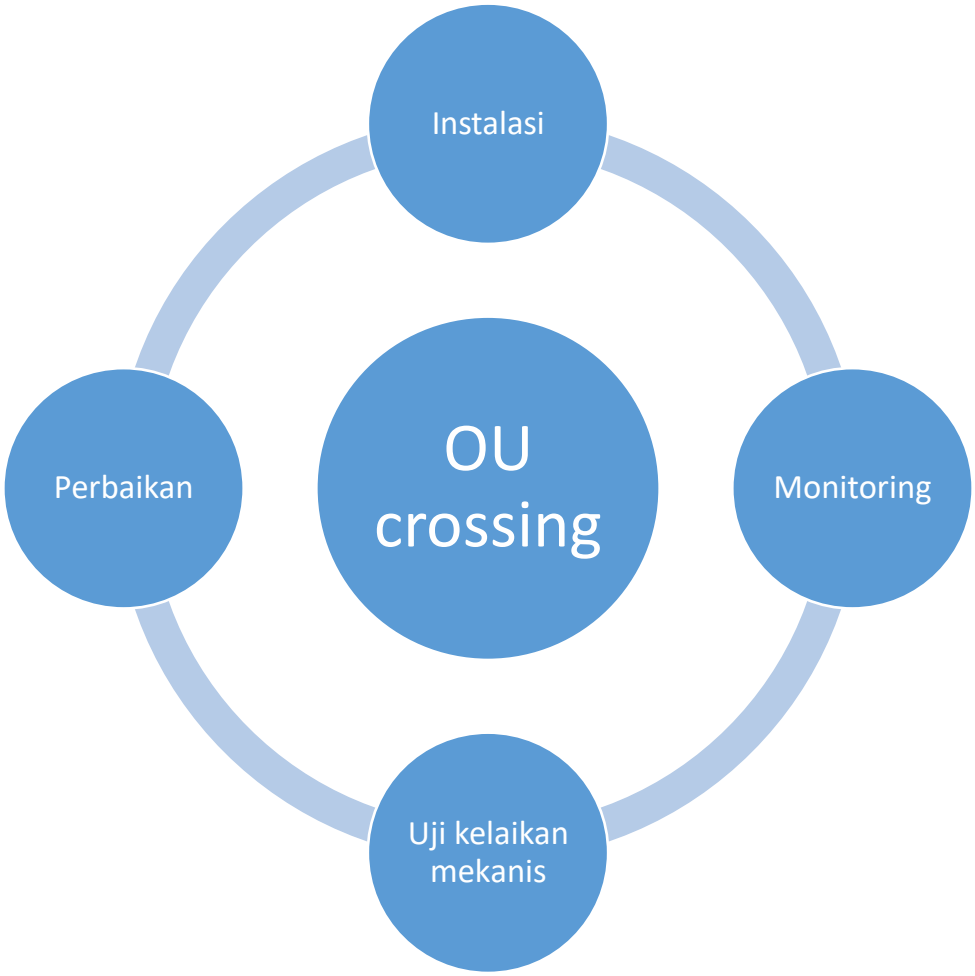
Sekitar 60% makanan orangutan adalah buah-buahan seperti durian, nangka, leci, mangga dan buah ara, sementara sisanya adalah pucuk daun muda, serangga, tanah, kulit pohon dan kadang-kadang telur serta vertebrata kecil. Mereka juga tidak hanya mendapatkan air dari buah-buahan tetapi juga dari lubang-lubang pohon. Orangutan Sumatera diketahui

menggunakan potongan ranting untuk mengambil biji buah. Hal ini menunjukkan tingkat intelegensi yang tinggi pada orangutan Sumatera.
Tahapan:

1. Analisis mitigasi dan pemilihan mitigasi
2. Desain struktur
3. Rekayasa habitat kiri kanan jalan min 500m s.d. 1000m
4. Monitoring kelaikan struktur dan perbaikan jika diperlukan camera trap uji mekanis struktur
5. Canopy crossing orangutan diuji dengan uji tarik 500kg

Keamanan Penyeberangan
Orangutan menyeberang maksimal 2 individu dengan massa total maksimum 200kg. Untuk keamanan seberang masssa total diberi faktor pengali 2.5, sehingga beban struktur *canopy crossing* Orangutan adalah 500kg.

Uji kelaikan mekanis perlu dilakukan dengan menggunakan uji tarik. Uji ini harus dilakukan minimal satu tahun sekali terutama pada musim penghujan (kemungkinan struktur rusak lebih tinggi). Uji Tarik dilakukan dengan mengukur kemampuan struktur ditarik beban 500kg. Uji Tarik menggunakan strain gauge 1T atau 2T.



Gambar 8. Manajemen keamanan penyeberangan.

B. *Overpass* Mamalia

Overpass Mamalia(Satwa-satwa terrestrial seperti, Harimau Sumatera (*Panthera tigris sumatrae*), Kucing Emas (*Felis bengalensis*), Kambing Hutan (*Capricornis sumatraensis sumatraensis*) dan Kijang (*Muntiacus muntjak*).

Penyeberangan satwa jenis *overpass* (salah satunya jembatan) adalah salah satu struktur yang cukup efektif untuk penyeberangan satwa. Satwa yang menyeberang relatif tidak terganggu oleh kendaraan. Tipe-tipe jembatan penyeberangan satwa ini telah digunakan dengan sukses dinegara-negara Eropa dan Amerika.

Dalam memilih lebar yang tepat dari sebuah jembatan penyeberangan jalan mungkin jembatan-jembatan yang pernah dibangun sebelumnya dapat menjadi patokan. Jembatan yang paling lebar pernah dibangun di Banff selebar 50m, kemudian yang standar dibangun diberbagai negara eropa dan amerika memiliki lebar 7m-22m. Masih belum ada penelitian yang cukup untuk menentukan keefektifan lebar terhadap jumlah satwa yang menyeberang.

Jembatan penyeberangan dengan lebar yang lebih sempit dapat digunakan apabila diimplementasikan dengan menggunakan pagar-pagar pengarah disisi kanan dan kiri jalan. Pagar-pagar pengarah ini akan mengarahkan satwa liar ke jembatan penyeberangan.

Keoptimalan penggunaan jembatan penyeberangan dapat pula ditingkatkan dengan menambah vegetasi yang tepat pada jemabatan penyeberangan dan di pintu masuk dan keluar jembatan penyeberangan serta pada badan jembatan. Vegetasi yang digunakan harus sesuai dengan target satwa yang akan menggunakan jembatan penyeberangan. Vegetasi yang akan digunakan dapat dikonsultasikan dengan ahli ekologi dan biologi.

Kemudian, keberadaan manusia dan gangguan dari manusia juga enjadi faktor penting keoptimalan penggunaan jembatan penyeberangan. Semakin sedikit gangguan manusia makan penggunaan jembatan penyeberangan akan lebih optimal.

Overpass harimau harus membuat nyaman harimau untuk melintas. Salah satu caranya adalah dengan menutup penyeberangan dengan vegetasi. Vegetasi ini juga bisa diperuntukkan untuk makanan hewan herbivore yang menjadi makanan bagi harimau.

Perhitungan beban total pada jembatan over pass adalah sebagai berikut:

P_{tanah} (Massa jenis tanah) = 2000kg/m^3

$P_{tumbuhan}$ (Massa jenis tumbuhan dan lainnya) = 1000kg/m^3

Kedalaman tanah minimal 20cm dan maksimal 50cm

Sehingga total beban (T_{load}):

T_{Load}= Vol tanahtotal * (Ptanah + Ptumbuhan) * 3

Keterangan: 3 adalah factor pengali keamanan

C. *Underpass* Satwa Kecil (Reptil, Moluska, Amfibi)

Penyeberangan tipe *underpass* dapat berupa jembatan, jalan layang maupun terowongan *box culvert* atau bahkan sesederhana pipa gorong-gorong biasa. Berikut Tabel 4 dibawah ini menyajikan tipe-tipe penyeberangan *underpass* dan kemungkinan digunakan oleh jenis satwa mana saja.

Tabel 4. Jenis-jenis Penyeberangan *Underpass*

Kelas *Underpass*	Dimensi	Fungsi	Contoh Struktur	Contoh Satwa yang Menggunakan
Kelas D: *Underpass* Kecil	Maksimal tinggi atau lebih rendah dari 1,5m	Memberikan perlindungan pada hewan-hewan kecil. Juga dapat diimplementasikan pada penyeberangan hewan air atau pada gabungan keduanya penyeberangan air di tengan dan disisi kanan-kiri adalah penyeberangan kering.	Jembatan Kecil, Box Culvert Kecil, Pipa Drainase yang bisa berfungsi sebagai penyeberangan hewan air	Hewan-hewan kecil yang tidak terlalu sensitif terhadap ruang tertutup: Amfibi, Reptil, Mamalia Kecil, Beberapa Mamalia Sedang, Hewan-hewan air
Kelas C: *Underpass* Sedang	*Box Culvert* dengan Tinggi Lebih Besar dari 1,5m sampai 2,5m	Dimensi yang cukup besar memberikan kesempatan bagi hewan sedang dan sebagiakan kecil hewan besar bisa lewat. Cukup memberikan perlindungan bagi hewan yang melintas, serta terowongan ini bisa digabung dengan penyeberangan air (multi fungsi).	*Box Culvert*, Konstruksi Pipa Baja baik Kotak Maupun *Arch*, serta Jembatan Kecil.	Hewan yang cukup sensitif dengan tempat tertutup sehingga jalan keluar harus terlihat jelas bagi hewan ini. Contohnya adalah mamalia sedang Rusa, Kancil dan Babi Serta Karnivora Besat seperti Harimau dan Beruang. Juga tentunya dimanfaatkan hewan-hewan lain yang menggunakan penyeberangan ang lebih kecil.

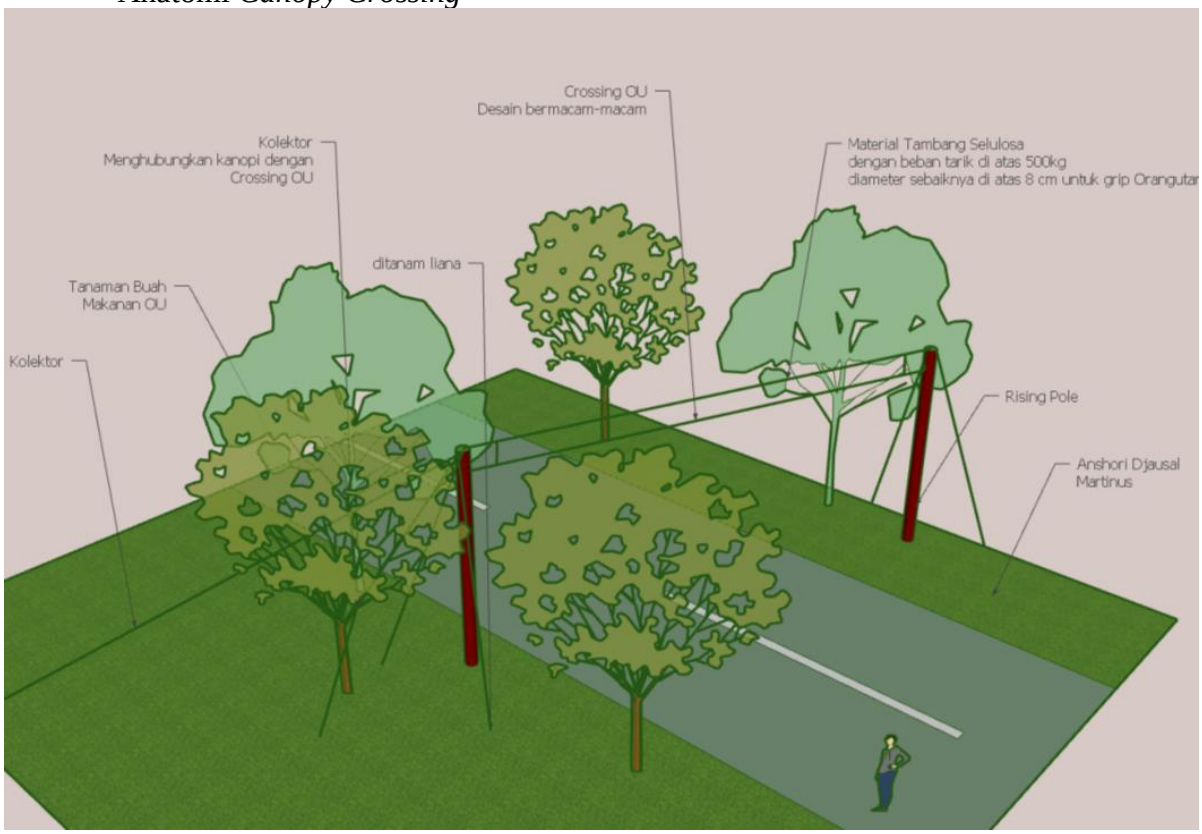
Kelas B: *Underpass* Besar	*Box Culvert* dengan tinggi minimal: 2,5m sampai 6m, dan Jembatan Sedang	Memberikan jalur penyeberanganbagi mamalia besar yang sangat berhati-hati memerlukan jarak pandang yang cukup jauh serta ruang untuk bermanuver. Juga mungkin dengan perlindungan apabila dikamuflase dengan vegetasi tertentu.	*Box Culvert* Standar, Pipa Metal Besar dan jembatan dengan tinggi minimal 2.5m dan lebar minimal 10m. Jembatan juga bisa memberikan jalur penyeberangan air yang cukup.	Hampir seluruh mamalia besar seperti Rusa, Babi, Gajah, Kerbau serta Karnivora besar sepert Harimau dan Beruang. Juga tentunya dimanfaatkan hewan-hewan lain yang menggunakan penyeberangan ang lebih kecil.
Kelas A: *Underpass* Sangat Besat	Jembatan Layang Bagi Kendaraan	Memberikan jalur penyeberangan yang ideal dengan vegetasi yang sesuai dapat menjadi pilihan penyeberangan untuk semua hewan. Tentunya juga bisa digabung dengan jalur penyeberangan air.	Jalan Layang, Jembatan Besar	Seluruh Hewan Terestial Termasuk Badak dan Hewan Air

D. Tata Letak Bangunan Mitigasi

1. *Canopy Crossing* Orangutan, Kera, dan Satwa Arboreal Lainnya
   Jembatan kanopi ini bisa dibuat sesederhana tali tambang yang dibentang dari pohon di sisi kanan jalan ke pohon di sisi kiri jalan, bisa juga terbuat dari *wire frame* atau *chicken mesh*, dan bahkan dengan *steel frame* dengan bentuk-bentuk bervariasi.

   Untuk lebih mengoptimalkan penggunaan jembatan kanopi ini, tipe jembatan ini bisa dikamuflase dengan menggunakan tanaman rambat atau liana.

Anatomi *Canopy Crossing*



Gambar 9. Anatomi *canopy crossing*.

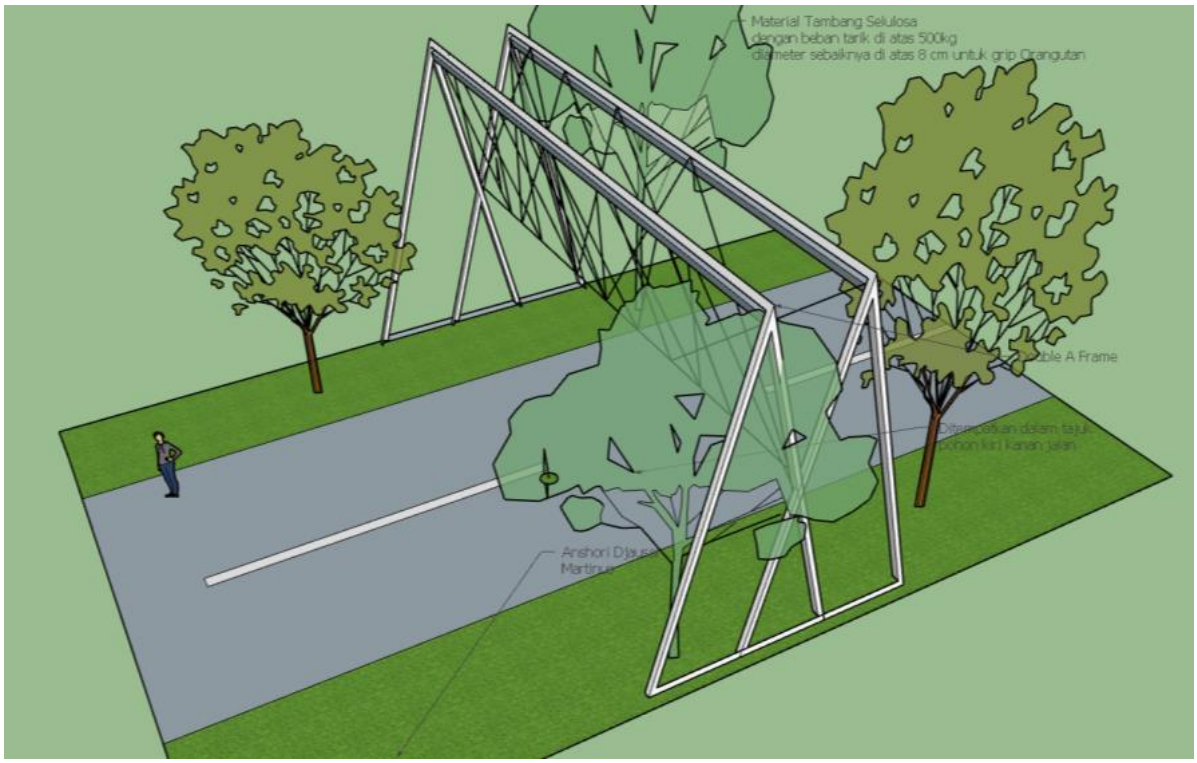
Canopy crossing pada dasarnya terdiri atas:
Crossing adalah struktur penyeberangan. Strukturnya sendiri akan menyesuaikan dengan hewan yang akan diseberangkan. Mulai dari kekuatan, material dan juga ketinggian.
Kolektor digunakan sebagai penghubung antara tanah, kanopi dan struktur crossing, Kolektor bertindak sebagai jalan bagi hewan arboreal menuju crossing. Kolektor bisa mencapai jarak 50 meter masuk ke dalam hutan dari rising pole.
Attractor/Makanan digunakan sebagi penarik bagi hewan arboreal untuk mengunakan crossing.
Rising Pole adalah bagian dari struktur crossing yang digunakan untuk mencapai ketinggian kanopi.
Disguise/*Camouflage* dapat menggunakan material organic seperti tanaman rambat atau liana dan juga inorganic seperti kain dan cat kamuflase.

Penyeberangan spesifik Orangutan Sumatera (*Pongo abelii)*
Tahapan:
a. Analisis mitigasi dan pemilihan mitigasi
b. Desain struktur
c. Rekayasa habitat kiri kanan jalan min 500m s.d. 1000m
d. Monitoring kelaikan struktur dan perbaikan jika diperlukan Camera trap Uji mekanis struktur
e. Canopy crossing Orangutan diuji dengan uji Tarik 500kg

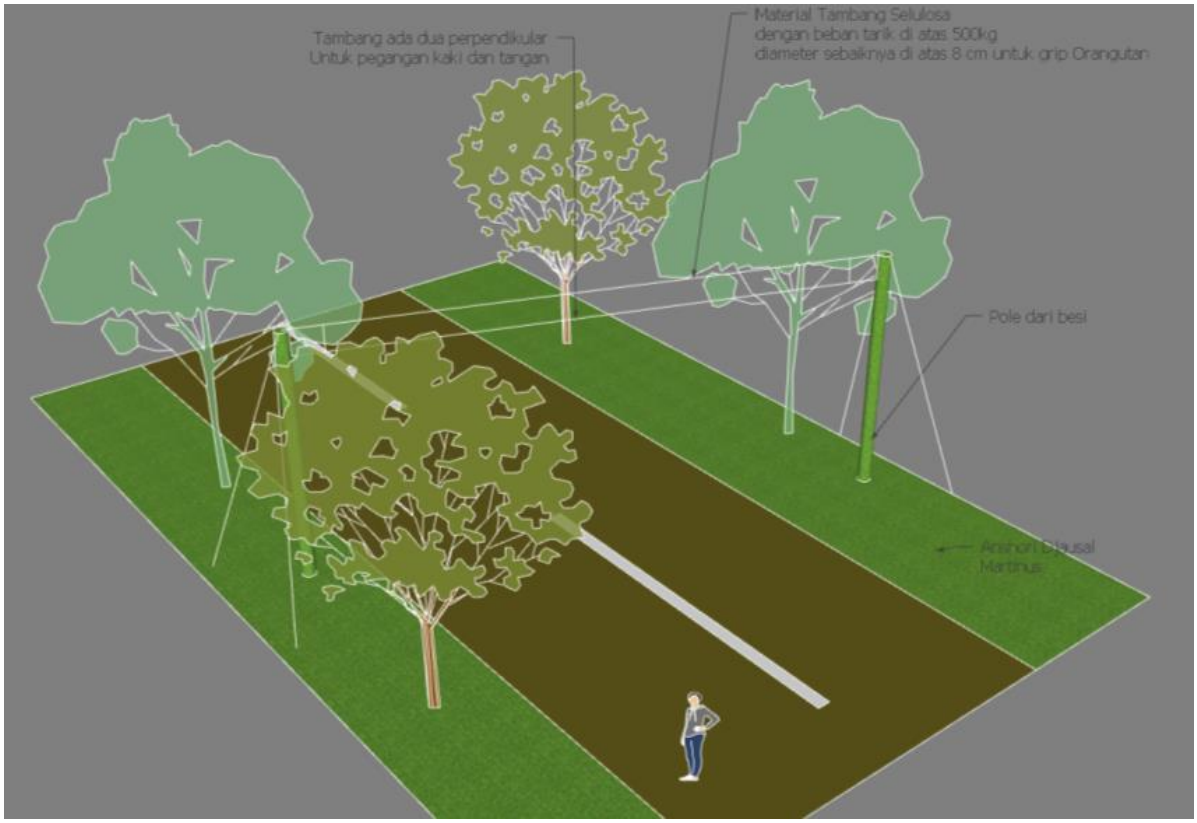
Keamanan Penyeberangan

Orangutan menyeberang maksimal 2 individu dengan massa total maksimum 200kg. Untuk keamanan seberang masssa total diberi faktor pengali 2.5, sehingga beban struktur canopy crossing ou adalah 500kg.

Uji kelaikan mekanis perlu dilakukan dengan menggunakan uji tarik. Uji ini harus dilakukan minimal satu tahun sekali terutama pada musim penghujan (kemungkinan struktur rusak lebih tinggi). Uji Tarik dilakukan dengan mengukur kemampuan struktur ditarik beban 500kg. Uji Tarik menggunakan strain gauge 1T atau 2T.



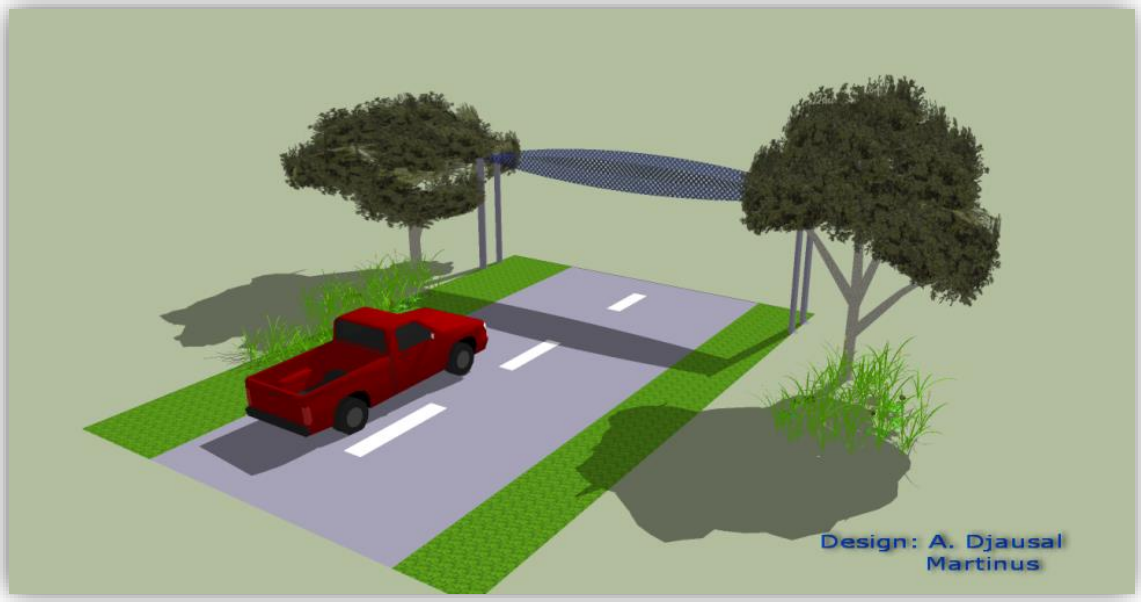
Gambar 10. Contoh jembatan kanopi dibuat dengan *double a frame*.



Gambar 11. Contoh jembatan kanopi dibuat dengan tambang.

Gambar 12. Contoh jembatan kanopi dibuat dengan steel frame #1.

Gambar 13. Contoh jembatan kanopi dibuat dengan steel frame #2.

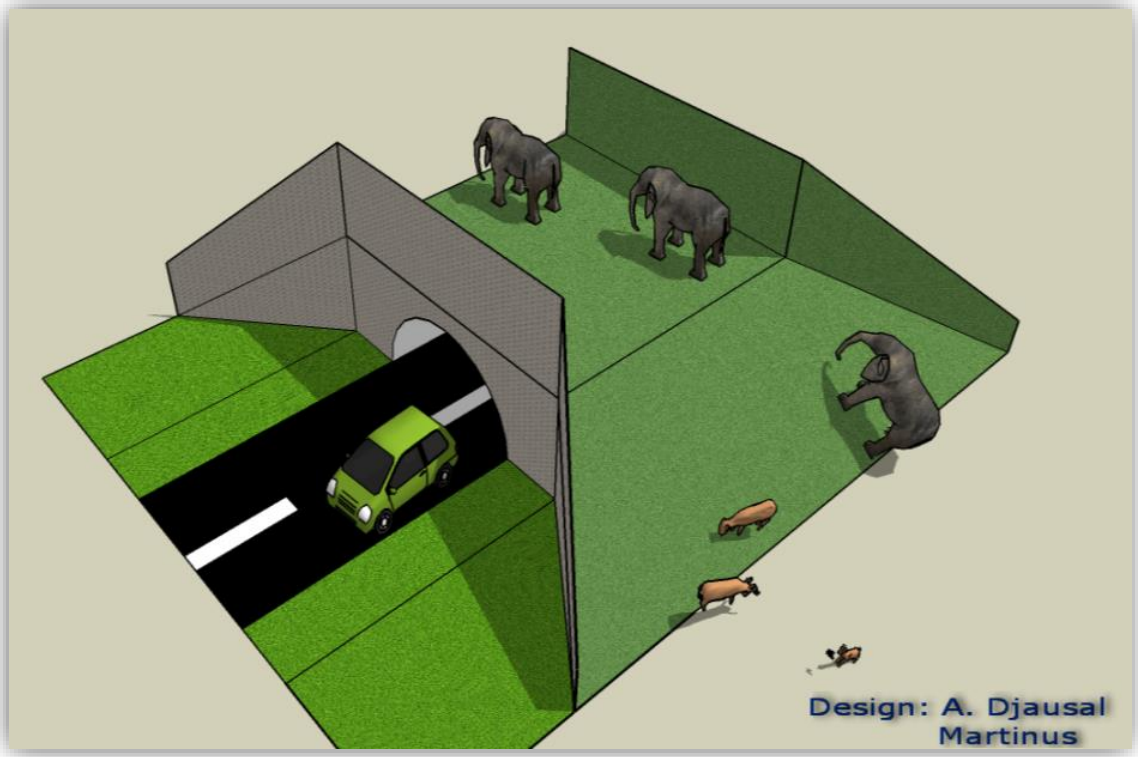


Gambar 14. Contoh jembatan kanopi yang dibuat menggunakan *wire mesh*.

Gambar 15. Contoh jembatan kanopi yang dibuat menggunakan *wire*.

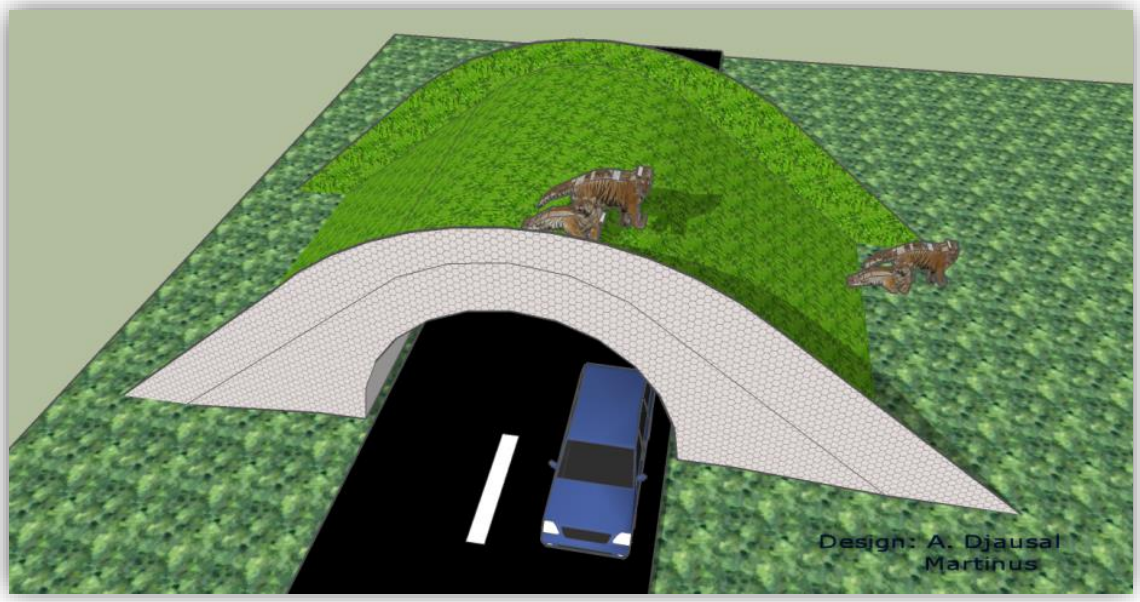
Simple rope bridges like this could help connect forests fragmented by human activities, a new study finds. That could be good news for critically endangered Hainan gibbons (one shown) and possibly other species
KADOORIE FARM AND BOTANIC GARDEN, B.P.L. CHAN *ET AL/SCIENTIFIC REPORTS* 2020

Gambar 16. Contoh jembatan kanopi yang dibuat menggunakan *wire*.



Gambar 17. Contoh jembatan penyeberangan dengan pagar pengarah di pintu masuk dan keluar disertai vegetasi.

Gambar 18. Contoh jembatan penyeberangan dengan lansekap kiri-kanan jalan yang lebih tinggi dari jalan disertai dengan *fencing*.



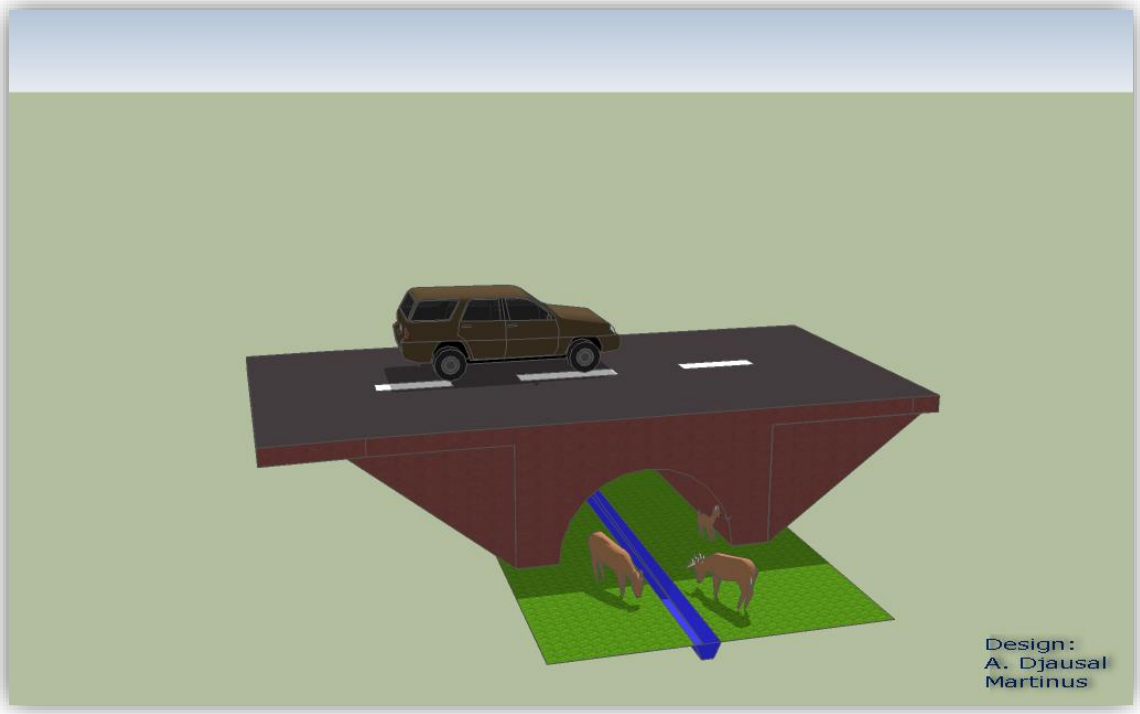
Gambar 19. Contoh jembatan penyeberangan yang lebih kecil.

Gambar 20. Contoh jembatan penyeberangan.

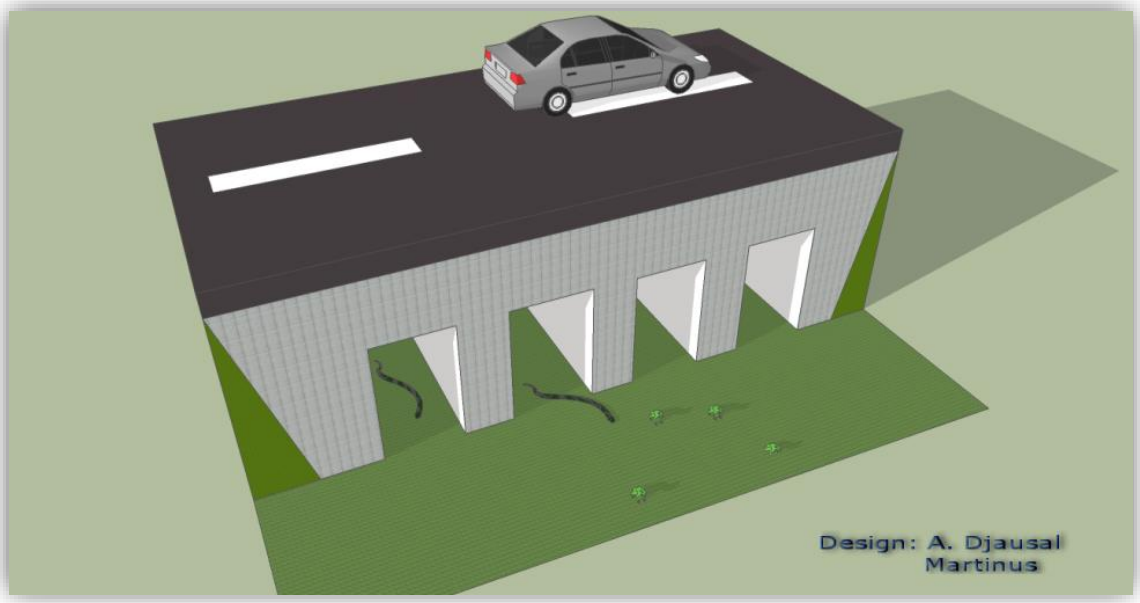
Berdasarkan informasi petugas patrol di lapangan (Bryan Adam) pada tahun 2014 sempat ditemukan jejak harimau di sekitar lokasi kubangan ini.

Gambar 21. Salah satu lokasi dengan sumber air.

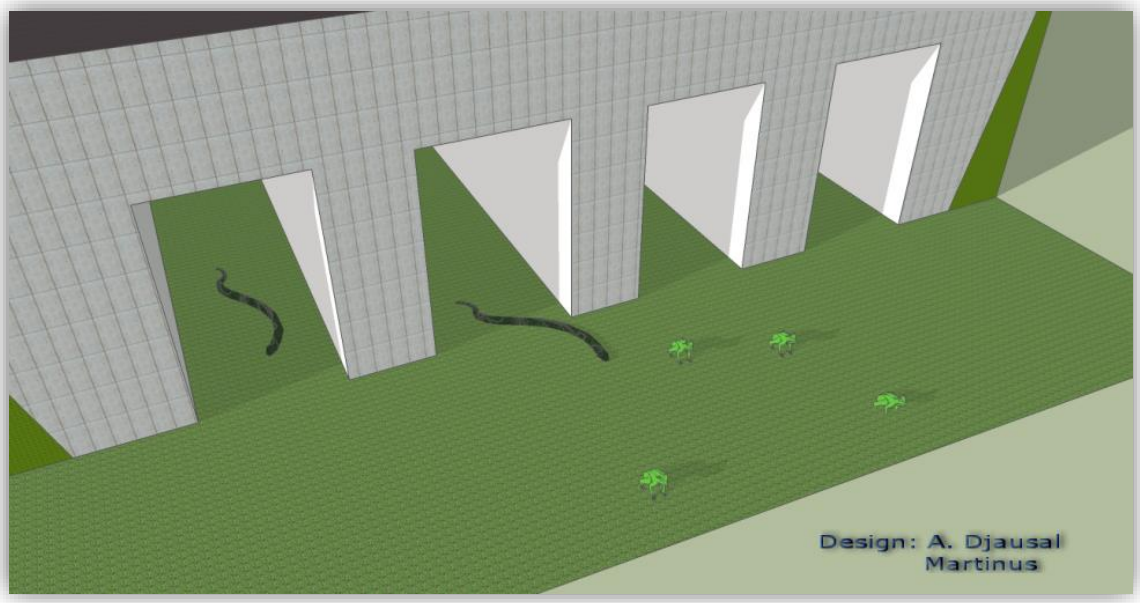
2. Mitigasi *Underpass* kecil (Reptil, Moluska, Amfibi)
   Penyeberangan tipe *underpass* dapat berupa jembatan, jalan layang maupun terowongan *box culvert* atau bahkan sesederhana pipa gorong-gorong biasa. Berikut Tabel 2 dibawah ini menyajikan tipe-tipe penyeberangan *underpass* dan kemungkinan digunakan oleh jenis satwa mana saja.



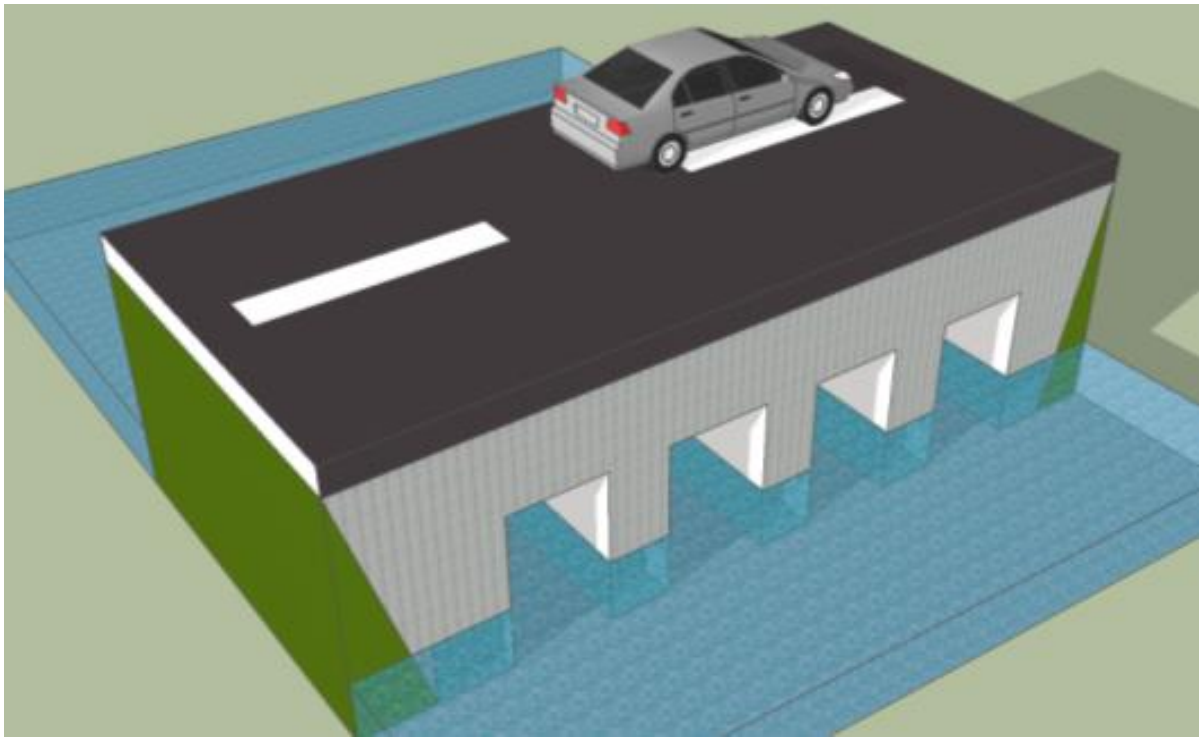
Gambar 22. Contoh jembatan penyeberangan *underpass* multi fungsi disertai dengan jalur penyeberangan air.



Gambar 23. Contoh penyeberangan *underpass* kecil #1.

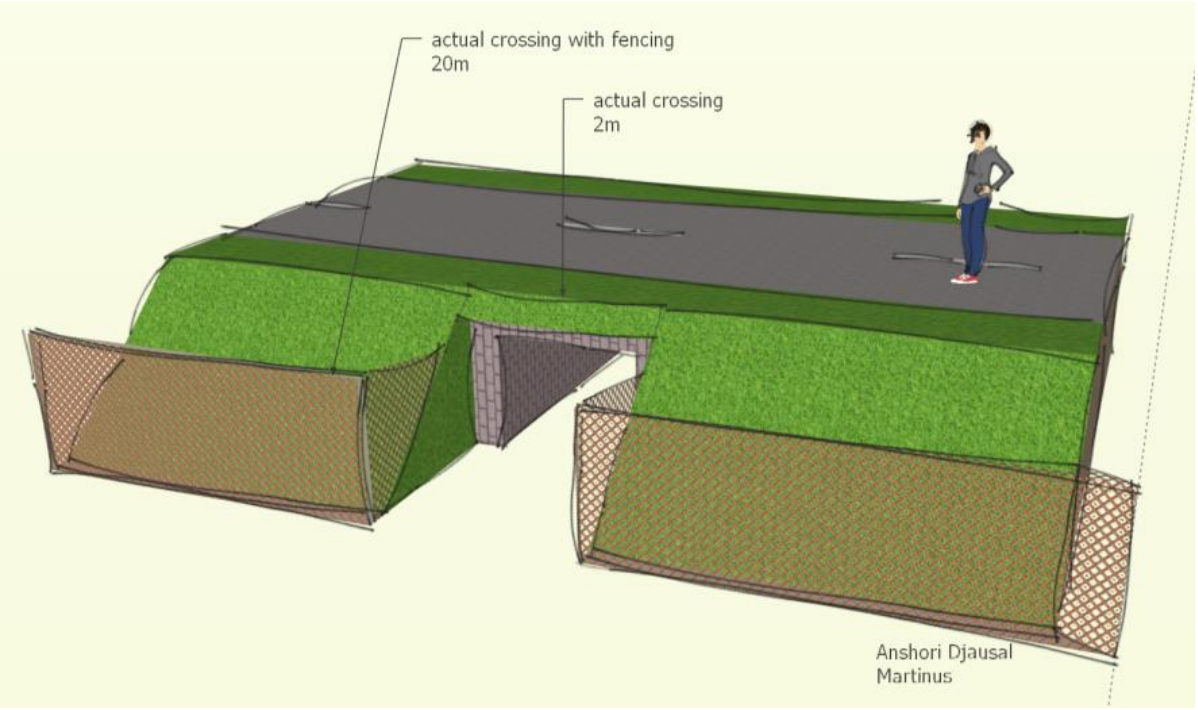


Gambar 24. Contoh penyeberangan *underpass* kecil #2.

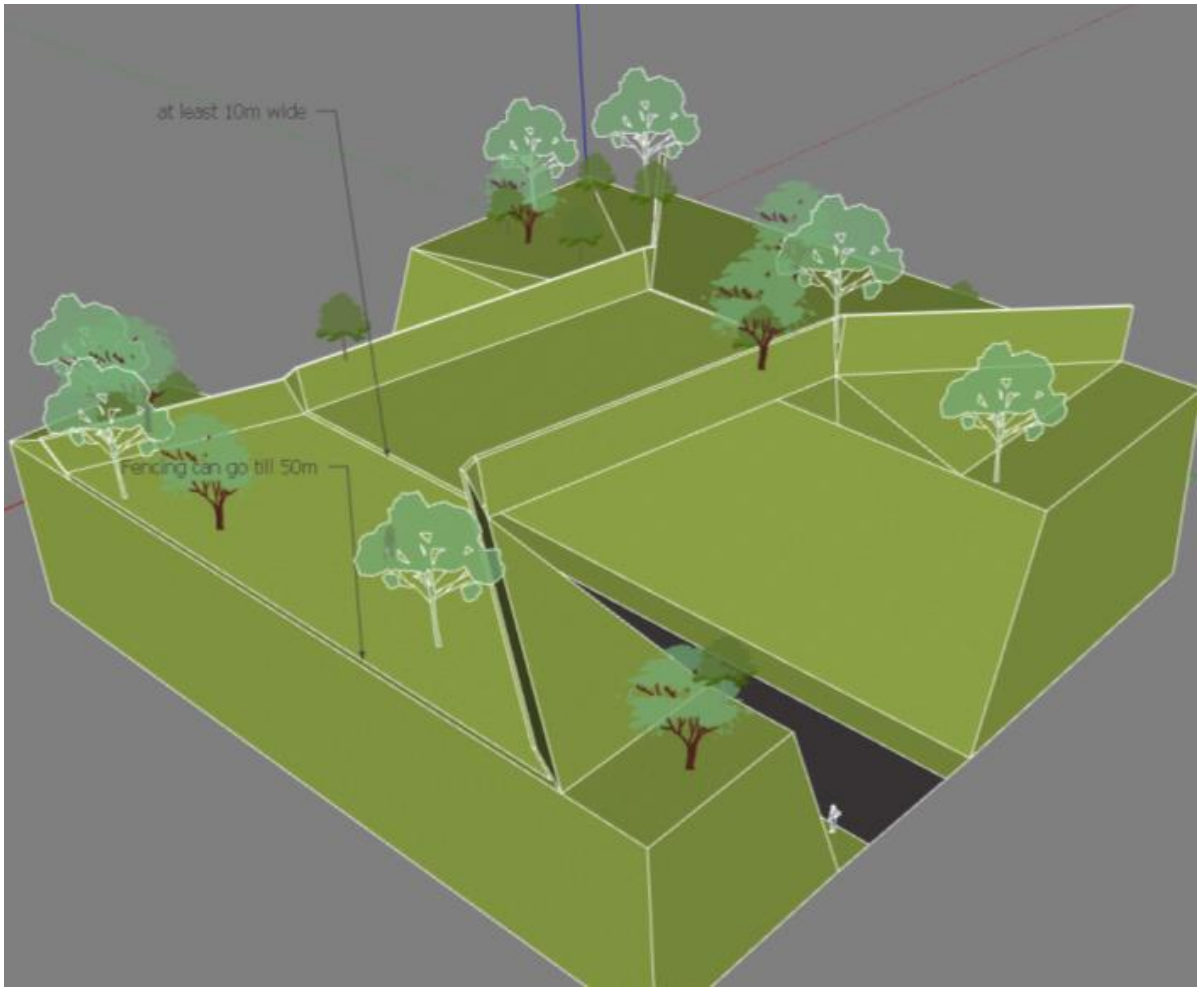


Gambar 25. Terowongan air bisa digunakan untuk melancarkan perpindahan air.

3. Fencing/Pemagaran
   Fencing dilakukan untuk mengarahkan satwa liar untuk menyeberang di tempat yang tepat. Fencing dapat meningkatkan efektivitas penyeberangan satwa liar yang tidak lebar dan banyak. Contoh pada gambar di bawah ini meningkatkan keefektifan penyebrangan satwa sampai sepuluh kali lipat lebar penyeberangan satwa aslinya.



Gambar 26. Fencing untuk *underpass*.



Gambar 27. Fencing untuk *overpass*.

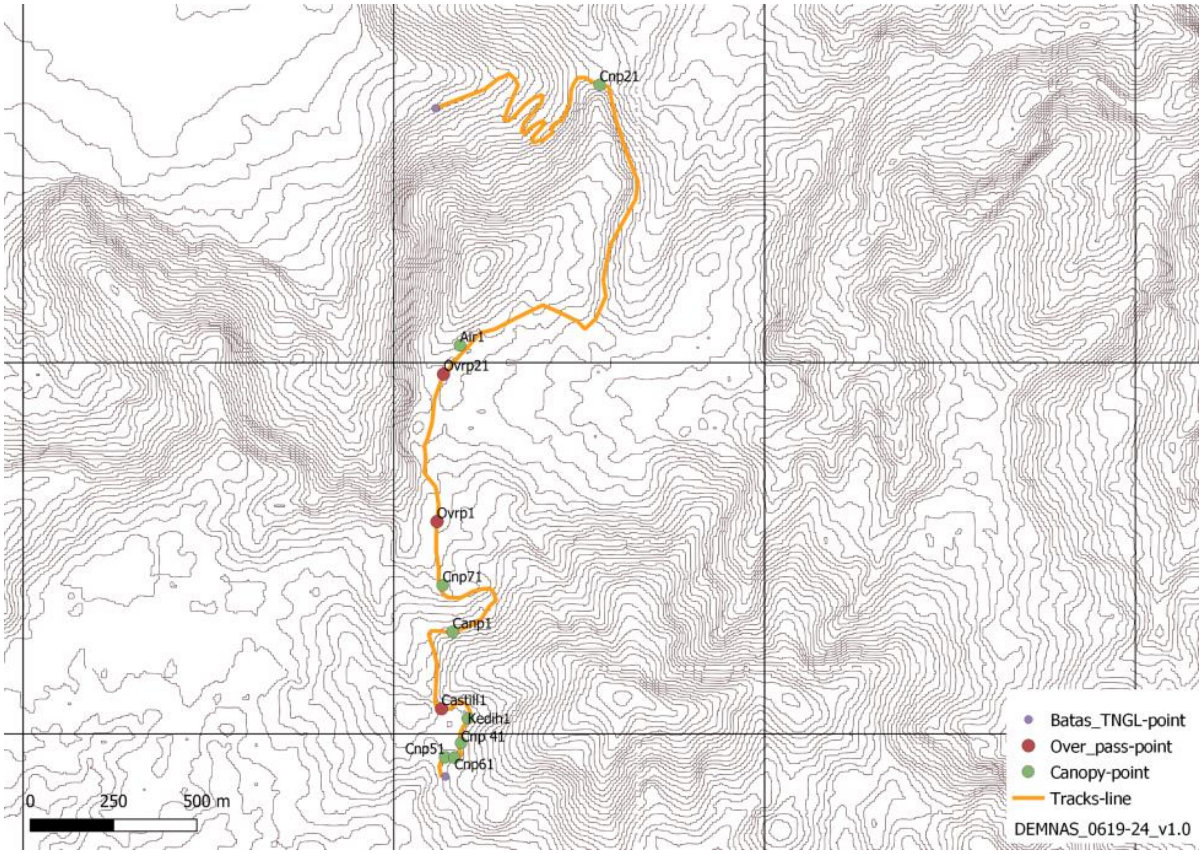
E. Manajemen Jalan

1. Pembatasan Kecepatan (Rambu)

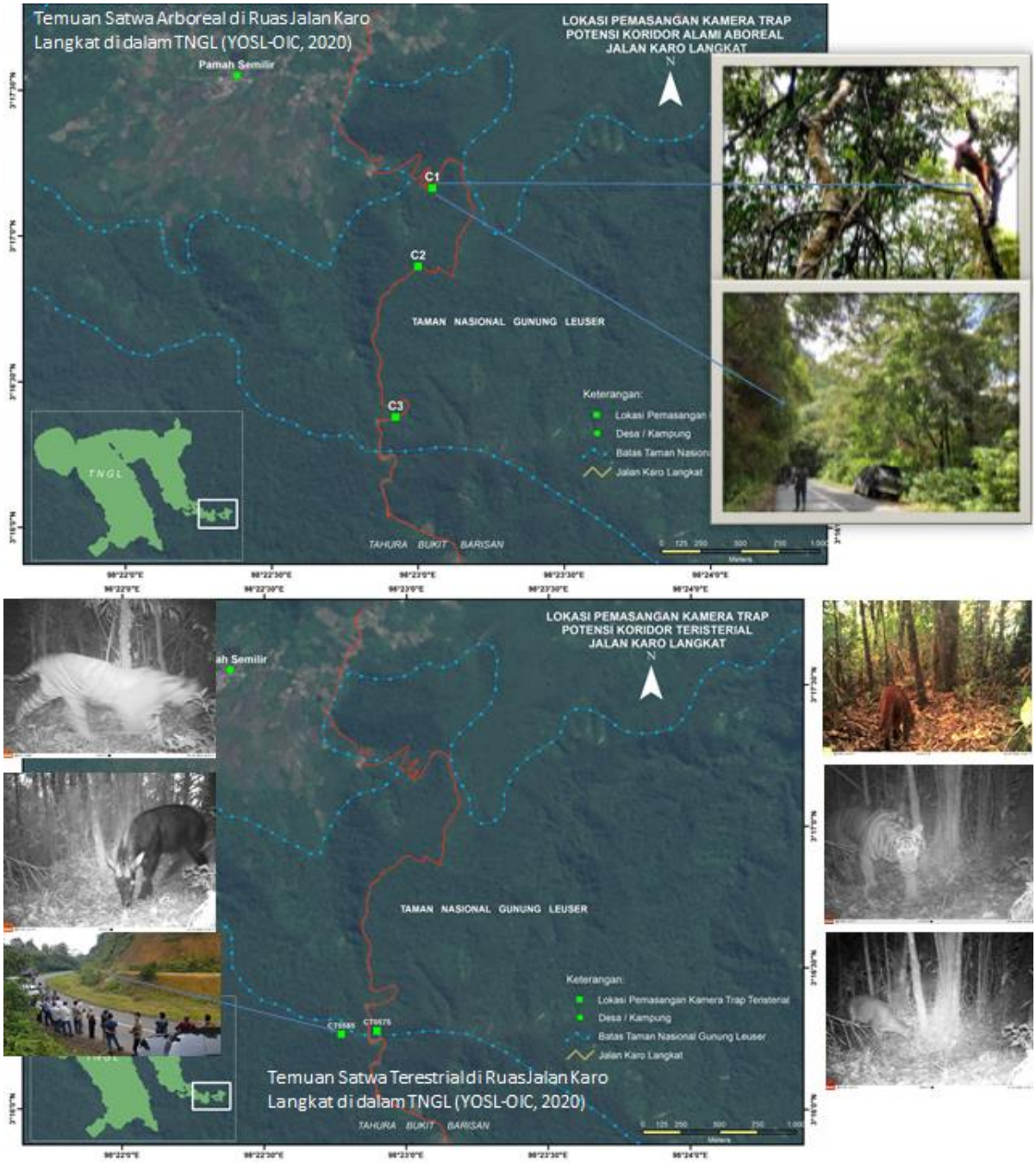
Gambar 28. Rambu-rambu perlintasan satwa.

2. Pembatasan Jenis Kendaraan
   Berdasarkan suara/maks dB, berdasarkan vibrasi, berdasarkan jenis, berdasarkan berat dan berdasarkan tinggi.
3. Pembatasan Waktu (buka tutup operasional jalan)
   Jenis mitigasi ini bisa digunakan untuk mendukung mitigasi struktur yang sudah dibangun dan pada area di mana tipe mitigasi lain tidak memungkinkan. Manajemen jalan akan menaikkan keefektivan struktur penyeberangan yang dibangun.

Gambar 29. *Connectivity area*.



Gambar 30. Lokasi mitigasi.



Gambar 31. Nilai penting pada jalan.

DAFTAR PUSTAKA

Aguilar, R., Quesada, M., Ashworth, L., Herrerias-Diego, Y. Lobo, J. (2008) Genetic consequences of habitat fragmentation in plant populations: susceptible signals in plant traits and methodological approaches. Mol Ecol. 17(24):5177-88. doi: 10.1111/j.1365294X.2008.03971.x.

BBTNGL. 2021. Laporan Smart Patrol 2015 – 2020. Balai Besar Taman Nasional Gunung Leuser. Medan.

Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi Provinsi Sumatera. 2019. Dokumen Evaluasi Lingkungan Hidup (DELH) Ruas Jalan Provinsi Jurusan Namu Ukur – Batas Karo di Kabupaten Langkat. Medan.

Fahrig, L. (2003) Effects of Habitat Fragmentation On Biodiversity Annu. Rev. Ecol.Evol. Syst. 2003. 34:487–515 doi:

Farias I.P., Santos W.G., Gordo M., Hrbek T. (2015) Effects of Forest Fragmentation of Genetic Diversity of the Critically Endangered Primate, the Pied Tamarin (Saguinus bicolor): Implications for Conservation.10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419

Indonesian Government (2016) State Party Report 2015: State of Conservation Status of The World Heritage in Indonesia Tropical Rainforest Heritage of Sumatra (N 1167). Coordinating Ministry for Human Development and Culture. Jakarta.

IUCN. 2004. World Heritage Nomination. IUCN Technical Evaluation. Tropical Rainforest Heritage of Sumatra (Indonesia) ID No 1167

IUCN. 2013. World Heritage Advice Note: Environmental Assessment. Switzerland. International Union for Conservation of Nature

Ministry of Forestry. 2004. Tropical Rainforest Heritage of Sumatra (TRHS). Directorate General of Forest Protection and Nature Conservation Ministry of Forestry. Jakarta. Indonesia

Ministry of Environment and Forestry (MoEF). 2015. Gunung Leuser National Park (GLNP) Action Plan. Directorate General Ecosystem and Natural Resourcces Conservation. Ministry of Environment and Forestry of Republic of Indonesia

Ministry of Environment and Forestry (MoEF). 2020. State of Conservation Status of the World Heritage in Indonesia. World Heritage Property Tropical Rainforest Heritage of Sumatra (N 1167)

Parris, K.M. (2015) Ecological impacts of road noise and options for mitigation. In R. van der Ree, C. Grilo and D. Smith (eds) Ecology of Roads: A Practitioners' Guide to Impacts and Mitigation 151 – 158.

Muhammad Y., Akhtar, R., Muhammad, U., Bibi, S., Talimand, H., Aslam, M.M., Khan, P. and Shakir, S.K. (2015) Effects of Road Side Pollution on Vegetation – A Mini Review. Journal of Bio-Molecular Sciences JBMS) 3 (3 &4): 97- 106.

Rico, A., Kindlmann, P., & Sedlacek, F. (2007) Barrier effects of roads on movements of small mammals. Folia Zoology. 56 (1): 1- 12

YOSL-OIC. 2020. Laporan Monitoring Intensitas Penggunaan Kendaraan Bermotor Dijalan Lintas Karo Langkat TNGL. Orangutan Information Center

YOSL-OIC. 2020. Inventarisasi Jenis-Jenis Burung dan Status Perlindungannya di Blok Hutan Sepanjang Jalan Karo Langkat Kawasan Taman Nasional Gunung Leuser. Orangutan Information Center

YOSL-OIC. 2020. Inventarisasi Herpetofauna (Amfibi-Reptil) di Blok Hutan Sepanjang Jalan Karo Langkat Kawasan Taman Nasional Gunung Leuser. Orangutan Information Center