

SE Menteri PUPR

Nomor : /SE/M/2016

Tanggal :

PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

**Sistem pengambilan keputusan untuk pemilihan
terowongan jalan atau galian lereng tinggi**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	v
Pendahuluan	vi
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ketentuan	4
4.1 Umum	4
4.2 Sistem pengambilan keputusan	4
4.2.1 Identifikasi masalah	4
4.2.2 Identifikasi tujuan	5
4.2.3 Pengumpulan dan pengkajian data	5
4.2.4 Perancangan	10
4.2.4.1 Identifikasi alternatif	10
4.2.4.2 Identifikasi kriteria	10
4.2.4.3 Pemodelan	11
4.2.5 Pemilihan alternatif	15
4.2.6 Implementasi	16
5 Prosedur sistem pengambilan keputusan	16
5.1 Identifikasi Masalah	17
5.2 Identifikasi tujuan	17
5.3 Pengumpulan dan pengkajian data	18
5.4 Perancangan	18
5.4.1 Identifikasi alternatif	18
5.4.2 Identifikasi kriteria	18
5.4.3 Pemodelan	18
5.4.3.1 Model AHP	18
5.4.3.2 Model pohon keputusan	22
5.4.3.3 Model <i>Laplace</i>	24
5.5 Pemilihan alternatif	25
5.5.1 Model AHP	25
5.5.2 Model pohon keputusan	25
5.5.3 Model <i>Laplace</i>	26
5.6 Implementasi	26
Lampiran A (informatif) Contoh pengambilan keputusan dengan model <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	27
Lampiran B (informatif) Contoh pengambilan keputusan dengan model pohon keputusan ..	56
Lampiran C (informatif) Contoh pengambilan keputusan dengan Model <i>Laplace</i>	70
Bibliografi	78

Gambar 1 - Pemilihan model	12
Gambar 2 - Struktur hierarki AHP	12
Gambar 3 - Bagan alir tahapan sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi.....	17
Gambar 4 - Sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi dengan model AHP	20
Gambar 5 - Stukturisasi AHP	21
Gambar 6 - Sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi dengan model pohon keputusan	23
Gambar 7 - Sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi dengan model <i>Laplace</i>	25
Gambar A.1 - Peta struktur ruang dan pola pemanfaatan ruang	31
Gambar A.2 - Peta geologi.....	33
Gambar A.3 - Peta lokasi pemboran teknis.....	35
Gambar A.4 - Distribusi curah hujan Juni 2012	36
Gambar A.5 - Rute alternatif konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi di terrain pegunungan.....	41
Gambar A.6 - penampang memanjang konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi di topografi pegunungan	41
Gambar A.7 - Tingkatan hierarki sistem pemilihan keputusan untuk tipe konstruksi di pegunungan.....	42
Gambar B.1 - Peta sebaran kejadian gempa	58
Gambar B.2 - Rute alternatif konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi topografi pegunungan	61
Gambar B.3 - Penampang memanjang konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi di topografi pegunungan.....	61
Gambar B.4 - Plot koordinat gempa di peta sebaran gempa.....	62
Gambar B.5 - Pohon keputusan sistem pemilihan keputusan antara terowongan dan galian lereng tinggi di Lokasi X.....	67
Gambar C.1 - Rute alternatif konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi di terrain pegunungan.....	74
Gambar C.2 - Penampang memanjang konstruksi.....	74
Tabel 1 - Perkiraan risiko atau dampak yang mungkin timbul pada konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi	5
Tabel 2 - Data sekunder	6
Tabel 3 - Contoh kriteria yang digunakan pada pengambilan keputusan di antara konstruksi terowongan jalan atau konstruksi galian lereng tinggi	10
Tabel 4 - Kriteria sistem pengambilan keputusan untuk pemilihan terowongan dan galian lereng tinggi berdasarkan model <i>Laplace</i> , pohon keputusan dan AHP	11
Tabel 5 - Skala perbandingan (Saaty, 2008).....	13
Tabel 6 - Nilai indeks acak (Saaty, Thomas L., dan Luis G. Vargas, 1994)	14

Tabel 7 - Asumsi perhitungan biaya.....	14
Tabel 8 - Asumsi perhitungan biaya akibat bencana.....	15
Tabel A.1 - Contoh pengisian formulir pernyataan dampak/masalah.....	27
Tabel A.2 - Contoh pengisian formulir pernyataan tujuan.....	29
Tabel A.3 - Contoh formulir matriks ketersediaan data.....	30
Tabel A.4 - Contoh formulir pemodelan.....	38
Tabel A.5 - Contoh pengisian formulir pernyataan alternatif.....	39
Tabel A.6 - Contoh formulir pernyataan kriteria.....	40
Tabel A.7 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria.....	43
Tabel A.8 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria teknis.....	43
Tabel A.9 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria lingkungan ..	44
Tabel A.10 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria sosial dan budaya ..	44
Tabel A.11 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria biaya.....	45
Tabel A.12 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden sub sub kriteria biologi.....	46
Tabel A.13 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden sub sub kriteria fisika.....	46
Tabel A.14 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria pengambilan keputusan dalam pemilihan.....	46
Tabel A.15 - Contoh matriks berpasangan hasil.....	49
Tabel A.16 - Contoh matriks berpasangan kriteria teknis.....	49
Tabel A.17 - Contoh matriks berpasangan kriteria teknis keseluruhan.....	50
Tabel A.18 - Contoh matriks berpasangan kriteria teknis yang diubah dalam bentuk desimal.....	50
Tabel A.19 - Normalisasi matriks berpasangan kriteria teknis.....	50
Tabel A.20 - Prioritas matriks berpasangan kriteria teknis.....	51
Tabel A.21 - Prioritas setiap sub kriteria dan sub sub kriteria.....	52
Tabel A.22 - Prioritas kriteria dan sub kriteria pada masing-masing konstruksi.....	53
Tabel A.23 - Contoh formulir pemilihan alternatif.....	54
Tabel A.24 - Contoh formulir pengisian pernyataan solusi.....	55
Tabel A.25 - Contoh formulir pengisian rencana implementasi.....	55
Tabel B.1 - Contoh pengisian formulir matriks ketersediaan data.....	57
Tabel B.2 - Contoh pengisian formulir pemodelan.....	59
Tabel B.3 - Contoh pengisian formulir pernyataan kriteria pada pemodelan pohon keputusan.....	60
Tabel B.4 - Nilai Mw pada sebaran gempa alternatif terowongan.....	63
Tabel B.5 - Nilai Mw pada sebaran gempa alternatif galian lereng tinggi.....	63
Tabel B.6 - Frekuensi masing-masing bencana pada alternatif terowongan.....	63
Tabel B.7 - Frekuensi masing-masing bencana pada alternatif galian lereng tinggi.....	63
Tabel B.8 - Biaya proyek, biaya konstruksi dan perhitungan biaya pemeliharaan.....	64

Tabel B.9 - Perhitungan biaya operasi, perhitungan biaya akibat bencana besar dan biaya sedang	64
Tabel B.10 - Perhitungan biaya akibat bencana kecil dan besar dan perhitungan biaya kecelakaan	64
Tabel B.11 - Perhitungan biaya total bencana besar, bencana sedang dan bencana kecil.....	65
Tabel B.12 - Perhitungan perkiraan biaya sesuai.....	65
Tabel B.13 - Hasil perhitungan probabilitas alternatif terowongan.....	66
Tabel B.14 - Hasil perhitungan probabilitas alternatif galian lereng tinggi.....	66
Tabel B.15 - Nilai ekspektasi model pohon keputusan untuk lokasi jalan x	68
Tabel B.16 - Contoh pengisian formulir pemilihan alternatif	68
Tabel B.17 - Contoh pengisian formulir pernyataan solusi	69
Tabel B.18 - Contoh pengisian formulir rencana implementasi	69
Tabel C.1 - Contoh pengisian formulir matriks ketersediaan data	71
Tabel C.2 - Contoh pengisian formulir pemodelan	72
Tabel C.3 - Contoh pengisian formulir pernyataan kriteria	73
Tabel C.4 - Hasil model <i>Laplace</i> untuk lokasi jalan x	75
Tabel C.5 - Nilai ekspektasi model <i>Laplace</i> untuk lokasi jalan x.....	75
Tabel C.6 - Contoh pengisian formulir pemilihan alternatif.....	76
Tabel C.7 - Contoh pengisian formulir pernyataan solusi.....	77
Tabel C.8 - Contoh formulir rencana implementasi	77

Prakata

Pedoman sistem pengambilan keputusan untuk pemilihan antara terowongan jalan atau galian lereng tinggi ini disusun dengan mengacu pada Pedoman Pra Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan (Pd-T-18-2005-B) dan Pedoman Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan (Pd. T-19-2005-B) dan merupakan hasil penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.

Pedoman ini dipersiapkan oleh Komite Teknis 91-01 Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil pada Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan melalui Gugus Kerja Geoteknik Jalan Pusat Litbang Jalan dan Jembatan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standarisasi Nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 10 Juli 2014 di Bandung oleh Subkomite Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Kondisi topografi dan geologi Indonesia yang kompleks merupakan permasalahan dalam menyediakan sarana dan prasarana infrastruktur, khususnya konstruksi jalan di pegunungan dengan kendala yang umum terjadi yaitu waktu tempuh efektif tidak dapat terpenuhi.

Dalam perencanaan konstruksi jalan di pegunungan, seringkali harus dipilih antara terowongan jalan dan galian lereng tinggi. Pengambilan keputusan untuk memilih salah satu dari kedua alternatif tersebut membutuhkan banyak pertimbangan penting. Untuk konstruksi terowongan, terdapat ketidakpastian kondisi bawah permukaan sehingga dianggap sebagai salah satu proyek infrastruktur dengan anggaran besar, durasi yang panjang dan model pelaksanaan yang kompleks. Lain halnya dengan konstruksi galian lereng tinggi, walaupun model pelaksanaan sudah diketahui secara umum, dibutuhkan lokasi pembuangan material hasil galian dan permasalahan gerusan permukaan serta stabilitas lereng pada masa operasional jalan. Karakteristik galian atau terowongan menyebabkan ketidakpastian teknis seperti kondisi geologi, kondisi tanah/batuan, kondisi air tanah serta lingkungan, sosial, bencana yang berdampak pada perkiraan durasi dan biaya konstruksi.

Pedoman ini diharapkan dapat membantu para pengambil keputusan dalam menentukan pilihan di antara konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi pada jalan baru dengan topografi pegunungan dengan sistematis, komprehensif, konsisten dan realistis.

Sistem pengambilan keputusan untuk pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan tentang sistem pengambilan keputusan dalam menentukan pemilihan konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi pada jalan baru dengan topografi pegunungan. Sistem pengambilan keputusan ini dilakukan dengan menggunakan model yang didasarkan pada cakupan dan ketersediaan data. Cakupan model sistem pengambilan keputusan meliputi *Analytical Hierarchy Process* (AHP), pohon keputusan, dan *Laplace*.

2 Acuan normatif

Dokumen referensi di bawah ini harus digunakan dan tidak dapat ditinggalkan untuk melaksanakan pedoman ini.

Pd-T-18-2005-B, *Pedoman Pra Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan*;

Pd. T-19-2005-B, *Pedoman Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan*;

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 19/PRT/M/2011 tentang *Persyaratan teknis jalan dan kriteria perencanaan teknis jalan*.

3 Istilah dan definisi

Untuk tujuan penggunaan pedoman ini, istilah dan definisi berikut digunakan.

3.1

biaya akibat bencana

biaya yang dikeluarkan akibat bencana yang terjadi seperti gempa bumi dan gas berbahaya

3.2

biaya akibat kecelakaan

biaya yang dikeluarkan akibat kecelakaan yang terjadi, bencana tersebut seperti kecelakaan lalu lintas, kebakaran, ledakan, kebocoran, dan genangan air

3.3

biaya konstruksi

biaya yang dikeluarkan dalam suatu pekerjaan konstruksi

3.4

biaya lingkungan

biaya yang dikeluarkan akibat terganggunya lingkungan

3.5

biaya operasi

biaya yang dikeluarkan pada masa operasi konstruksi

3.6

biaya pemeliharaan

biaya yang dikeluarkan dalam suatu pemeliharaan pekerjaan konstruksi

3.7

biaya pengadaan tanah

biaya yang dikeluarkan untuk mengambil alih kepada yang melepaskan atau menyerahkan tanah, bangunan, tanaman, dan benda-benda yang berkaitan dengan tanah atau dengan pencabutan hak atas tanah

3.8

biaya penggantian

biaya yang dikeluarkan pada konstruksi yang telah selesai masa layanannya

3.9

biaya perancangan

biaya yang dikeluarkan untuk perancangan suatu pekerjaan konstruksi

3.10

biologi

tumbuhan dan tanaman yang hidup pada suatu ekosistem di hutan, sungai, pantai, rawa, bakau, perkebunan, sawah, dan pekarangan

3.11

galian lereng tinggi

suatu konstruksi galian lereng dengan ketinggian lebih dari 15 m

3.12

keamanan wilayah

keadaan aman atau tidaknya di suatu wilayah yang akan dijadikan suatu konstruksi

3.13

kebisingan

bunyi yang tidak diinginkan dari suatu kegiatan yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan dan kenyamanan manusia pada ruang terbuka hijau yaitu tidak melebihi nilai 50 dB (A)

3.14

kependudukan

hal ihwal yang berkaitan dengan jumlah, struktur, umur, jenis kelamin, agama, kelahiran, perkawinan, kehamilan, kematian, persebaran, mobilitas dan kualitas serta ketahanannya yang menyangkut politik, ekonomi, sosial, dan budaya

3.15

kesehatan masyarakat

kesehatan dan kenyamanan masyarakat di suatu wilayah akibat adanya kegiatan

3.16

kesesuaian alinemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan

alinemen jalan yang sesuai dengan ketentuan teknis Standar Pelayanan Minimal Jalan

3.17

kualitas air

kondisi air yang diukur dan diuji berdasarkan parameter-parameter dan model tertentu berdasarkan peraturan perundang-undangan yang berlaku

3.18

model pelaksanaan

prosedur tahap demi tahap yang dilakukan dalam satu kegiatan konstruksi dalam satu siklus kegiatan dimulai dari perencanaan konstruksi sampai konstruksi itu selesai dan dalam masa pemeliharaan

3.19

pengaruh terhadap kekerabatan

pengaruh yang terjadi pada kekerabatan di suatu wilayah tertentu akibat dari pembangunan jalan baru

3.20

perubahan mata pencaharian

perubahan yang terjadi pada mata pencaharian penduduk/masyarakat akibat dengan adanya pembangunan jalan baru di suatu wilayah

3.21

polusi udara

udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup, dan unsur lingkungan hidup lainnya

3.22

risiko

suatu ketidakpastian berupa kejadian yang memiliki kemungkinan untuk terjadi, dan dapat berdampak negatif

3.23

risiko keruntuhan akibat bencana

risiko eksternal yang tidak bisa diprediksi seperti gempa, banjir, dan longsor

3.24

risiko perubahan kondisi tanah secara geologi, geoteknik dan geomekanika

risiko internal yang harus diperhitungkan dengan baik dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi

3.25

sistem pengambilan keputusan

sistem informasi untuk mendukung manajemen/perencana dalam pengambilan keputusan; yang mencerminkan berbagai konsep yang terdiri atas prosedur, proses, data beserta pertimbangannya

3.26

tanah

salah satu komponen lahan berupa lapisan atas bumi yang terdiri atas bahan mineral dan bahan organik yang mempunyai sifat fisik, kimia, biologi dan mempunyai kemampuan menunjang kehidupan manusia

3.27

terowongan jalan

jalan yang terletak di dalam tanah dan atau / di dalam air (Permen PU No. 41/2015)

3.28

umur rencana

suatu periode tertentu dalam tahun, yang dirancang agar jalan yang direncanakan dapat berfungsi selama periode tersebut

4 Ketentuan

4.1 Umum

- a. Sistem pengambilan keputusan ini merupakan alat bantu dalam mendukung proses pengambilan keputusan untuk pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi di daerah pegunungan.
- b. Sistem pengambilan keputusan dilakukan pada tahap pra studi kelayakan. Data yang digunakan adalah data yang didapatkan pada tahap pra studi kelayakan, yaitu trase rekomendasi alternatif konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi serta biaya-biaya estimasi awal konstruksi.
- c. Pekerjaan jalan yang memerlukan sistem pengambilan keputusan ini adalah pekerjaan jalan di lokasi yang memiliki alternatif konstruksi berupa teknologi terowongan jalan atau galian lereng tinggi di pegunungan.
- d. Apabila pengambilan keputusan untuk kedua alternatif terowongan jalan atau galian lereng tinggi dapat ditentukan secara pasti hanya dengan mempertimbangkan aspek teknis dan biaya maka sistem pengambilan keputusan dalam pedoman ini boleh tidak digunakan atau dapat digunakan sebagai pendukung keputusan.
- e. Apabila pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan cakupan dan ketersediaan data yang mempertimbangkan sebagian atau semua aspek yang terkait dengan pemilihan alternatif terowongan jalan atau galian lereng tinggi, dan atau mempertimbangkan diketahui atau tidaknya nilai probabilitas, maka sistem pengambilan keputusan ini dapat digunakan.

4.2 Sistem pengambilan keputusan

4.2.1 Identifikasi masalah

- a. Identifikasi masalah dilakukan dengan mengenali dan mendefinisikan masalah yang terjadi pada dua alternatif konstruksi yaitu terowongan jalan atau galian lereng tinggi pada suatu daftar masalah perkiraan risiko-risiko atau dampak-dampak seperti pada Tabel 1.

Tabel 1 - Perkiraan risiko atau dampak yang mungkin timbul pada konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi

Perkiraan dampak yang timbul	
Terowongan jalan	Galian lereng tinggi
a. Gangguan stabilitas pada portal	a. Gangguan stabilitas pada lereng galian
b. Kelandaian jalur lalu lintas di dalam terowongan maksimum 3% sehingga jalan tersebut lebih nyaman	b. Kelandaian jalur lalu lintas galian lereng tinggi di pegunungan di atas 25 % sehingga jalan tersebut kurang nyaman
c. Kebutuhan area pembuangan material hasil galian lebih kecil	c. Kebutuhan area pembuangan material hasil galian lebih besar
d. Risiko keruntuhan akibat bencana rendah	d. Risiko keruntuhan akibat bencana tinggi
e. Getaran akibat proses penggalian dengan peledakan lebih kecil	e. Getaran akibat proses penggalian dengan peledakan lebih besar
f. Kebisingan lebih kecil	f. Kebisingan lebih besar
g. Penurunan muka air tanah	g. Gangguan pada aliran air tanah dan air permukaan
h. Risiko adanya gas berbahaya	h. Hilangnya flora
i. Risiko adanya kebakaran	i. Hilangnya fauna
j. Pencemaran udara pada pelaksanaan konstruksi lebih terkendali	j. Pencemaran udara pada pelaksanaan konstruksi sulit untuk dikendalikan
k. Risiko adanya kebocoran	k. Tidak ada risiko kebocoran
l. Tidak ada perubahan mata pencaharian	l. Perubahan mata pencaharian
m. Dampak keamanan pada masa operasional	m. Dampak keamanan akibat lingkungan menjadi terbuka
n. Tidak ada perubahan pola interaksi masyarakat sekitar	n. Perubahan pola interaksi masyarakat sekitar
o. Tidak berpengaruh pada pengadaan tanah	o. Kesulitan pengadaan tanah
p. Tidak berpengaruh terhadap kekerabatan	p. Berpengaruh terhadap kekerabatan
q. Tidak terjadi perubahan bentang alam/lansekap	q. Perubahan bentang alam/lansekap

4.2.2 Identifikasi tujuan

- a. Identifikasi tujuan dilakukan untuk mendapatkan keputusan yang spesifik, terukur, disepakati, dan realistis.
- b. Identifikasi tujuan dilakukan dengan menyatakan tujuan dalam memilih tipe konstruksi yang tepat, efektif, dan komprehensif di antara terowongan jalan atau galian lereng tinggi di rute jalan baru di pegunungan dalam dokumen pernyataan tujuan.

4.2.3 Pengumpulan dan pengkajian data

- a. Pengumpulan dan pengkajian data dilakukan terhadap data-data yang tercakup dalam Pedoman Pra Studi Kelayakan dan Studi Kelayakan Proyek Jalan dan Jembatan (Pd-T-18-2005-B dan Pd-T-19-2005-B) yang ditambah dengan data-data khusus yang menunjang perencanaan terowongan jalan.
- b. Keluaran dari pengumpulan dan pengkajian data adalah dokumen kompilasi kajian data sekunder berupa data teknis dan data non teknis serta hasil kajian-kajian terkait yang mencakup wilayah lokasi dan sekitarnya.

- c. Cakupan dan ketersediaan data menentukan model pemodelan yang digunakan.
- d. Jika data yang diketahui berupa data sekunder seperti pada Tabel 2 yang merupakan laporan studi prakelayakan maka gunakan model AHP.
 - 1) Pada model AHP dibutuhkan data primer yang berupa kuesioner yang mencakup berbagai aspek dari data sekunder yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan tipe konstruksi.
 - 2) Data primer dilakukan dengan penyebaran kuesioner dengan model pemilihan responden dilakukan dengan cara sensus dengan populasi yang terbatas yaitu hanya orang-orang yang ahli pada bidang terowongan dan atau galian lereng tinggi.
 - 3) Pengambilan data primer dilakukan dalam satu forum *Focus Group Discussion* (FGD) dengan mengundang para responden.
 - 4) Responden yang akan dilibatkan dalam pengisian kuesioner adalah sebagai berikut:
 - a) ahli di bidang terowongan jalan dan atau galian lereng tinggi.
 - b) perencana dan pengawas pekerjaan terowongan jalan dan atau galian lereng tinggi.
 - c) pelaksana pekerjaan terowongan jalan dan atau galian lereng tinggi.
 - d) para pengambil keputusan di bidang jalan dan jembatan setingkat kepala bidang/ kasubdit/ kepala seksi atau manajer.
 - 5) Para responden harus memiliki kualifikasi sebagai berikut :
 - a) telah memiliki pengalaman dan terlibat langsung atau mempunyai kemampuan di bidang terowongan dan atau galian lereng tinggi.
 - b) mengerti perencanaan dan pelaksanaan konstruksi terowongan jalan dan atau galian lereng tinggi.
 - c) memiliki pengalaman minimal 5 tahun di bidangnya.
 - 6) Data-data yang didapatkan dari kuesioner tersebut diperiksa kelengkapannya, apabila sudah dinyatakan lengkap kemudian diolah untuk menjadi masukan penting bagi pengambilan keputusan dalam pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi.

Tabel 2 - Data sekunder

No	Data		Deskripsi
1	Kajian kondisi eksisting wilayah studi	Peta lokasi	Peta lokasi merupakan peta tentang wilayah dusun/desa lokasi rencana alternatif konstruksi dan sekitarnya. Peta tersebut meliputi lokasi pusat pemerintahan desa, kecamatan, kota, tanah pertanian, hutan lindung, jalan, jembatan, kemiringan sungai, dan daerah tangkapan air dari lokasi yang diusulkan. Peta ini dapat menggambarkan keadaan lokasi untuk menunjang pemilihan tipe konstruksi jalan alternatif. Peta ini bisa didapatkan di Badan Informasi Geospasial (BIG). Peta lokasi ini tersedia dengan skala 1:50.000 dan 1:25.000.
2		Peta topografi	Peta topografi diperlukan dalam penentuan rute dan prakiraan biaya proyek, yang berkaitan dengan kondisi eksisting, kemungkinan pembebasan lahan, relokasi penduduk, kondisi topografi (datar, berbukit atau pegunungan), jenis bangunan pelengkap, jembatan dan lain-lain. Peta topografi menunjukkan kondisi topografi lokasi dan sekitarnya, yaitu datar, berbukit, atau pegunungan dengan skala 1 : 10.000

Tabel 2 - Data sekunder (lanjutan)

No	Data	Deskripsi
3	Peta geologi	Pengamatan geologi permukaan yang meliputi struktur tanah dan jenis tanah dilakukan untuk mengetahui kondisi awal geologi di lokasi rute alternatif. Peta geologi dapat diperoleh dari Direktorat Geologi dan Tata Lingkungan dengan skala 1:250.000 atau 1:100.000.
4	Peta geohidrologi	Peta ini menunjukkan kondisi sumber daya air di daerah rencana terowongan atau galian lereng tinggi dan sekitarnya yang meliputi air permukaan, mata air, dan air tanah.
5	Peta jaringan jalan	Peta ini menunjukkan jaringan jalan yang sudah ada dalam satu wilayah provinsi, lengkap dengan batas-batas kabupaten. Skala peta bervariasi antara 1:1.000.000 dan 1:1.500.000.
6	Foto udara atau citra satelit	Apabila tersedia foto udara/ citra satelit area lokasi dan sekitarnya, hal itu akan sangat membantu dalam memperkirakan formasi batuan dasar dan kelembabannya dengan mengamati jenis-jenis vegetasi, penyebaran, serta kesuburannya. Dengan foto udara dapat diperkirakan lokasi rawan gerakan tanah dan patahan serta lipatan.
7	<i>Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW)</i>	<p>Dari peta rencana tata ruang wilayah terdapat arahan pemanfaatan ruang dengan distribusi kewasannya seperti :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ kawasan lindung yang terdiri dari kawasan cagar alam, hutan lindung, kawasan cagar budaya, kawasan rawan bencana, kawasan resapan air, dan hutan raya. ○ kawasan budidaya yang terdiri atas perkebunan, pertanian, tegalan, savana dan hutan produksi persawahan. ○ kawasan perumahan. ○ kawasan industri, dan lain-lain. <ul style="list-style-type: none"> ● lapangan kerja. ● prediksi pertumbuhan ekonomi. ● penjualan dan registrasi kendaraan.
8	Kajian lalu lintas	<ul style="list-style-type: none"> ○ Lalu lintas teralih Pengalihan lalu lintas dari rute paralel atau dari moda lainnya. ○ Lalu lintas terbangkit Mundurinya potensi perjalanan lalu lintas baru yang diakibatkan adanya perbaikan prasarana ○ karena alasan biaya, waktu perjalanan dan aksesibilitas ○ Lalu lintas mengubah tujuan Lalu lintas mengubah tujuan karena adanya prasarana yang lebih baik ○ Lalu lintas terpendam Lalu lintas terpendam yang timbul kembali akibat tersedianya waktu, karena waktu perjalanan berkurang.

Tabel 2 - Data sekunder (lanjutan)

No	Data	Deskripsi
9	Kajian geologi dan geoteknik	<p>Kajian geoteknik diperlukan untuk mendapatkan stratifikasi tanah untuk perencanaan terowongan dan galian lereng tinggi. Data dan kajian yang diperlukan tersebut adalah:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ kajian geologi yang meliputi satuan batuan, rekahan, struktur geologi dan tingkat pelapukan serta klasifikasi masa batuan, ○ kajian kegempaan, ○ hasil survei pendugaan geofisika, ○ hasil survei pendahuluan/rekonesan.
10	Kajian perkerasan jalan	<p>Kajian perkerasan jalan diperlukan untuk mendapatkan kombinasi lapis stuktur perkerasan yang ekonomis. Selain itu kajian perkerasan jalan diperlukan untuk pemilihan tipikal perkerasan jalan yang sesuai dengan kondisi setempat dan untuk mempertimbangkan besarnya biaya proyek. Data yang diperlukan seperti :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ data LHR. ○ data tanah. ○ data hidrologi. ○ data topografi. ○ daftar harga satuan pekerjaan.
11	Kajian hidrologi	<p>Data dan kajian hidrologi dilakukan untuk mengetahui intensitas curah hujan. Kajian tersebut meliputi data:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ pola curah hujan. ○ sungai/drainase alami. ○ daerah tadah hujan. ○ tata guna lahan. ○ jaringan irigasi. ○ pola pasang surut. ○ daerah aliran sungai <p>Data curah hujan dapat diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) atau stasiun hujan setempat yang bersifat independen milik Kementerian Perhubungan, Kementerian Pertanian, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, atau instansi/badan lain yang berkompeten.</p>
12	Kajian lingkungan	<p>Data dan informasi berupa data kuantitatif dan kualitatif yang didapatkan melalui pengumpulan data sekunder dan data primer. Data ini didapat dari instansi terkait.</p>
13	Kajian sosial budaya	<p>Data dan informasi berupa data kuantitatif dan kualitatif yang didapatkan melalui pengumpulan data sekunder dan data primer yang didapat dari instansi terkait, isian kuesioner serta dari hasil wawancara kepada penduduk lokal di lokasi. Data dan informasi tersebut meliputi profil dusun/desa lokasi yang menggambarkan tentang:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ tingkat populasi penduduk berdasarkan jumlah orang per kepala keluarga, jenis kelamin, usia/umur, dan latar belakang pendidikan. ○ tingkat heterogenitas masyarakat. ○ profil mata pencaharian. ○ tingkat standar hidup dan sumber pendapatan masyarakat. ○ profil usaha dan sumber ekonomi produktif berbasis sumber daya lokal. ○ data cagar budaya dan peninggalan sejarah.

Tabel 2 - Data sekunder (lanjutan)

No	Data	Deskripsi
		<p>data dan informasi kekerabatan. Data dan informasi berupa data kuantitatif dan kualitatif yang didapatkan melalui pengumpulan data sekunder dan data primer yang didapat dari instansi terkait, isian kuesioner serta dari hasil wawancara kepada penduduk lokal di lokasi. Data dan informasi tersebut meliputi profil dusun/desa lokasi yang menggambarkan tentang:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ tingkat populasi penduduk berdasarkan jumlah orang per kepala keluarga, jenis kelamin, usia/umur, dan latar belakang pendidikan. ○ tingkat heterogenitas masyarakat. ○ profil mata pencaharian. ○ tingkat standar hidup dan sumber pendapatan masyarakat. ○ profil usaha dan sumber ekonomi produktif berbasis sumber daya lokal. ○ data cagar budaya dan peninggalan sejarah. ○ data dan informasi kekerabatan.
14	Rute dan gambar rencana	Rute rencana terowongan jalan dan galian lereng tinggi beserta tipikal gambar rencana kedua konstruksi
15	Kajian ekonomi	<ul style="list-style-type: none"> ○ biaya pengadaan tanah. ○ biaya perancangan. ○ biaya konstruksi. ○ biaya pemeliharaan. ○ biaya operasi. ○ biaya akibat bencana. ○ biaya akibat kecelakaan. ○ biaya penggantian. ○ biaya lingkungan. ○ keuntungan tidak langsung. ○ biaya penghematan akibat perencanaan tertentu. ○ penghematan energi.

- e. Jika data yang dimiliki merupakan data dengan probabilitas maka gunakan model pohon keputusan.
- 1) Data dengan probabilitas merupakan data yang tidak diketahui dengan pasti namun memiliki probabilitas setiap kejadiannya.
 - 2) Umumnya terdapat data historis yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan probabilitas setiap kejadiannya.
 - 3) Data yang dapat digunakan pada model pohon keputusan meliputi:
 - a) biaya konstruksi, biaya pemeliharaan, biaya operasi dan biaya akibat kecelakaan
 - b) riwayat gempa yaitu jumlah dan besaran gempa yang terjadi di lokasi penelitian
 - c) riwayat longsor yaitu jumlah dan besaran longsor yang terjadi di lokasi penelitian
- f. Jika data tidak diketahui probabilitasnya maka gunakan model *Laplace*. Data yang tidak diketahui probabilitasnya umumnya data diasumsikan dengan probabilitas yang serupa. Pada model *Laplace*, data yang digunakan meliputi biaya konstruksi, biaya pemeliharaan, biaya operasi, dan biaya akibat kecelakaan.

4.2.4 Perancangan

4.2.4.1 Identifikasi alternatif

- Identifikasi alternatif dilakukan dengan menentukan alternatif hasil yang diinginkan.
- Keluaran yang dihasilkan berupa pernyataan alternatif yang sesuai dengan tujuan.

4.2.4.2 Identifikasi kriteria

- Identifikasi kriteria dilakukan untuk mendapatkan kriteria berupa aspek-aspek yang dipertimbangkan berdasarkan masalah sesuai dengan model pengambilan keputusan yang digunakan. Keluaran yang dihasilkan berupa pernyataan kriteria yang menjadi pertimbangan untuk sistem pengambilan keputusan.
- Kriteria pada pengambilan keputusan dalam kepastian dengan model AHP mencakup potensi dampak atau risiko yang mungkin terjadi pada suatu proyek yang secara hierarki menggambarkan strukturisasi perkiraan risiko dan dampak yang akan timbul pada konstruksi jalan di pegunungan seperti pada Tabel 4
- Kriteria pada pengambilan keputusan menggunakan model pohon keputusan berdasarkan kejadian tidak pasti yang bisa terjadi yang mempengaruhi hasil alternatif. Kejadian tak pasti yang mungkin terjadi di masa depan pada konstruksi terowongan jalan atau konstruksi galian lereng tinggi, baik pada masa konstruksi maupun pada masa operasi adalah terjadinya bencana seperti gempa, longsor, kecelakaan, dan lain-lain.
- Penentuan kriteria pada model pohon keputusan berdasarkan besarnya kerugian yang terjadi di konstruksi terowongan jalan atau konstruksi galian lereng tinggi akibat bencana besar, bencana sedang, dan bencana kecil seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 - Contoh kriteria yang digunakan pada pengambilan keputusan di antara konstruksi terowongan jalan atau konstruksi galian lereng tinggi

Alternatif konstruksi	Probabilitas terjadinya		
	Bencana besar	Bencana sedang	Bencana kecil
Terowongan	Besarnya kerugian akibat bencana besar yang terjadi di konstruksi terowongan yaitu $M_w > 7$	Besarnya kerugian akibat bencana sedang yang terjadi di konstruksi terowongan yaitu $5 < M_w < 7$	Besarnya kerugian akibat bencana kecil yang terjadi di konstruksi terowongan yaitu $M_w < 5$
Galian lereng tinggi	Besarnya kerugian akibat bencana besar yang terjadi di konstruksi galian lereng tinggi, yaitu $M_w > 6$	Besarnya kerugian akibat bencana sedang yang terjadi di konstruksi galian lereng tinggi, yaitu $5 < M_w < 6$	Besarnya kerugian akibat bencana kecil yang terjadi di konstruksi galian lereng tinggi, yaitu $M_w < 5$

M_w = Moment magnitude

- Kriteria pada pengambilan keputusan dengan model *Laplace* berdasarkan kejadian tak pasti yang mungkin terjadi di masa depan pada proyek terowongan dan galian lereng tinggi baik pada masa konstruksi maupun pada masa pengoperasian. Kriteria tersebut adalah terjadinya bencana seperti gempa, longsor, kecelakaan, dan lain-lain. Kejadian yang tidak pasti tersebut dikategorikan dalam tiga kriteria yaitu bencana besar, bencana sedang dan bencana kecil yang merupakan besarnya kerugian akibat setiap bencana seperti pada Tabel 4.

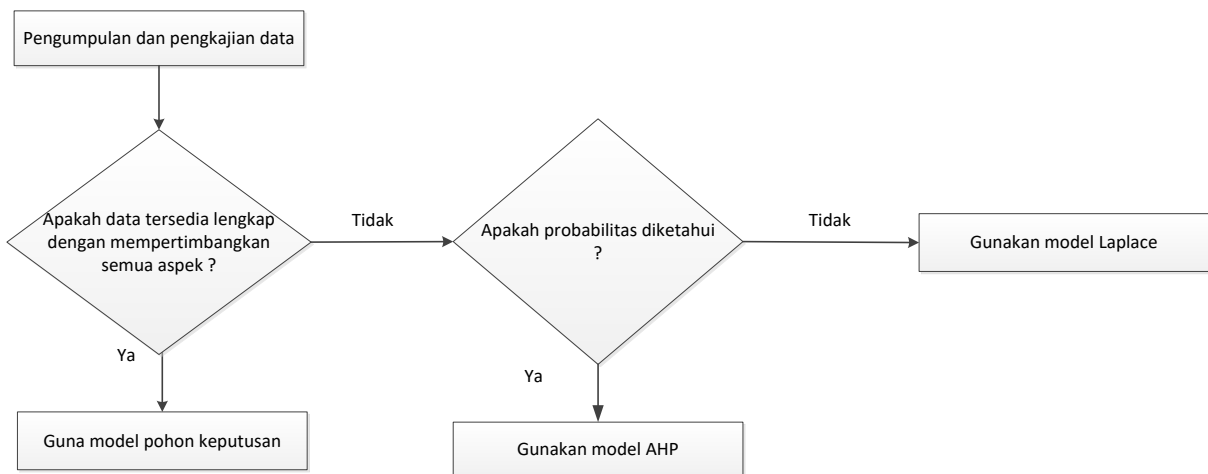
Tabel 4 - Kriteria sistem pengambilan keputusan untuk pemilihan terowongan dan galian lereng tinggi berdasarkan model *Laplace*, pohon keputusan dan AHP

Model	Kriteria	Subkriteria	Sub-subkriteria
Pohon Keputusan	Bencana besar	-	-
	Bencana sedang		
	Bencana kecil		
AHP	Teknis	Umur rencana	-
		Model pelaksanaan	
		Ketersediaan alat	
		Kesesuaian alinemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan	
		Risiko keruntuhan akibat bencana	
		Risiko perubahan kondisi tanah secara geologi, geoteknik, dan geomekanika	
		Risiko adanya kebocoran	
		Risiko adanya kebakaran	
	Lingkungan	Biologi	Flora
			Fauna
		Fisika-kimia	Pencemaran tanah
			Kualitas air
			Penurunan muka air tanah
			Pencemaran udara
			Kebisingan
			Vibrasi
	Risiko adanya gas berbahaya		
	Sosial dan budaya	Perubahan mata pencaharian	
		Pengaruh kekerabatan	
		Ganti rugi pengadaan tanah	
		Keamanan	
		Kesehatan masyarakat	
		Estetika visual	
		Perubahan pola interaksi	
	Ekonomi	Biaya perancangan	
		Biaya konstruksi	
		Biaya pemeliharaan	
Biaya operasi			
Biaya akibat bencana			
Biaya akibat kecelakaan			
Biaya penggantian			
Biaya lingkungan			
Biaya pengadaan tanah			
Keuntungan tidak langsung			
<i>Laplace</i>	Bencana besar	-	-
	Bencana sedang		
	Bencana kecil		

4.2.4.3 Pemodelan

- a. Pembuatan model keputusan dilakukan untuk menggambarkan hubungan-hubungan yang logis yang mendasari persoalan keputusan, ke dalam suatu model masalah, yang mencerminkan hubungan yang terjadi di antara faktor-faktor yang terlibat.

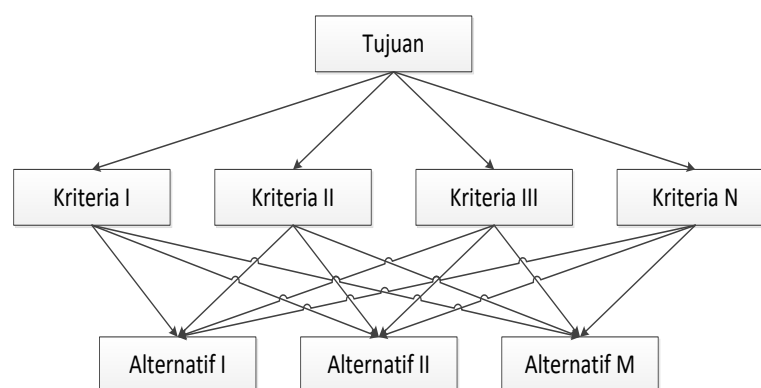
- b. Model keputusan yang dipilih harus disesuaikan dengan tujuan serta cakupan kuantitas dan kualitas data sesuai Gambar 1.



Gambar 1 - Pemilihan model

4.2.4.3.1 Model AHP

- a. Pada model pengambilan keputusan dengan model AHP, persoalan keputusan diuraikan menjadi unsur-unsur berupa kriteria dan alternatif, yang disusun menjadi struktur hierarki keputusan. Setiap hierarki terdiri dari beberapa komponen yang diuraikan dalam hierarki yang lebih rendah.
- b. Struktur hierarki keputusan harus dikategorikan sebagai lengkap dan tidak lengkap. Suatu hierarki keputusan disebut lengkap, jika semua elemen pada suatu tingkat memiliki hubungan terhadap semua elemen yang ada pada tingkat berikutnya dan hierarki keputusan tidak lengkap adalah sebaliknya. Hierarki keputusan tersebut dibentuk dalam struktur dekomposisi, pada tingkat pertama merupakan tujuan dari keputusan, tingkat kedua adalah kriteria-kriteria yang ditetapkan, dan tingkat ketiga merupakan alternatif-alternatif seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 - Struktur hierarki AHP

- c. Penilaian kriteria dan alternatif dilakukan dengan perbandingan berpasangan (*pairwise comparisons*). Perbandingan berpasangan ini untuk menetapkan prioritas persoalan keputusan.
- d. Perbandingan berpasangan pada sistem pengambilan keputusan pemilihan di antara konstruksi terowongan atau konstruksi galian lereng tinggi dengan model AHP ini

menggunakan alat bantu berupa kuesioner. Kuesioner tersebut mencakup berbagai kriteria dan alternatif yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan tipe konstruksi. Responden mengisi kuesioner dengan memberikan penilaian atau pertimbangan terhadap perbandingan kriteria, subkriteria, sub-subkriteria atau alternatif dengan menggunakan skala dasar Saaty (*fundamental scale*) 1 sampai dengan 9 yang ditunjukkan pada Tabel 5 .

Tabel 5 - Skala perbandingan (Saaty, 2008)

Nilai	Penjelasan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting ketimbang yang lainnya
5	Elemen yang satu sangat penting ketimbang elemen yang lainnya
7	Satu elemen jelas lebih penting dari elemen yang lainnya
9	Satu elemen mutlak lebih penting ketimbang elemen yang lainnya
2, 4, 6, 8	Nilai-nilai di antara dua nilai pertimbangan yang berdekatan

- e. Pada dasarnya AHP dapat digunakan untuk mengolah data dari satu responden ahli. Namun demikian dalam aplikasinya penilaian kriteria dan alternatif dilakukan oleh beberapa ahli multi disiplinier. Konsekuensinya pendapat para ahli tersebut perlu dinilai konsistensinya satu persatu. Pendapat yang konsisten kemudian digabungkan dengan menggunakan rata-rata geometrik dengan Persamaan (1).

$$\overline{XG} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n x_i} \quad (1)$$

Keterangan :

\overline{XG} adalah rata-rata geometrik

n adalah jumlah responden

x_i adalah penilaian oleh responden ke-i

- f. Dari hasil isian kuesioner selanjutnya diolah untuk menentukan bobot dan prioritas dari seluruh alternatif. Bobot atau prioritas dihitung dengan manipulasi matriks menggunakan bantuan piranti lunak.
- g. Konsistensi logis dapat dilakukan untuk memeriksa perbandingan yang telah dilakukan oleh responden itu konsekuen atau tidak. Pengukuran konsistensi tersebut dilakukan dengan perhitungan indek konsistensi dan rasio konsistensi.

Indek konsistensi dihasilkan dari perhitungan matriks yang didasarkan atas *eigen value maximum* yang dapat diperoleh dari Persamaan (2).

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2)$$

Keterangan :

CI adalah indek konsistensi

λ_{\max} adalah *consistency vector*

n adalah banyaknya alternatif

Consistency vector (λ_{\max}) dihasilkan dari rata-rata nilai *weighted sum vector*. *Weighted sum vector* adalah perkalian matriks dengan nilai eigennya.

Rasio konsistensi (CR) adalah perbandingan indeks konsistensi dengan nilai random indeks (RI) yaitu pada Persamaan (3).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3)$$

Keterangan :

CR adalah rasio konsistensi

CI adalah indeks konsistensi

RI adalah nilai indeks acak (seperti ditunjukkan pada Tabel 6)

Tabel 6 - Nilai indeks acak (Saaty, Thomas L., dan Luis G. Vargas, 1994)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

- h. Jika nilai CR kurang dari 10%, maka dapat dikatakan bahwa pengambilan keputusan yang dilakukan sudah konsisten. Jika masih terjadi ketidakkonsistenan dalam penilaian maka perlu revisi penilaian pada responden.

4.2.4.3.2 Model pohon keputusan

- Pada model pohon keputusan, alternatif keputusan dan kejadiannya harus bersifat *mutually exclusive* dan *collectively exhaustive*. *Mutually exclusive* berarti dalam satu simpul pohon keputusan hanya ada satu keputusan atau kejadian yang bisa terjadi, sedangkan dengan *collectively exhaustive* berarti salah satu dari alternatif dan kejadian yang ada harus terjadi sehingga tidak akan terjadi tidak terpilihnya suatu alternatif atau kejadian.
- Probabilitas setiap kejadian tidak pasti di suatu lokasi pekerjaan dipetakan dalam bentuk peta sebaran kejadian. Pada bencana gempa, probabilitas dihasilkan berdasarkan peta sebaran kejadian gempa di lokasi rencana terowongan/galian lereng tinggi dengan area pemilihan data gempa berjarak 500 km dari lokasi proyek.
- Perhitungan biaya bencana menggunakan Isago (2012) dan PIARC (2011) sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7 - Asumsi perhitungan biaya

No	Uraian	Perkiraan biaya
1	Biaya akibat bencana besar	
a	Terowongan jalan	50 % (biaya konstruksi + biaya pemeliharaan + biaya operasi + biaya akibat bencana + biaya akibat kecelakaan)
b	Galian lereng tinggi	50 % (biaya konstruksi + biaya pemeliharaan + biaya operasi + biaya akibat bencana + biaya akibat kecelakaan)
2	Biaya akibat bencana sedang	
a	Terowongan jalan	30 % (biaya konstruksi + biaya pemeliharaan + biaya operasi + biaya akibat bencana + biaya akibat kecelakaan)
b	Galian lereng tinggi	30 % (biaya konstruksi + biaya pemeliharaan + biaya operasi + biaya akibat bencana + biaya akibat kecelakaan)
3	Biaya akibat bencana kecil	
a	Terowongan jalan	10 % (biaya konstruksi + biaya pemeliharaan + biaya operasi + biaya akibat bencana + biaya akibat kecelakaan)
b	Galian lereng tinggi	10 % (biaya konstruksi + biaya pemeliharaan + biaya operasi + biaya akibat bencana + biaya akibat kecelakaan)

(Sumber : Isago 2012, PIARC 2011)

- d. Biaya pemeliharaan terowongan jalan dan galian lereng tinggi selama masa layan diasumsikan sebesar 80 % dari biaya konstruksi (PIARC 2011). Biaya operasi untuk konstruksi terowongan jalan diasumsikan 5,5 % dari biaya proyek dan untuk galian lereng tinggi diasumsikan sebesar 6 % dari biaya proyek (Isago, 2012, PIARC 2011). Biaya akibat kecelakaan pada terowongan jalan diasumsikan USD 15.000 x 400.000 dan untuk galian lereng tinggi 1,5 x USD 15.000 (Isago, 2012). Perhitungan biaya akibat bencana diasumsikan seperti ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8 - Asumsi perhitungan biaya akibat bencana

Alternatif	Biaya akibat bencana besar	Biaya akibat bencana sedang	Biaya akibat Bencana kecil
Terowongan	8,5 % dari biaya proyek	4 % dari biaya proyek	0,5 % dari biaya proyek
Galian lereng tinggi	5 % dari biaya proyek	1 % dari biaya proyek	0,5 % dari biaya proyek

(sumber : Isago, 2011)

- e. Penggambaran setiap kejadian dan keputusan harus secara kronologis dalam diagram pohon keputusan yang logis dan benar yaitu kejadian tak pasti harus diletakkan pada tempat yang menggambarkan waktu dengan kondisi hasil kepastian diketahui oleh pengambil keputusan.

4.2.4.3.3 Model Laplace

- Pada model *Laplace*, pengambil keputusan mengasumsikan bahwa probabilitas terjadinya berbagai kejadian diambil sama besarnya dikarenakan data tidak diketahui nilai probabilitasnya.
- Pengambil keputusan tidak dapat mengetahui probabilitas atau menentukan kondisi yang terjadi sehingga kondisi tersebut menjadi tidak pasti. Karena itu semua kejadian diasumsikan mempunyai kemungkinan sama untuk terjadinya atau setiap hasil memiliki probabilitas yang sama. Sehingga jika ada n kejadian, kemungkinan terjadinya setiap kejadian adalah $1/n$.
- Kondisi tidak pasti pada model ini adalah suatu keadaan yang dapat memenuhi beberapa syarat sebagai berikut :
 - Ada beberapa alternatif tindakan yang dapat dilakukan.
 - Tidak diketahui nilai probabilitas setiap kejadian.
 - Memiliki tabel hasil pertukaran (*pay-off*).
Pay-off merupakan nilai yang menunjukkan hasil yang diperoleh dari kombinasi suatu alternatif tindakan dengan kejadian tidak pasti tertentu. Model ini menunjukkan bahwa pembuat keputusan menghitung hasil yang diharapkan untuk setiap alternatif dan memilih alternatif dengan nilai terbesar jika berhubungan dengan keuntungan dan memilih yang terendah jika berhubungan dengan biaya.

4.2.5 Pemilihan alternatif

- Pemilihan alternatif meliputi tahap analisis keputusan dan evaluasi untuk mendapatkan alternatif yang tepat berdasarkan model yang dikembangkan dalam tahap perancangan, dengan keluaran berupa dokumen solusi dan rencana implementasi.
- Pemilihan alternatif pada model AHP dilakukan dengan perhitungan bobot dibagi prioritas seperti pada 4.2.4.3.1. Pada proses ini para pengambil keputusan dapat melihat pengaruh perubahan bobot kriteria atau subkriteria terhadap peringkat keputusan. Jika suatu

alternatif terbaik (peringkat pertama) tidak sensitif terhadap perubahan bobot kriteria atau subkriteria, dapat dikatakan bahwa alternatif tersebut merupakan alternatif terbaik.

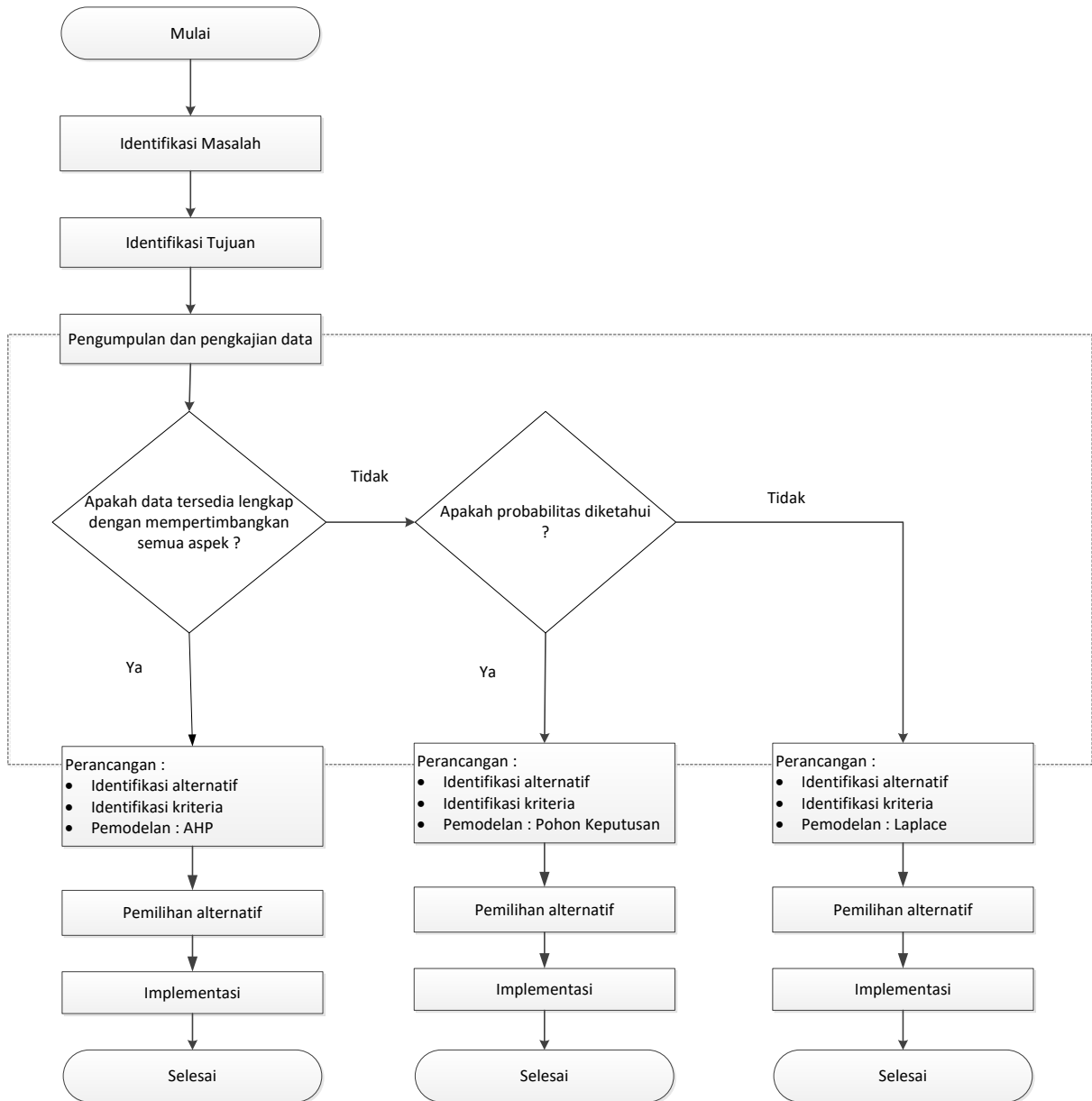
- c. Pemilihan alternatif pada model pohon keputusan dan model *Laplace* yang berdasarkan pada nilai ekspektasi biaya risiko dengan alternatif terbaik adalah nilai ekspektasi yang terendah.

4.2.6 Implementasi

- a. Suatu implementasi dinyatakan berhasil jika masalah yang dihadapi itu terjawab, dan dinyatakan gagal jika masalah yang sedang diatasi tetap ada.

5 Prosedur sistem pengambilan keputusan

Bagan alir pengambilan keputusan pemilihan konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi ditunjukkan pada Gambar 3. Pengambilan keputusan ini dilakukan dengan tahapan yaitu identifikasi masalah, identifikasi tujuan, pengumpulan dan pengkajian data, perancangan yang meliputi identifikasi alternatif, identifikasi kriteria dan pemodelan, lalu dilakukan pemilihan alternatif dan implementasi.



Gambar 3 - Bagan alir tahapan sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi

5.1 Identifikasi masalah

Langkah pertama sistem pengambilan keputusan antara terowongan dan galian lereng tinggi adalah identifikasi masalah. Identifikasi masalah dilakukan dengan mengisi daftar perkiraan risiko atau dampak yang mungkin timbul pada konstruksi terowongan jalan atau konstruksi galian lereng tinggi pada formulir A1 seperti pada Tabel A1 Lampiran A sesuai dengan Ketentuan 4.2.1.

5.2 Identifikasi tujuan

Setelah identifikasi masalah ditetapkan, selanjutnya adalah identifikasi tujuan yang ingin dicapai dengan mengisi formulir A2 pernyataan tujuan seperti pada Tabel A.2 Lampiran A sesuai ketentuan 4.2.2.

5.3 Pengumpulan dan pengkajian data

- a. Pengumpulan dan pengkajian data dilakukan sesuai dengan ketentuan 4.2.3
- b. Pengkajian data dilakukan terhadap cakupan data yang dimiliki yang berpengaruh pada model yang akan dipilih. Terdapat tiga data yang dikaji, yaitu :
 - 1) apabila data yang dimiliki mencakup semua aspek seperti pada Tabel 2 pada ketentuan 4.2.3 butir d maka digunakan model AHP
 - 2) apabila data yang dimiliki adalah data dengan probabilitas seperti pada ketentuan 4.2.3 butir e maka digunakan model pohon keputusan
 - 3) dan apabila data yang dimiliki adalah data yang tidak diketahui relevansinya pada pada ketentuan 4.2.3 butir f maka digunakan model *Laplace*
- c. Data yang dihasilkan dan telah dikaji dituliskan pada contoh pengisian formulir A3 matriks ketersediaan data seperti pada Tabel A.3 Lampiran A dan tuliskan model yang sesuai pada contoh pengisian formulir A4 pemodelan seperti ditunjukkan Tabel A.4 Lampiran A

5.4 Perancangan

5.4.1 Identifikasi alternatif

Tahap pertama dalam kegiatan perancangan adalah identifikasi alternatif yang dilakukan sesuai dengan ketentuan 4.2.4.1 dengan mengisi formulir A5 seperti pada Tabel A.5 Lampiran A.

5.4.2 Identifikasi kriteria

- a. Setelah identifikasi alternatif ditetapkan maka dilakukan identifikasi kriteria sesuai dengan ketentuan 4.2.4.2
- b. Kriteria yang diidentifikasi sesuai dengan model yang digunakan dan dilakukan pengisian formulir A6 seperti pada Tabel A.6 Lampiran A.

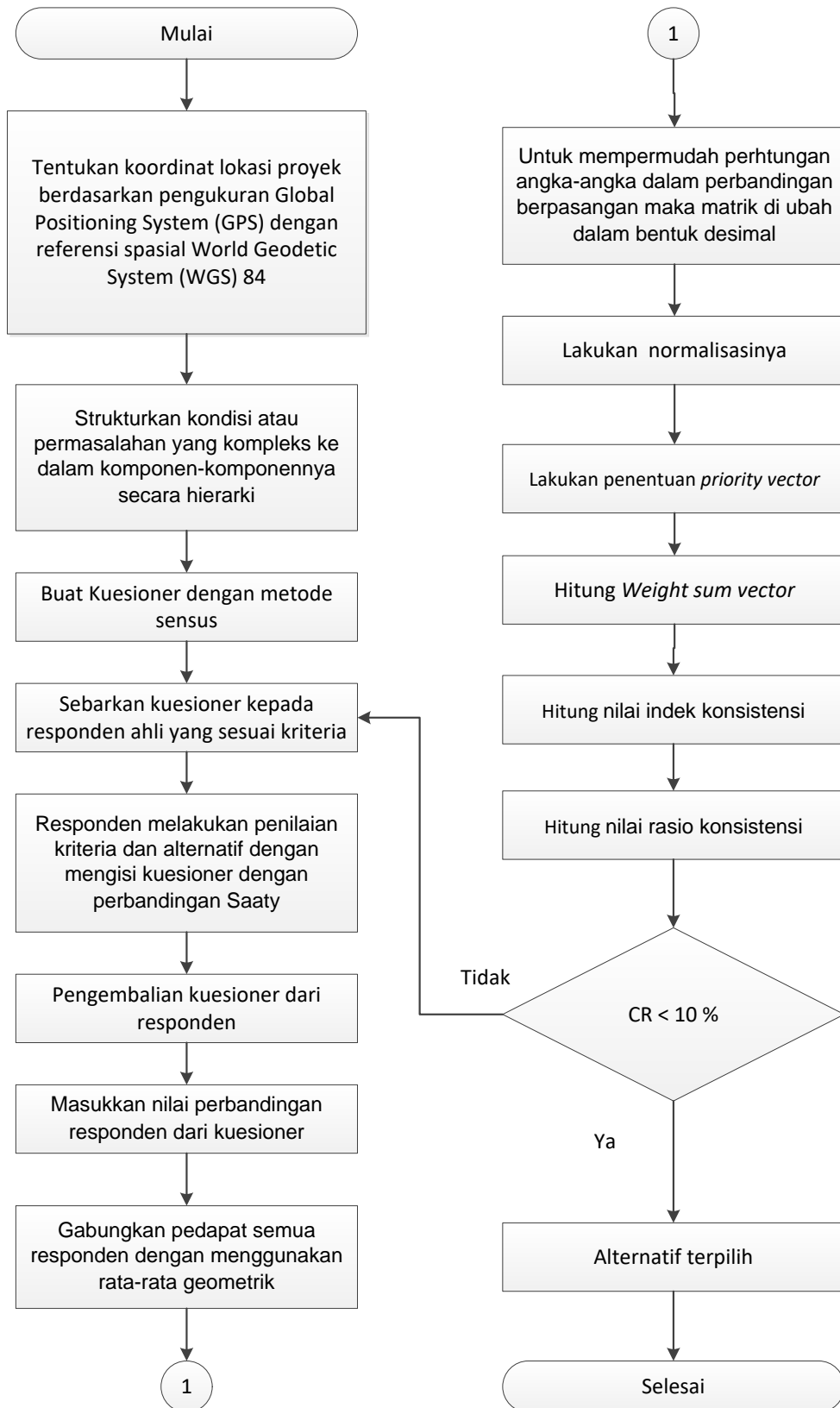
5.4.3 Pemodelan

- a. Selanjutnya adalah pemodelan yang telah dipilih sesuai dengan cakupan data pada ketentuan 4.2.3, identifikasi alternatif pada kriteria 4.2.4.1 dan identifikasi kriteria pada ketentuan 4.2.4.2.

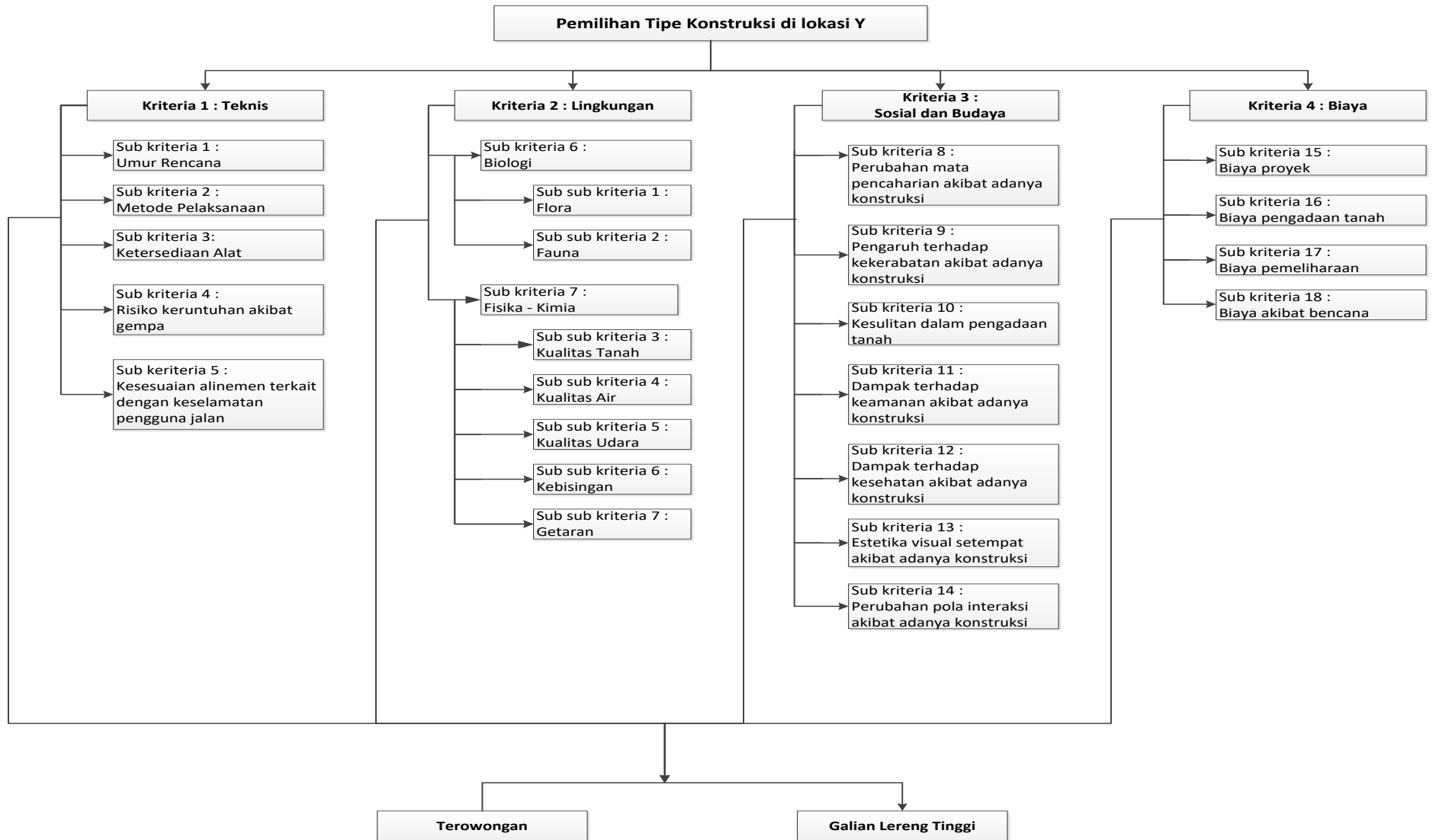
5.4.3.1 Model AHP

- a. Pemodelan dengan AHP dilakukan sesuai dengan ketentuan 4.2.4.3.1.
- b. Prosedur sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan dan galian lereng tinggi dengan model AHP adalah seperti Gambar 4 dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 1. Plot rute lokasi rencana terowongan jalan atau galian lereng tinggi berdasarkan pengukuran *Global Positioning System* (GPS) dengan referensi spasial *World Geodetic System* (WGS) 84 dan gambarkan penampang memanjang konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi.
 2. Strukturkan kondisi atau permasalahan yang kompleks ke dalam komponen-komponennya secara hierarki sesuai Gambar 2 ketentuan 4.2.4.3.1 seperti pada Gambar 5.
 3. Buat kuesioner dengan metode sensus dengan contoh formulir isian seperti Tabel A.7, Tabel A.8, Tabel A.9, Tabel A.10, Tabel A.11, Tabel A.12, Tabel A.13, dan Tabel A.14 Lampiran A.

4. Sebarkan kuesioner pada responden ahli yang sesuai dengan kriteria responden pada ketentuan 4.2.3 butir d.
5. Responden melakukan penilaian kriteria dan alternatif dengan mengisi kuesioner dengan perbandingan Saaty (Tabel 5) sesuai ketentuan 4.2.4.3.1
6. Masukkan nilai perbandingan responden dari kuesioner seperti Tabel A.15 Lampiran A.
7. Gabungkan pendapat semua responden dengan menggunakan rata-rata geometrik pada persamaan (1) pada ketentuan 4.2.4.3.1 yang menghasilkan suatu matriks seperti Tabel A.16 Lampiran A.
8. Untuk mempermudah perhitungan angka-angka dalam perbandingan berpasangan maka matrik pada Tabel A.17 diubah dalam bentuk desimal dan lakukan evaluasi kriteria dengan menjumlahkan setiap kolom seperti pada Tabel A.18 Lampiran A.
9. Lakukan normalisasi pada setiap kriteria teknis pada Tabel A.18 Lampiran A dengan membagi setiap kolom dengan hasil penjumlahan kolom dengan hasil seperti pada Tabel A.19 Lampiran A.
10. Lakukan penentuan *priority vector* (PV) dengan melakukan rerata pada setiap barisnya dan hasilnya seperti pada Tabel A.20 Lampiran A.
11. Hitung *Weigh Sum Vector* yaitu dengan melakukan perhitungan nilai lamda maksimum dengan cara mengalikan jumlah kolom kriteria evaluasi pada setiap kriteria dengan nilai PV.
12. Hitung nilai indek konsistensi pada setiap kriteria, sub kriteria dan alternatif dengan menggunakan persamaan (2) pada ketentuan 4.2.4.3.1.
13. Hitung nilai rasio konsistensi dengan menggunakan persamaan (3) pada ketentuan 4.2.4.3.1.
14. Jika nilai rasio konsistensi $< 10\%$ maka penilaian tersebut telah konsisten jika belum maka perlu dilakukan revisi penilaian atau memberikan kuesioner pada responden lain.
15. Hitung semua nilai pada setiap kriteria, sub kriteria dan alternatif seperti pada Tabel A.21 dan Tabel A.22 Lampiran A.



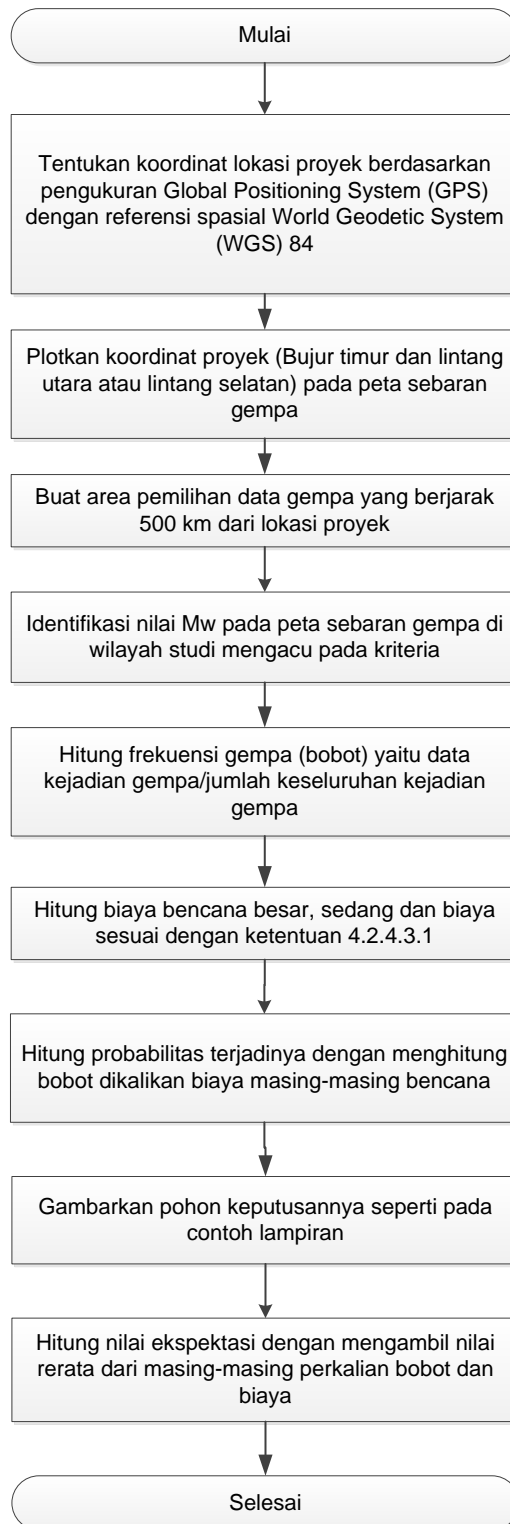
Gambar 4 - Sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi dengan model AHP



Gambar 5 - Stukturisasi AHP

5.4.3.2 Model pohon keputusan

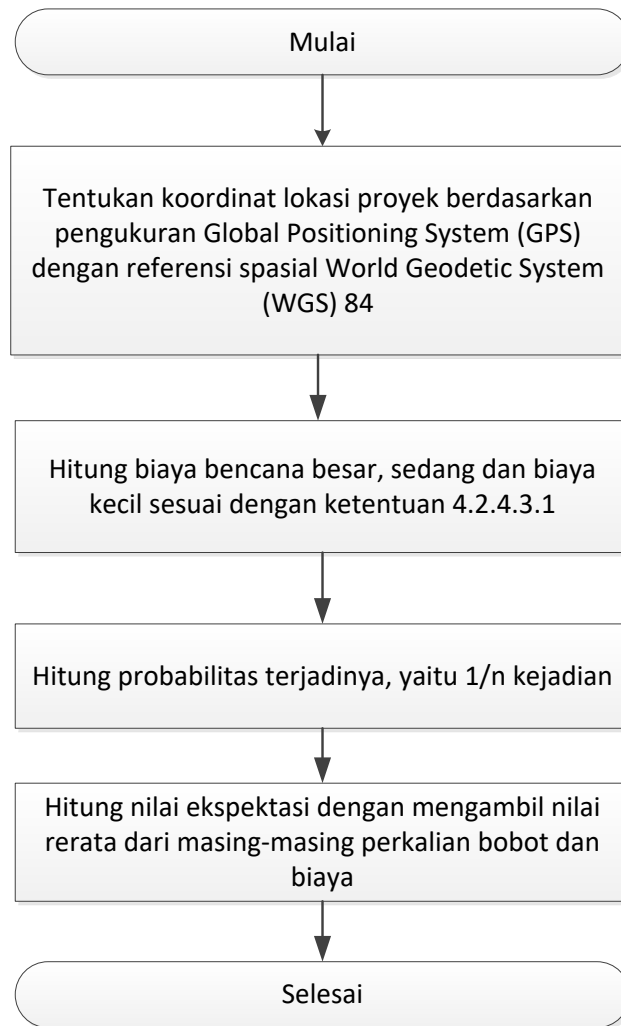
- a. Pemodelan dengan pohon keputusan dilakukan sesuai dengan ketentuan 4.2.4.3.2
- b. Pohon keputusan dilakukan dengan memetakan alternatif keputusan dan kejadian yang digambarkan dalam suatu diagram pohon keputusan. Diagram tersebut merupakan pohon bercabang yang menggambarkan faktor-faktor kemungkinan atau probabilitas yang akan mempengaruhi alternatif keputusan.
- c. Prosedur model pohon keputusan sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan dan galian lereng tinggi adalah seperti Gambar 6 dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - 1) Plot rute lokasi rencana terowongan/galian lereng tinggi berdasarkan pengukuran *Global Positioning System* (GPS) pada peta dengan referensi spasial *World Geodetic System* (WGS) 84 dan gambarkan penampang konstruksi Terowongan dan Galian Lereng Tinggi seperti pada Gambar B.2 Lampiran B
 - 2) Plotkan koordinat proyek (bujur timur dan lintang utara atau lintang selatan) pada peta sebaran gempa seperti ketentuan 4.2.4.3.2 seperti Gambar B.2 pada Gambar B.4 Lampiran B
 - 3) Buat area pemilihan data gempa yang berjarak 500 km dari lokasi proyek sesuai ketentuan 4.2.4.3.2 seperti pada Gambar B.2 Lampiran B
 - 4) Identifikasi nilai Mw pada peta sebaran gempa di wilayah studi menggunakan pada kriteria pada Tabel 3 ketentuan 4.2.4.2 seperti pada Tabel B.4 dan Tabel B.5 Lampiran B
 - 5) Hitung frekuensi gempa (bobot) berdasarkan riwayat gempa yang terjadi di lokasi rencana konstruksi terowongan atau konstruksi galian lereng tinggi. Frekuensi gempa dihitung dengan pembagian antara data kejadian gempa dengan rentang tertentu dengan jumlah keseluruhan kejadian gempa seperti pada Tabel B.6 dan Tabel B.7 Lampiran B
 - 6) Hitung biaya akibat bencana besar, bencana sedang, dan bencana kecil sesuai Tabel 7, Tabel 8 ketentuan 4.2.4.3.2 seperti Tabel B.8, Tabel B.9, Tabel B.10, Tabel B.11, dan Tabel B.12 Lampiran B
 - 7) Hitung probabilitas terjadinya dengan menghitung bobot dikalikan biaya masing-masing bencana seperti Tabel B.13 dan Tabel B.14 Lampiran B
 - 8) Gambarkan pohon keputusannya dalam diagram pohon keputusan sesuai ketentuan 4.2.4.3.2 seperti pada Gambar B.5 Lampiran B
 - 9) Hitung nilai ekspektasi dengan mengambil nilai rerata dari masing-masing bobot dan biaya seperti Tabel B.15 Lampiran B



Gambar 6 - Sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi dengan model pohon keputusan

5.4.3.3 Model Laplace

- b. Sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan dan galian lereng tinggi dengan model *Laplace* dilakukan sesuai ketentuan 4.2.4.3.3
- c. Prosedur sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi dengan model *Laplace* adalah seperti Gambar 7 dengan langkah-langkah sebagai berikut :
 - 1) Plot rute lokasi rencana terowongan jalan atau galian lereng tinggi berdasarkan pengukuran *Global Positioning System* (GPS) pada peta dengan referensi spasial *World Geodetic System* (WGS) 84 dan gambarkan penampang konstruksi terowongan dan konstruksi galian lereng tinggi seperti pada Gambar C.1 dan Gambar C.2 Lampiran C.
 - 2) Hitung biaya akibat bencana besar, bencana sedang, dan bencana kecil sesuai Tabel 7, Tabel 8 ketentuan 4.2.4.3.2 seperti Tabel B.8, Tabel B.9, Tabel B.10, Tabel B.11, dan Tabel B.12 Lampiran B
 - 3) Hitung probabilitas terjadinya dengan membagi 3 semua nilai biaya bencana besar, bencana sedang dan bencana kecil sesuai kriteria 4.2.4.3.3 pada seperti pada Tabel C.4 Lampiran C
 - 4) Hitung nilai ekspektasi dengan mengambil nilai rerata dari masing-masing bobot dan biaya seperti pada Tabel C.5 Lampiran C.



Gambar 7 - Sistem pengambilan keputusan pemilihan terowongan jalan atau galian lereng tinggi dengan model *Laplace*

5.5 Pemilihan alternatif

Pemilihan alternatif dilakukan sesuai dengan ketentuan 4.2.5 dengan melakukan pemilihan alternatif sesuai dengan pemodelan yang dilakukan dan melakukan pernyataan solusi serta rencana implementasi.

5.5.1 Model AHP

- Pemilihan alternatif untuk model AHP dilakukan berdasarkan ketentuan 4.2.5 butir b.
- Tuliskan pemilihan alternatif tersebut pada formulir A7 pada Tabel A.23 lampiran A
- Tuliskan pernyataan solusi dengan mengisi contoh formulir A8 pada Tabel A.24 Lampiran A dan rencana implementasi pada contoh format isian pada formulir A9 Tabel A.25 lampiran A.

5.5.2 Model pohon keputusan

- Pemilihan alternatif untuk model pohon keputusan dilakukan berdasarkan ketentuan 4.2.5 butir c yaitu berdasarkan nilai ekspektasi biaya risiko yang terendah

- b. Tuliskan pemilihan alternatif tersebut pada formulir B4 pada Tabel B.16 lampiran B
- c. Tuliskan pernyataan solusi dengan mengisi contoh formulir B5 pada Tabel B.17 Lampiran B dan rencana implementasi pada contoh format isian pada formulir B6 Tabel B.18 lampiran B.

5.5.3 Model *Laplace*

- a. Pemilihan alternatif untuk model *Laplace* dilakukan berdasarkan ketentuan 4.2.5 butir b yaitu berdasarkan nilai ekspektasi biaya risiko yang terendah.
- b. Tuliskan pemilihan alternatif tersebut pada formulir C4 pada Tabel C.6 lampiran C.
- c. Tuliskan pernyataan solusi dengan mengisi contoh formulir C5 pada Tabel C.7 Lampiran C dan rencana implementasi pada contoh format isian pada formulir C6 Tabel C.8 lampiran C.

5.6 Implementasi

Setelah dihasilkan konstruksi yang terpilih dari tahap pemilihan alternatif dengan pernyataan solusi dan rencana implementasi maka dilakukan tahap implementasi yang merupakan tahap pelaksanaan atau penerapan rangkaian aksi pemecahan.

Lampiran A

(informatif)

Contoh pengambilan keputusan dengan model *Analytical Hierarchy Process (AHP)*

1. Identifikasi masalah

Isi daftar perkiraan risiko atau dampak yang mungkin timbul pada konstruksi terowongan dan galian lereng tinggi yang dituliskan pada contoh pengisian formulir A1 pernyataan dampak/masalah seperti ditunjukkan pada Tabel A.1.

Tabel A.1 - Contoh pengisian formulir pernyataan dampak/masalah

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:		Unit Pelaksana:		Ketua Unit Pelaksana:
Prkiraan Dampak/Masalah yang Timbul				
No.	Terowongan	No.	Galian Lereng Tinggi	
1.	Ketidakpastian geologi	a.	Gangguan stabilitas	
2.	Penurunan muka air tanah	b.	Perubahan bentang alam/lansekap	
3.	Gangguan stabilitas pada saat penggalian dan operasi	c.	Lokasi pembuangan material hasil galian	
4.	Getaran yang terjadi pada saat penggalian	d.	Risiko keruntuhan akibat bencana	
5.	Kebisingan yang terjadi pada saat penggalian	e.	Risiko perubahan kondisi tanah secara geologi, geoteknik, geomekanika dan morfologi	
6.	Lokasi pembuangan material hasil galian	f.	Hilangnya flora	
7.	Risiko keruntuhan akibat bencana	g.	Hilangnya fauna	

Tabel A.1 - Contoh pengisian formulir pernyataan dampak/masalah (lanjutan)

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:		Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Prakiraan Dampak/Masalah yang timbul			
No.	Terowongan	No.	Galian Lereng Tinggi
8.	Risiko perubahan kondisi tanah secara geologi, geoteknik, geomekanika dan morfologi	h.	Pencemaran udara
9.	Risiko adanya gas berbahaya	i.	Gangguan pada aliran air tanah dan air permukaan
10.	Risiko adanya kebakaran	j.	Getaran yang terjadi pada saat penggalian
11.	Risiko adanya kebocoran	k.	Kebisingan yang terjadi pada saat penggalian
12.	Risiko adanya kecelakaan	l.	Perubahan mata pencaharian
13.	Dampak kesehatan pekerja	m.	Pengaruh terhadap kekerabatan
14.	Peningkatan estetika visual setelah konstruksi	n.	Kesulitan pengadaan tanah
15.	Dampak keamanan pada masa operasional	o.	Dampak keamanan akibat lingkungan menjadi terbuka
16.	Polusi debu dan partikel yang tinggi di dalam terowongan	p.	Dampak kesehatan masyarakat sekitar

2. Identifikasi tujuan

Identifikasi tujuan yang ingin dicapai pada contoh pengisian formulir A2 pernyataan tujuan seperti pada Tabel A.2

Tabel A.2 - Contoh pengisian formulir pernyataan tujuan

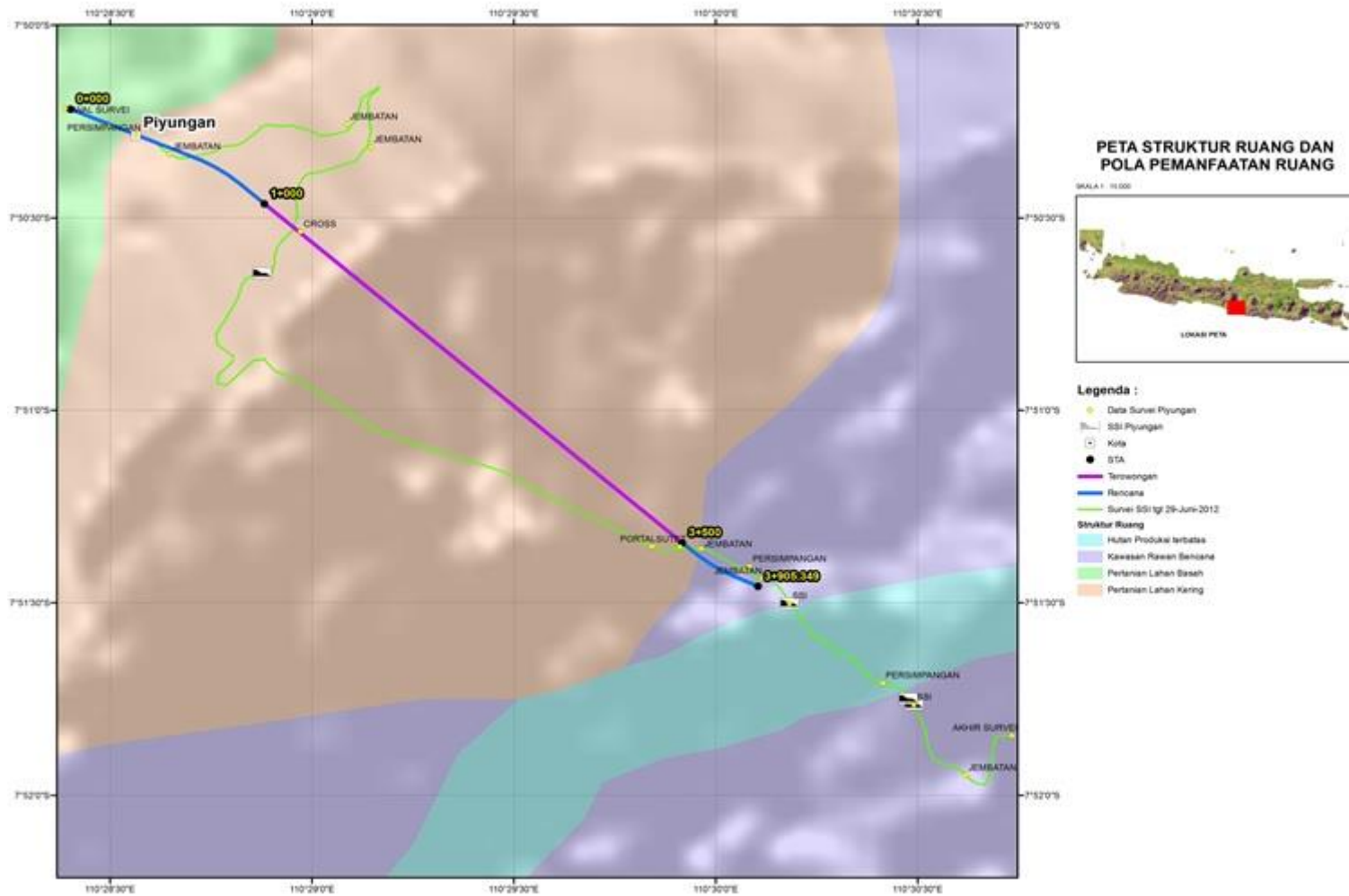
Nama/Lokasi/Tahun Proyek: Pengambilan Keputusan antara Terowongan dan Galian Lereng Tinggi Lokasi X Provinsi Y		Unit Pelaksana: Satker A	Ketua Unit Pelaksana: Ir. VV
Tujuan			
1.	Dilakukan perencanaan rute jalan baru di lokasi X untuk menunjang pembangunan Provinsi Y		
2.	Dilakukan sistem pengambilan keputusan untuk mendapatkan konstruksi yang sesuai pada lokasi proyek dengan topografi pegunungan		

3. Pengumpulan dan pengkajian data

- a. Pengumpulan data dilakukan dengan menuliskan data yang dihasilkan dan dikaji pada contoh pengisian formulir A3 matriks ketersediaan data pada seperti ditunjukkan pada Tabel A.3 dan jika ada sertakan beberapa gambar seperti Gambar A.1, Gambar A.2, Gambar A.3 dan Gambar A.4
- b. Tentukan model yang sesuai cakupan kualitas data pada lokasi wilayah studi dengan menuliskan pada contoh pengisian formulir A4 pemodelan seperti ditunjukkan pada Tabel A.4.

Tabel A.3 - Contoh formulir matriks ketersediaan data

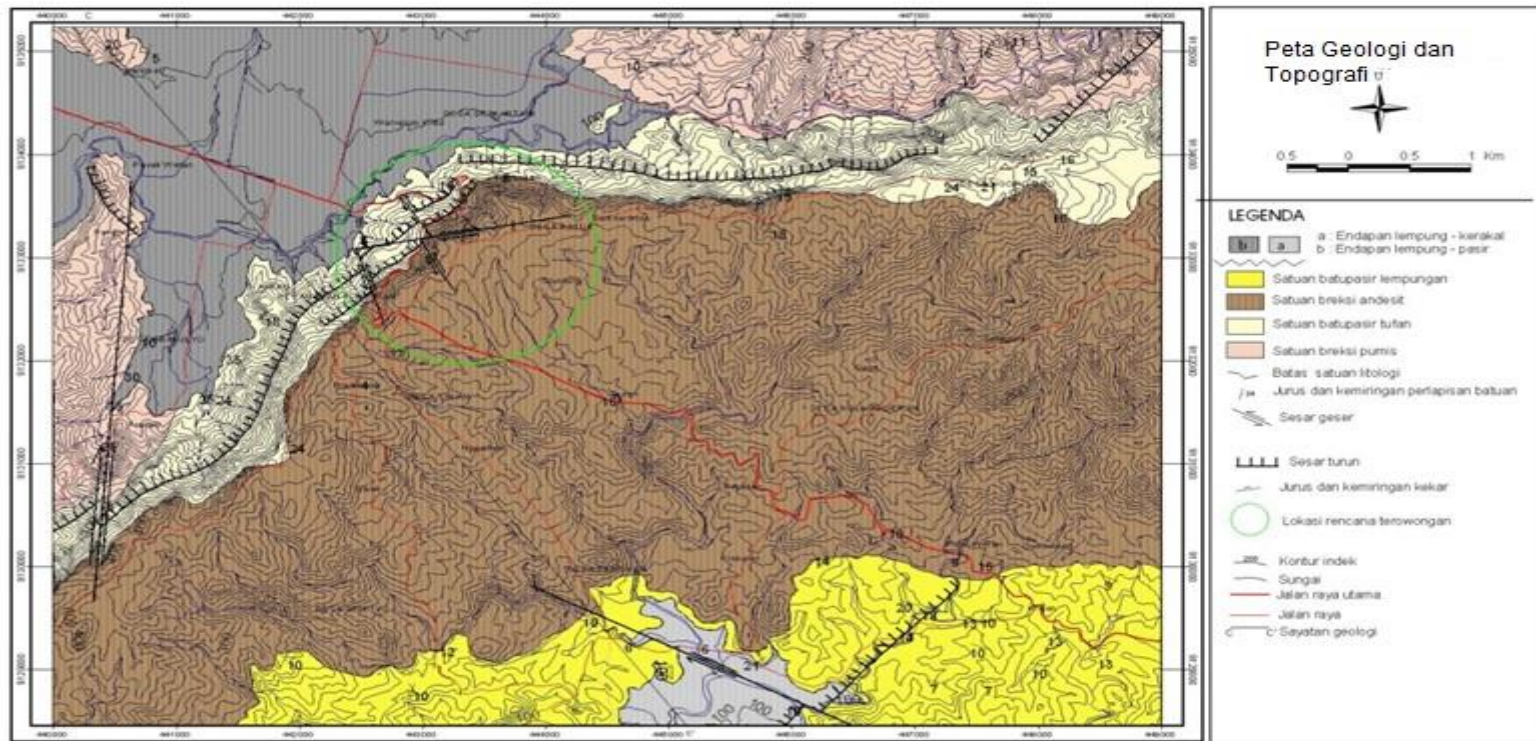
Nama/Lokasi/Tahun Proyek: Pengambilan Keputusan antara Terowongan dan Galian Lereng Tinggi lokasi X Provinsi Y				Unit Pelaksana: Satker A	Ketua Unit Pelaksana: Ir. VV	
No	Kajian	Jenis Data	Penjelasan	Keterangan	Sumber	
1	Kondisi eksisting	a	Peta lokasi	Daerah X dan sekitarnya secara administratif termasuk pada administrasi Kecamatan B, Provinsi Y. Kecamatan B mempunyai luas wilayah 3.254,86 Ha. Secara geografis daerah Kajian terletak pada 110° 29' 0" BT hingga 110° 29' 30" BT dan 7° 50' 0" LS hingga 7° 51'	Peta Terlampir	Laporan Akhir Studi Geologi lokasi X, November 2005, Satker A, Prop. Y
		b	Peta topografi	Kondisi topografi kecamatan B sebagian besar merupakan dataran tinggi dan bergunung-gunung	Peta Terlampir	
		c	Peta geologi regional	Kondisi geologi di daerah X terdiri dari : a) Aluvium: gravel, pasir, lanau, dan lempung di sepanjang aliran besar dan daerah pantai. b) Formasi Wonosari: batukapur karang, <i>calcarenite</i> , dan <i>tuffaceous calcarenite</i> . c) Formasi Sambipitu: tuf, serpih, batulanau, batupasir, dan konglomerat. d) Formasi Nglangran: breksi vulkanik, breksi aliran, <i>agglomerate</i> , lava, dan tuf. e) Formasi Semilir: breksi tuf, breksi pumis, tuf <i>dacite</i> , tuf andesit, batu lempung tufan. f) Deposit vulkanik muda dari Gunung Merapi: tuf, abu, breksi, <i>agglomerate</i> , dan aliran lava.	Peta Terlampir	Laporan Akhir Studi Geologi lokasi X, November 2005, Satker A, Prop. Y
		e	Peta geomorfologi	Dasar penamaan atau pengelompokan satuan geomorfologi adalah genesa/asal-usul atau terjadinya bentang alam, morfografi dan morfometri. Berdasar ketiga aspek tersebut, daerah penelitian dapat dibagi atas 7 satuan geomorfologi yaitu: satuan bukit berlereng landai terisolasi, satuan perbukitan berlereng landai monoklin, satuan perbukitan berlereng landai tersesarkan, satuan dataran fluvial vulkanik, satuan perbukitan berlereng terjal patahan, satuan perbukitan bergelombang lemah - kuat struktural denudasional dan dataran fluvial.	Peta Terlampir	Laporan Akhir Studi Geologi lokasi X, November 2005, Satker A, Prop. Y
		f	Peta jaringan jalan		Peta Terlampir	
		g	Poto Udara	-	-	-
		h	Peta RTRW		Peta Terlampir	



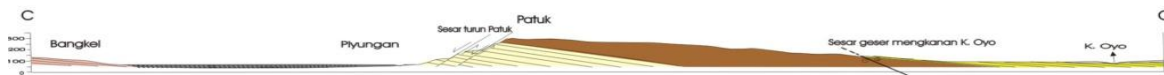
Gambar A.1 - Peta struktur ruang dan pola pemanfaatan ruang

Tabel A.3 - Contoh formulir matriks ketersediaan data (lanjutan)

No	Kajian	Jenis Data	Penjelasan	Keterangan	Sumber
2	Kajian geometrik		-	-	-
3	Kajian Lalu Lintas		-	-	-
4	Kajian Geologi dan Geoteknik	a Geologi Teknik	Berdasarkan kajian sebelumnya, kondisi geologi teknik daerah rencana terowongan dan sekitarnya (dari tua ke muda) dibedakan menjadi 8 satuan, yaitu: 1) Satuan breksi pumis, 2) Satuan batupasir tufan, 3) Satuan pasir lanau tufan 4) Satuan breksi andesit lapuk sedang-segar, 5) Satuan breksi andesit lapuk lanjut, 6) Satuan batupasir lempungan, 7) Satuan lempung kerakal, 8) Satuan lempung pasir.	Peta Terlampir	Laporan Akhir Studi Geologi lokasi X, November 2005, Satker A, Prop. Y
		b Struktur Geologi	Berdasarkan data kajian struktur geologi sebelumnya, diketahui terdapat beberapa struktur geologi · Sesar geser mengkanan Pangol · Sesar turun Pangol · Sesar turun Bukit Patuk · Sesar geser mengkiri Clumprit · Sesar geser mengkanan Patuk · Sesar geser mengkiri Patuk · Sesar geser mengkanan Kali Oyo · Sesar turun Kali Putat · Sesar turun Gembyong Selain sesar, juga terdapat struktur geologi berupa kekar baik yang berdimensi kecil hingga besar - Kekar-kekar pada satuan breksi pumis: mempunyai arah umum N 84°E dan arah gaya utama N 15°E. - Kekar-kekar pada satuan batupasir: arah umum N 80°E, arah gaya utama N 50°E. - Kekar-kekar pada satuan breksi andesit: arah umum N 96°E, arah gaya utama N 22,5°W. - Kekar-kekar pada satuan batupasir lempungan: arah umum N 133°E, arah gaya utama N 330°E.	Peta Terlampir	Laporan Akhir Studi Geologi lokasi X, November 2005, Satker A, Prop. Y



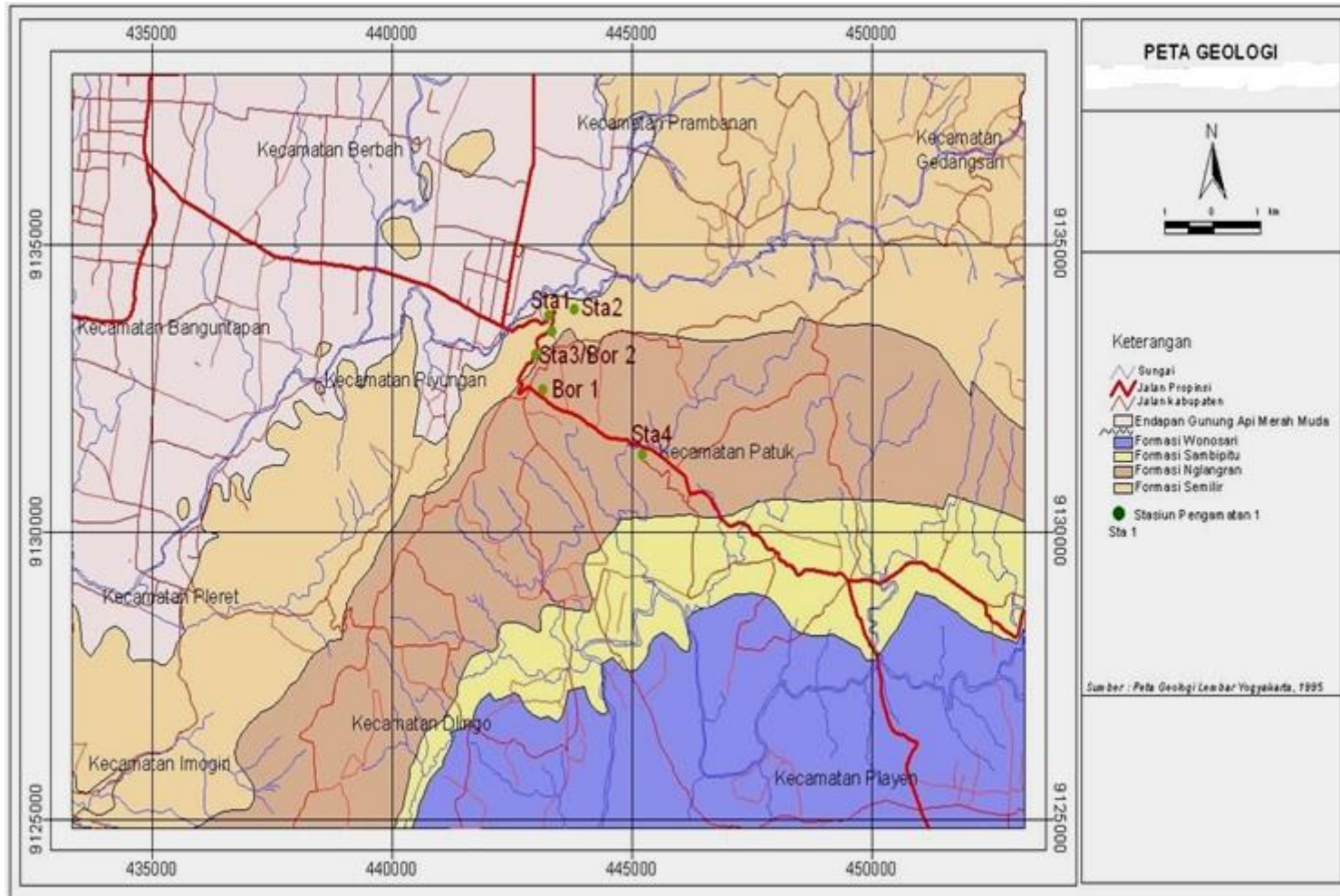
PROFIL GEOLOGI
SV = SH = 1:25.000



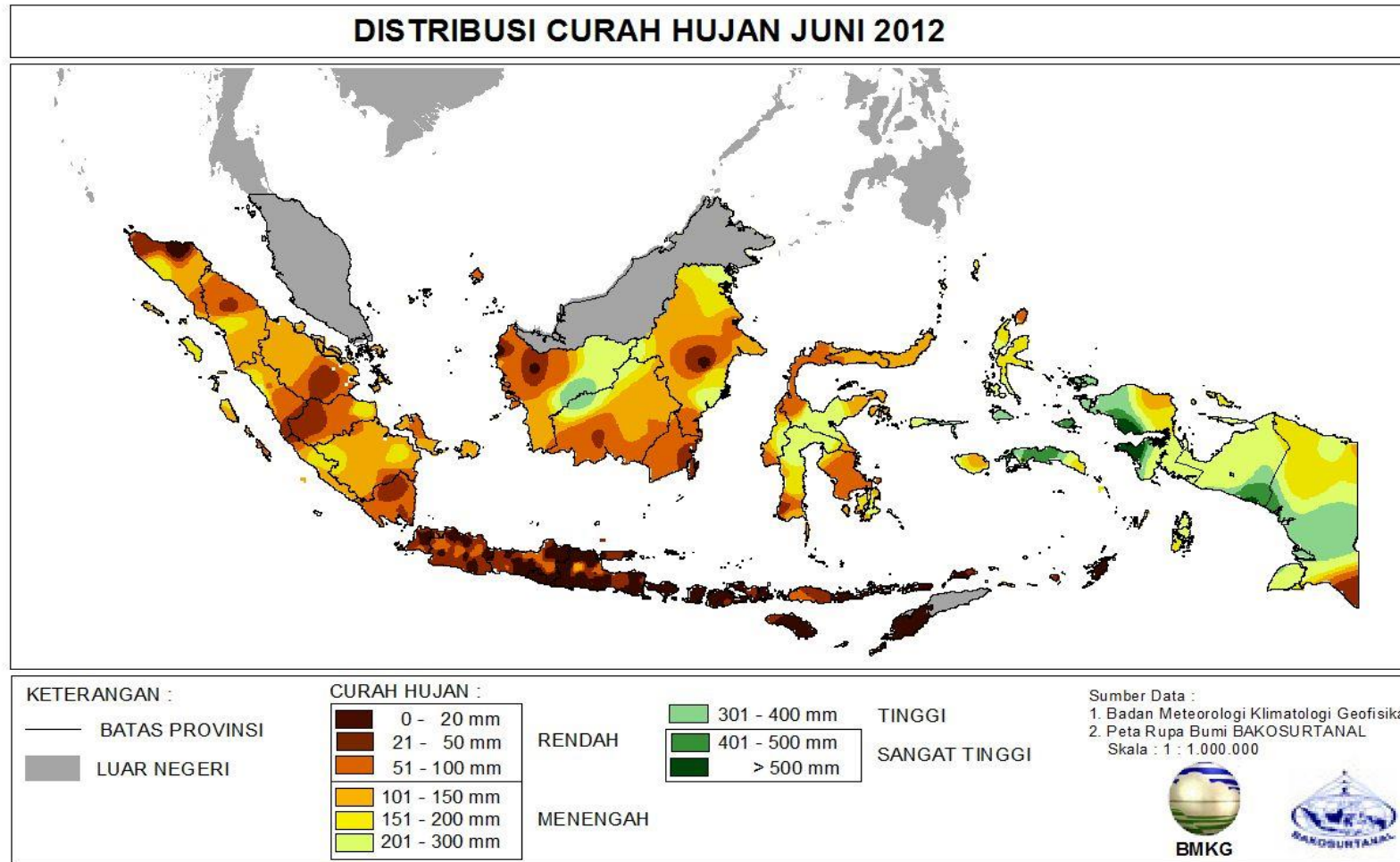
Gambar A.2 - Peta geologi

Tabel A.3 - Contoh formulir matriks ketersediaan data (lanjutan)

No	Kajian	Jenis Data	Penjelasan	Keterangan	Sumber
5	Kajian Hidrogeologi	a Muka Air Tanah	Data sekunder bor menunjukkan tidak ditemukannya muka air tanah. Inti contoh tanah yang diperoleh dari pemboran hanya menunjukkan lembab dan angka permeabilitas yang kecil sebenarnya juga menunjukkan bahwa lapisan penyusun tanah adalah kedap air. Air permukaan sangat dipengaruhi oleh musim. Pada musim penghujan air tanah akan naik secara drastis, sedangkan pada musim kemarau penurunan muka air tanah juga akan terjadi secara drastis pula.		Laporan Akhir Studi Geologi lokasi X, November 2005, Satker A, Prop. Y
		b Air Permukaan	Air permukaan di daerah wilayah studi barat daerah rencana terowongan adalah Kali Gawe dan Kali Petir, yang merupakan anak sungai dari Kali Opak. Sedangkan sungai yang ada di bagian timur daerah rencana terowongan di antaranya adalah K. Pentung, K. Pangkah, K. Putat dan K. Oyo. Dari hasil pengukuran di lapangan, debit beberapa sungai tersebut berkisar 31,19537508 m ³ /hari hingga 405,2664 m ³ /hari. Enam alternatif terowongan ini tidak akan melintasi atau memotong alur sungai.		Laporan Akhir Studi Geologi lokasi X, November 2005, Satker A, Prop. Y
		c Muka Air Tanah	Kondisi air permukaan juga dipengaruhi oleh besarnya curah hujan, karena air hujan akan menambah jumlah air permukaan dan juga airtanah. Rata – rata curah hujan bulanan di daerah Patuk berkisar 5,9 mm hingga 519 mm. Dari data curah hujan bulanan selama 10 tahun (th 1996 - th 2003), diketahui curah hujan rata-rata daerah patuk sebesar 273,91 mm/bulan, dengan curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari (519 mm), dan curah hujan terendah pada bulan September (5,9 mm). Hujan yang tinggi terjadi pada bulan Desember hingga bulan Maret, dimana curah hujan pada bulan-bulan tersebut di atas 300 mm.		
		d Aliran air tanah	Arah aliran airtanah di daerah X relatif mengikuti arah kemiringan topografi. Pada perbukitan di sekitar Pangol, Srimulyo aliran air tanah relatif ke Timur, sedangkan air tanah di bagian barat perbukitan Patuk mengalir relatif ke arah Barat. Aliran air tanah di bagian utara Bukit Patuk mengarah ke Utara, sedangkan aliran air tanah dari perbukitan di daerah Srimartani relatif mengarah ke Barat Daya. Pertemuan dari beberapa arah aliran air tanah merupakan salah satu hal yang menyebabkan air tanah di daerah Piyungan ini relatif melimpah. Di daerah Brambang, Patuk hingga Ngoro – oro, aliran air tanah relatif searah dengan alur - alur sungai pada sub Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Oyo, dan akhirnya menyatu di sekitar Kali Oyo.		Laporan Akhir Studi Geologi lokasi X, November 2005, Satker A, Prop. Y
5	Kajian Perkerasan Jalan	-	-		
6	Kajian Hidrologi	a Curah Hujan	Kecamatan B termasuk daerah dataran rendah di daerah tropis. Menurut Badan Meteologi, Klimatologi dan Distribusi curah hujan di Y berkisar 0 – 20 m yang dipengaruhi oleh musim kemarau dan musim hujan pada Gambar 2-4. Curah hujan rata-rata Kabupaten Bantul pada tahun 2010 sebesar 90,76 mm.	Peta terlampir	Distribusi Curah Hujan Juni 2012, BMKG, 2012



Gambar A.3 - Peta lokasi pemboran teknis



Gambar A.4 - Distribusi curah hujan juni 2012

Tabel A.3 - Contoh formulir matriks ketersediaan data (lanjutan)

No	Kajian	Jenis Data	Penjelasan	Keterangan	Sumber
7	Kajian Lingkungan	a Flora	Berdasarkan Tabel 2-6 Kecamatan B memiliki hutan rakyat di desa Semoya dan hutan negara di Desa Beji dan Desa Bunder. Sistem pengairan di Kecamatan B menggunakan sistem sederhana untuk sawah seluas 707.3 Ha, dan tadah hujan 371.8 Ha.		
		b Fauna	Kawasan konservasi di wilayah Y masuk dalam pengelolaan BKSDA Y memiliki berbagai jenis potensi satwa, baik jenis satwa yang tidak dilindungi dan jenis satwa yang dilindungi. Potensi satwa tersebut adalah satwa yang tidak dilindungi dan satwa yang dilindungi seperti pada Tabel 2-7 dan Tabel 2-8. Berdasarkan informasi dari BKSDA Y tidak ada satwa yang dilindungi pada lokasi Kecamatan Piyungan dan Kecamatan Patuk.		BPS Tahun 2007
		d Kualitas Udara	Berdasarkan Tabel 2-9 beberapa parameter dari uji kualitas udara di lokasi pertigaan Pasar B, Jl Wonosari Bl adalah sebagai berikut :		
			- Sulfur dioksida (SO ₂) = 542 µg/Nm ⁶		
			- Nitrogen dioksida (NO ₂) = 24,2 µg/Nm ⁶		
			- Oksigen (O ₃) = 64,2 µg/Nm ⁶		
			- Karbon monoksida = 3,853 µg/Nm ⁶		
			- Timbal (Pb) = 0,597 µg/Nm ⁶		
	- PM 10 = 32,9 µg/Nm ⁶				
	- PM 2,5 = 62,3 µg/Nm ⁶				
	e Kebisingan				
	f Getaran				
	g Tanah				
8	Kajian sosial, budaya dan ekonomi	a kependudukan			
		b Perubahan mata pencaharian	Sebagian besar penduduk Kecamatan B adalah petani. Dari data monografi Kecamatan tercatat 16.420 orang atau 43,4 % penduduk Kecamatan Piyungan bekerja di sektor pertanian dan 56,6 % tersebar pada industri, PNS, bangunan, perdagangan, angkutan, dan TNI/Polri (http://bantulkab.go.id/kecamatan/Piyungan.html). Begitupun di kecamatan Patuk 56.04 % adalah petani dan 43.96 % tersebar pada industri, PNS, bangunan, perdagangan, angkutan, dan TNI/Polri. (http://www.gunungkidulkab.go.id/home.php?mode=content&id=1170).		
			Dengan adanya rencana pembangunan antara terowongan dan galian tinggi maka akan terjadi perubahan mata pencaharian akibat dampak dari pengadaan lahan/pembebasan lahan. Berdasarkan rute yang direncanakan pembebasan lahan tersebut terjadi didominasi pada lokasi pertanian dan hutan. Maka berdasarkan hal itu akan terjadi penurunan produksi yang berimbas pada menurunnya penghasilan bahkan kehilangan pendapatan		
		c Pendidikan	Rute studi tidak melalui sekolah		Peta terlampir
	d Cagar budaya dan peninggalan sejarah				

Tabel A.4 - Contoh formulir pemodelan

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:		Unit Pelaksana:		Ketua Unit Pelaksana:
Pemodelan				
F-01	Data yang dimiliki (*pilih salah satu)	<input checked="" type="checkbox"/>	Data diketahui secara pasti (deterministik) *	
		<input type="checkbox"/>	Data tidak pasti, dengan probabilitas *	
		<input type="checkbox"/>	Data tidak pasti, tidak ada probabilitas *	
F-02	Model yang di pilih	AHP		
F-03	Software yang digunakan	Expert Choice 11.1		
F-04	Kuesioner	Tabel A.7, Tabel A.8, Tabel A.9, Tabel A.10, Tabel A.11, Tabel A.12, Tabel A.13, dan Tabel A.14		

4. Identifikasi alternatif

Identifikasi alternatif dilakukan dengan menuliskan pada formulir A5 seperti pada Tabel A.5.

Tabel A.5 - Contoh pengisian formulir pernyataan alternatif

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:		Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
No.	Alternatif	Penjelasan	
D - 01	Terowongan	Jalan yang terletak di dalam tanah dan/atau di dalam air (PP No. 34 tahun 2006)	
D - 02	Galian Lereng Tinggi	Menggali lereng di atas 15 m (TRB, 1973)	

5. Identifikasi kriteria

Identifikasi kriteria sesuai dengan model yang dipilih. Tuliskan kriteria pada contoh pengisian formulir A6 pernyataan kriteria seperti pada Tabel A.6.

Tabel A.6 - Contoh formulir pernyataan kriteria

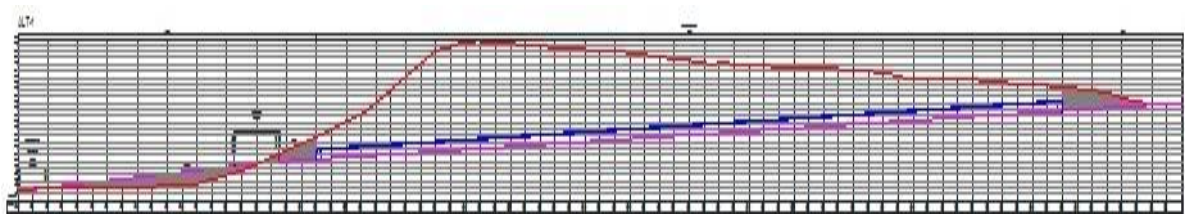
Nama/Lokasi/Tahun Proyek:		Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Kriteria			
Teknis	Lingkungan	Sosial Masyarakat	Biaya
Sub Kriteria			
Umur rencana	Kehilangan flora	Kependudukan	Biaya pengadaan tanah
Model pelaksanaan	Kehilangan fauna	Perubahan mata pencaharian	Biaya perancangan
Ketersediaan alat	Penurunan muka air tanah	Pengaruh terhadap kekerabatan	Biaya konstruksi
Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan	Pencemaran udara	Ganti rugi pengadaan tanah	Biaya pemeliharaan
Risiko keruntuhan akibat bencana	Gangguan pada aliran air tanah dan air permukaan	Dampak keamanan akibat lingkungan menjadi terbuka	Biaya operasi
Risiko perubahan kondisi tanah secara geologi, geoteknik dan geomekanika.	Polusi udara (debu dan partikel)	Dampak kesehatan kepada masyarakat	Biaya akibat bencana
Gangguan stabilitas pada saat penggalian dan operasi	Kebisingan	Peningkatan estetika visual	Biaya akibat kecelakaan
Risiko adanya gas berbahaya	Vibrasi		Biaya penggantian
Risiko adanya kebakaran	Lokasi pembuangan material hasil galian		Biaya lingkungan
Risiko adanya kebocoran			Keuntungan tidak langsung
			Biaya penghematan akibat perencanaan tertentu
			Penghematan energi

6. Pemodelan

- a. Plotkan rute lokasi rencana terowongan/galian lereng tinggi berdasarkan pengukuran *Global Positioning System* (GPS) pada peta seperti pada Gambar A.5 dan gambarkan penampang konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi seperti pada Gambar A.6.

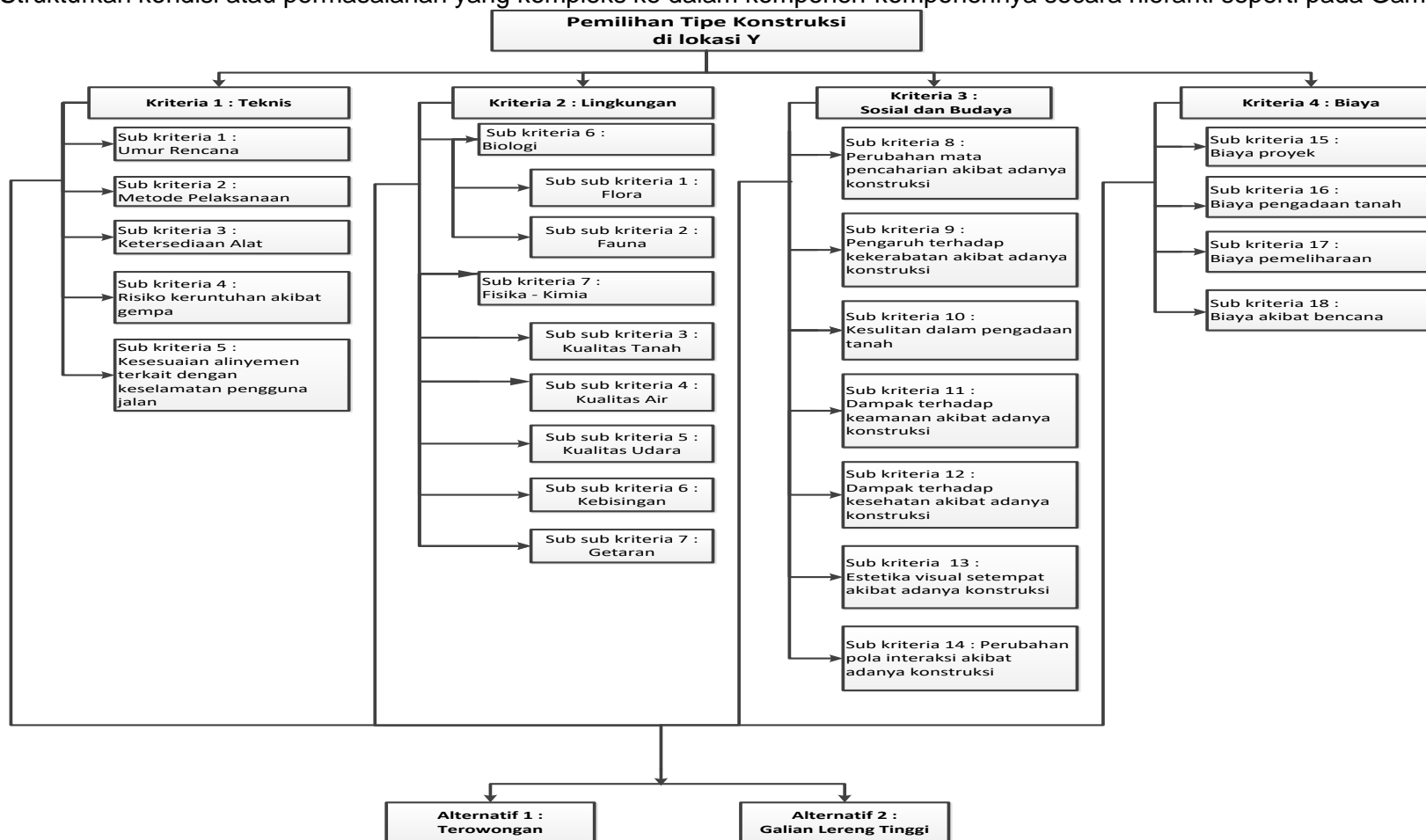


Gambar A.5 - Rute alternatif konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi di terrain pegunungan



Gambar A.6 - penampang memanjang konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi di topografi pegunungan

b. Strukturkan kondisi atau permasalahan yang kompleks ke dalam komponen-komponennya secara hierarki seperti pada Gambar A.7.



Gambar A.7 - Tingkatan hierarki sistem pemilihan keputusan untuk tipe konstruksi di pegunungan

- c. Buat kuesioner dengan contoh format seperti Tabel A.7, Tabel A.8, Tabel A.9, Tabel A.10, Tabel A.11, Tabel A.12, Tabel A.13, dan Tabel A.14
- d. Sebarkan kuesioner pada responden ahli sesuai dengan kriteria responden
- e. Responden melakukan penilaian kriteria dan alternatif dengan mengisi kuesioner seperti pada Tabel A.7, Tabel A.8, Tabel A.9, Tabel A.10, Tabel A.11, Tabel A.12, Tabel A.13, dan Tabel A.14 dengan menggunakan perbandingan Saaty (Tabel 5)

Tabel A.7 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria

Kriteria-Kriteria Pengambilan Keputusan	PENILAIAN																	Kriteria-Kriteria Pengambilan Keputusan
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Kriteria Teknis			X															Kriteria Lingkungan
Kriteria Teknis			X															Kriteria Sosial & Budaya
Kriteria Teknis			X															Kriteria Biaya
Aspek Lingkungan								X										Aspek Sosial & Budaya
Aspek Lingkungan													X					Aspek Biaya
Aspek Sosial & Budaya													X					Aspek Biaya

Tabel A.8 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria teknis

Kriteria Teknis	PENILAIAN																	Kriteria Teknis
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Umur rencana												x						Model pelaksanaan
Umur rencana												X						Ketersediaan alat
Umur rencana												X						Risiko keruntuhan akibat gempa
Umur rencana													X					Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan
Model pelaksanaan							x											Ketersediaan alat
Model pelaksanaan									x									Risiko keruntuhan akibat gempa
Model pelaksanaan									X									Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan
Ketersediaan alat												X						Risiko keruntuhan akibat gempa
Ketersediaan alat												X						Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan
Risiko keruntuhan akibat gempa									X									Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan

Tabel A.9 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria lingkungan

Kriteria Lingkungan	PENILAIAN																	Kriteria Lingkungan
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Biologi											X							Fisika-Kimia

Tabel A.10 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria sosial dan budaya

Kriteria Sosial & Budaya	PENILAIAN																	Kriteria Sosial & Budaya
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Perubahan mata pencaharian akibat adanya konstruksi					X													Pengaruh terhadap kekerabatan akibat adanya konstruksi
Perubahan mata pencaharian akibat adanya konstruksi											X							Kesulitan dalam pengadaan tanah
Perubahan mata pencaharian akibat adanya konstruksi											X							Dampak terhadap keamanan akibat adanya konstruksi
Perubahan mata pencaharian akibat adanya konstruksi											X							Dampak kesehatan masyarakat akibat adanya konstruksi
Perubahan mata pencaharian akibat adanya konstruksi									X									Estetika visual setempat akibat adanya konstruksi
Perubahan mata pencaharian akibat adanya konstruksi							X											Perubahan pola interaksi akibat adanya konstruksi
Pengaruh terhadap kekerabatan akibat adanya konstruksi													X					Kesulitan dalam pengadaan tanah
Pengaruh terhadap kekerabatan akibat adanya konstruksi															X			Dampak terhadap keamanan akibat adanya konstruksi
Pengaruh terhadap kekerabatan akibat adanya konstruksi															X			Dampak kesehatan masyarakat akibat adanya konstruksi
Pengaruh terhadap kekerabatan akibat adanya konstruksi											X							Estetika visual setempat akibat adanya konstruksi
Pengaruh terhadap kekerabatan akibat adanya konstruksi									X									Perubahan pola interaksi akibat adanya konstruksi
Kesulitan dalam pengadaan tanah									X									Dampak terhadap keamanan akibat adanya konstruksi

Tabel A.10 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria sosial dan budaya (lanjutan)

Kriteria Sosial & Budaya	PENILAIAN																	Kriteria Sosial & Budaya
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pengaruh terhadap															X			Dampak kesehatan

Kriteria Sosial & Budaya	PENILAIAN																		Kriteria Sosial & Budaya
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
kekerabatan akibat adanya konstruksi																		masyarakat akibat adanya konstruksi	
Pengaruh terhadap kekerabatan akibat adanya konstruksi																		Estetika visual setempat akibat adanya konstruksi	
Pengaruh terhadap kekerabatan akibat adanya konstruksi																		Perubahan pola interaksi akibat adanya konstruksi	
Kesulitan dalam pengadaan tanah																		Dampak terhadap keamanan akibat adanya konstruksi	
Kesulitan dalam pengadaan tanah																		Dampak kesehatan masyarakat akibat adanya konstruksi	
Kesulitan dalam pengadaan tanah																		Estetika visual setempat akibat adanya konstruksi	
Kesulitan dalam pengadaan tanah																		Perubahan pola interaksi akibat adanya konstruksi	
Dampak terhadap keamanan akibat adanya konstruksi																		Dampak kesehatan masyarakat akibat adanya konstruksi	
Dampak terhadap keamanan akibat adanya konstruksi																		Estetika visual setempat akibat adanya konstruksi	
Dampak terhadap keamanan akibat adanya konstruksi																		Perubahan pola interaksi akibat adanya konstruksi	
Dampak kesehatan masyarakat akibat adanya konstruksi																		Estetika visual setempat akibat adanya konstruksi	
Dampak kesehatan masyarakat akibat adanya konstruksi																		Perubahan pola interaksi akibat adanya konstruksi	
Estetika visual setempat akibat adanya konstruksi																		Perubahan pola interaksi akibat adanya konstruksi	

Tabel A.11 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria biaya

Kriteria Biaya	PENILAIAN																		Kriteria Biaya
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Biaya konstruksi					X													Biaya pengadaan tanah	
Biaya konstruksi					X													Biaya pemeliharaan	
Biaya konstruksi					X													Biaya akibat bencana	
Biaya pengadaan tanah					X													Biaya pemeliharaan	
Biaya pengadaan tanah					X													Biaya akibat bencana	
Biaya pemeliharaan																		Biaya akibat bencana	

Tabel A.12 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden sub sub kriteria biologi

Kriteria Biologi	PENILAIAN																	Kriteria Biologi
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Flora											X							Fauna

Tabel A.13 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden sub sub kriteria fisika

Kriteria Fisika	PENILAIAN																	Kriteria Fisika
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Pencemaran tanah											X							Pencemaran air
Pencemaran tanah											X							Pencemaran udara
Pencemaran tanah												X						Kebisingan
Pencemaran tanah												X						Getaran
Pencemaran air											X							Pencemaran udara
Pencemaran air											X							Kebisingan
Pencemaran air												X						Getaran
Pencemaran udara													X					Kebisingan
Pencemaran udara													X					Getaran
Kebisingan													X					Getaran

Tabel A.14 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria pengambilan keputusan dalam pemilihan

Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Konstruksi	PENILAIAN																	Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Umur rencana konstruksi terowongan lebih lama					X													Umur rencana konstruksi galian lereng tinggi lebih lama
Model pelaksanaan terowongan lebih mudah										X								Model pelaksanaan galian lereng tinggi lebih mudah

Tabel A.14 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria pengambilan keputusan dalam pemilihan (lanjutan)

Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Konstruksi	PENILAIAN																	Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Umur rencana konstruksi terowongan lebih lama					X													Umur rencana konstruksi galian lereng tinggi lebih lama
Model pelaksanaan terowongan lebih mudah										X								Model pelaksanaan galian lereng tinggi lebih mudah
Alat konstruksi terowongan tersedia dengan mudah											X							Alat konstruksi galian lereng tinggi tersedia dengan mudah

Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Konstruksi	PENILAIAN																		Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Saat terjadi gempa konstruksi terowongan lebih berisiko											X							Saat terjadi gempa konstruksi lereng tinggi lebih berisiko	
Konstruksi terowongan lebih aman bagi keselamatan pengguna jalan							X											Konstruksi lereng tinggi lebih aman bagi keselamatan pengguna jalan	
Dampak dari pembangunan konstruksi terowongan adalah lebih sedikit berkurangnya/hilangnya flora				X														Dampak pembangunan konstruksi lereng tinggi adalah lebih sedikit berkurangnya/hilangnya flora	
Dampak dari pembangunan konstruksi terowongan adalah lebih sedikit mencemari tanah																		Dampak pembangunan konstruksi lereng tinggi adalah lebih sedikit mencemari tanah	
Dampak dari pembangunan konstruksi terowongan adalah lebih sedikit mencemari air											X							Dampak pembangunan konstruksi lereng tinggi adalah lebih sedikit mencemari air	
Dampak dari pembangunan konstruksi terowongan adalah lebih sedikit mencemari udara				X														Dampak pembangunan konstruksi lereng tinggi adalah lebih sedikit mencemari udara	
Dampak saat pembangunan konstruksi terowongan adalah lebih sedikit timbulnya kebisingan sekitar proyek							X											Dampak saat pembangunan konstruksi lereng tinggi adalah lebih sedikit timbulnya kebisingan sekitar proyek	
Dampak saat pembangunan konstruksi terowongan adalah lebih sedikit terjadinya getaran sekitar proyek											X							Dampak saat pembangunan konstruksi lereng tinggi adalah lebih sedikit terjadinya getaran sekitar proyek	

Tabel A.14 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria pengambilan keputusan dalam pemilihan (lanjutan)

Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Konstruksi	PENILAIAN																		Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Dampak saat pembangunan konstruksi terowongan adalah lebih sedikit terjadinya getaran sekitar proyek											X							Dampak saat pembangunan konstruksi lereng tinggi adalah lebih sedikit terjadinya getaran sekitar proyek	

Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Konstruksi	PENILAIAN																		Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Mata pencaharian masyarakat sekitar lebih sedikit berubah setelah adanya konstruksi terowongan					X													Mata pencaharian masyarakat sekitar lebih sedikit berubah setelah adanya konstruksi galian lereng tinggi	
Kekerabatan masyarakat sekitar lebih sedikit menjadi jauh setelah adanya konstruksi terowongan					X													Kekerabatan masyarakat sekitar lebih sedikit menjadi jauh setelah adanya konstruksi galian lereng tinggi	
Keamanan lingkungan sekitar tetap aman dengan adanya pembangunan konstruksi terowongan							X											Keamanan lingkungan sekitar tetap aman dengan adanya pembangunan konstruksi galian lereng tinggi	
Kesehatan lingkungan sekitar tetap sehat dengan adanya pembangunan konstruksi terowongan							X											Kesehatan lingkungan sekitar tetap sehat dengan adanya pembangunan konstruksi galian lereng tinggi	
Estetika visual lingkungan sekitar menjadi bagus dengan adanya pembangunan konstruksi terowongan					X													Estetika visual lingkungan sekitar menjadi bagus dengan adanya pembangunan konstruksi galian lereng tinggi	
Pola interaksi masyarakat sekitar lebih sedikit berubah setelah adanya konstruksi terowongan					X													Pola interaksi masyarakat sekitar lebih sedikit berubah setelah adanya konstruksi galian lereng tinggi	
Biaya konstruksi terowongan lebih murah											X							Biaya konstruksi galian lereng tinggi lebih murah	
Biaya pengadaan lahan konstruksi terowongan lebih murah					X													Biaya pengadaan lahan konstruksi galian lereng tinggi lebih murah	
Biaya pemeliharaan konstruksi terowongan lebih murah							X											Biaya pemeliharaan konstruksi galian lereng tinggi lebih murah	

Tabel A.14 - Contoh formulir kuesioner yang sudah diisi oleh responden kriteria pengambilan keputusan dalam pemilihan (lanjutan)

Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan Konstruksi	PENILAIAN																		Kriteria Pengambilan Keputusan dalam Pemilihan
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Biaya akibat kecelakaan konstruksi terowongan lebih murah									X									Biaya akibat kecelakaan konstruksi galian lereng tinggi lebih murah	

- f. Masukkan nilai perbandingan responden dari kuesioner seperti Tabel A.15
- g. Gabungkan pedapat semua responden dengan melakukan rata-rata geometrik pada nilai tersebut yang menghasilkan suatu matriks seperti Tabel A.16.

Tabel A.15 - Contoh matriks berpasangan hasil

Kriteria Teknis			Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 4	Expert 5	Expert 6	Expert 7	Expert 8	rata-rata geometri
Umur rencana	VS	Metode pelaksanaan	7.0000	0.1667	1.0000	0.2500	7.0000	0.1400	5.0000	1.0000	1.4679
Umur rencana	VS	Ketersediaan alat	7.0000	6.0000	0.5000	0.2500	7.0000	0.2000	5.0000	1.0000	1.5095
Umur rencana	VS	Risiko keruntuhan akibat gempa	7.0000	5.0000	0.3333	0.2500	5.0000	0.5000	2.0000	0.1429	1.4563
Umur rencana	VS	Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan	7.0000	5.0000	0.3333	1.0000	5.0000	0.1100	2.0000	0.1429	1.4595
Metode pelaksanaan	VS	Ketersediaan alat	1.0000	6.0000	0.5000	3.0000	0.2500	2.0000	1.0000	1.0000	1.3999
Metode pelaksanaan	VS	Risiko keruntuhan akibat gempa	0.2000	7.0000	0.3333	1.0000	0.2500	7.0000	5.0000	1.0000	1.4698
Metode pelaksanaan	VS	Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan	0.2000	6.0000	0.3333	1.0000	0.2000	0.5000	0.5000	1.0000	1.3290
Ketersediaan alat	VS	Risiko keruntuhan akibat gempa	0.2000	0.1667	0.3300	1.0000	0.1667	4.0000	2.0000	0.2000	1.2981
Ketersediaan alat	VS	Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan	0.2000	0.1429	0.3333	4.0000	0.1700	3.0000	1.0000	0.2000	1.3169
Risiko keruntuhan akibat gempa	VS	Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan	5.0000	0.1700	1.0000	4.0000	0.2500	0.1300	0.5000	1.0000	1.3650

Tabel A.16 - Contoh matriks berpasangan kriteria teknis

Kriteria Teknis	Umur rencana (1)	Metode pelaksanaan (2)	Ketersediaan alat (3)	Risiko keruntuhan akibat gempa (4)	Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan (5)
Umur rencana (1)	1.0000	1.4679	1.5095	1.4563	1.4595
Metode pelaksanaan (2)		1.0000	1.3999	1.4698	1.3290
Ketersediaan alat (3)			1.0000	1.2981	1.3169
Risiko keruntuhan akibat gempa (4)				1.0000	1.3650
Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan (5)					1.0000

Tabel A.17 - Contoh matriks berpasangan kriteria teknis keseluruhan

Kriteria Teknis	Umur rencana (1)	Metode pelaksanaan (2)	Ketersediaan alat (3)	Risiko keruntuhan akibat gempa (4)	Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan (5)
Umur rencana (1)	1.0000	1.4679	1.5095	1.4563	1.4595
Metode pelaksanaan (2)	1/1.4679	1.0000	1.3999	1.4698	1.3290
Ketersediaan alat (3)	1/1.5095	1/1.3999	1.0000	1.2981	1.3169
Risiko keruntuhan akibat gempa (4)	1/1.4563	1/1.4698	1/1.2981	1.0000	1.3650
Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan (5)	1/1.4595	1/1.3290	1/1.3169	1/1.3650	1.0000

- h. Untuk mempermudah perhitungan angka-angka dalam perbandingan berpasangan maka matrik pada Tabel A.17 di ubah dalam bentuk desimal dan lakukan evaluasi kriteria dengan menjumlahkan setiap kolom seperti pada Tabel A.18.

Tabel A.18 - Contoh matriks berpasangan kriteria teknis yang diubah dalam bentuk desimal

Kriteria Teknis	Umur rencana (1)	Metode pelaksanaan (2)	Ketersediaan alat (3)	Risiko keruntuhan akibat gempa (4)	Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan (5)
Umur rencana (1)	1.0000	1.4679	1.5095	1.4563	1.4595
Metode pelaksanaan (2)	0.6812	1.0000	1.3999	1.4698	1.3290
Ketersediaan alat (3)	0.6625	0.7143	1.0000	1.2981	1.3169
Risiko keruntuhan akibat gempa (4)	0.6867	0.6804	0.7703	1.0000	1.3650
Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan (5)	0.6852	0.7524	0.7593	0.7326	1.0000

- i. Lakukan normalisasi pada setiap kriteria teknis pada Tabel A.18 dengan membagi setiap kolom dengan hasil penjumlahan kolom dengan hasil seperti pada Tabel A.19.

Tabel A.19 - Normalisasi matriks berpasangan kriteria teknis

Kriteria Teknis	Umur rencana (1)	Metode pelaksanaan (2)	Ketersediaan alat (3)	Risiko keruntuhan akibat gempa (4)	Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan (5)
Umur rencana (1)	1.0000	1.4679	1.5095	1.4563	1.4595
Metode pelaksanaan (2)	0.6812	1.0000	1.3999	1.4698	1.3290
Ketersediaan alat (3)	0.6625	0.7143	1.0000	1.2981	1.3169
Risiko keruntuhan akibat gempa (4)	0.6867	0.6804	0.7703	1.0000	1.3650
Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan (5)	0.6852	0.7524	0.7593	0.7326	1.0000
<i>Jumlah</i>	3.7156	4.6150	5.4391	5.9568	6.4704

- j. Lakukan penentuan *priority vector* (PV) dengan melakukan rerata pada setiap barisnya dan hasilnya seperti pada Tabel A.20.

Rata-rata baris							
(	0.2691	0.3181	0.2775	0.2445	0.2256	) / 5 =	0.2670
(	0.1833	0.2167	0.2574	0.2467	0.2054	) / 5 =	0.2219
(	0.1783	0.1548	0.1839	0.2179	0.2035	) / 5 =	0.1877
(	0.1848	0.1474	0.1416	0.1679	0.2110	) / 5 =	0.1705
(	0.1844	0.1630	0.1396	0.1230	0.1546	) / 5 =	0.1529

Tabel A.20 - Prioritas matriks berpasangan kriteria teknis

Kriteria Teknis	Umur rencana	Metode	Ketersediaan	Risiko	Kesesuaian alinyemen terkait	Jumlah	priority vector
Umur rencana (1)	0.2691	0.3181	0.2775	0.2445	0.2256	1.3348	0.2670
Metode pelaksanaan (2)	0.1833	0.2167	0.2574	0.2467	0.2054	1.1096	0.2219
Ketersediaan alat (3)	0.1783	0.1548	0.1839	0.2179	0.2035	0.9384	0.1877
gempa (4)	0.1848	0.1474	0.1416	0.1679	0.2110	0.8527	0.1705
Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan (5)	0.1844	0.1630	0.1396	0.1230	0.1546	0.7646	0.1529

Hasil bobot prioritas pada kriteria teknis seperti pada Tabel A.20 untuk kriteria umur pelaksanaan dihasilkan bobot 0,2670, untuk kriteria model pelaksanaan dihasilkan bobot 0,2219, untuk kriteria ketersediaan alat dihasilkan bobot 0,1877, untuk kriteria risiko keruntuhan akibat gempa dihasilkan bobot 0,1705 dan untuk kriteria kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan dihasilkan bobot 0,1529.

- k. Hitung *Weigh Sum Vector* yaitu dengan melakukan perhitungan nilai lamda maksimum dengan cara mengalikan jumlah kolom kriteria evaluasi pada setiap kriteria dengan nilai PV.

$$\lambda = (3,7156 * 0,2670) + (4,6150 * 0,2670) + (5,4391 * 0,1877) + (5,9568 * 0,1705) + (6,4704 * 0,1529)$$

$$\lambda = 5,2501$$

- l. Hitung nilai *Consistency Index* pada setiap kriteria, sub kriteria dan alternatif

$$CI = (p-n)/(n-1)$$

$$= (5,2501 - 5) / (5-1)$$

$$CI = 0,0625$$

- m. Hitung nilai CR

$$CR = CI/RI$$

$$= 0,0625/1,12$$

$$CR = 0,06$$

- n. Nilai CR < 10 % maka penilaian tersebut telah konsisten.

- o. Hitung semua nilai pada setiap kriteria, sub kriteria dan alternatif dan dihasilkan semua nilai seperti pada Tabel A.21 dan Tabel A.22.

Tabel A.21 - Prioritas setiap sub kriteria dan sub sub kriteria

No	Kriteria	Sub Kriteria	Sub Sub Kriteria	Prioritas	CI	CR
1	Teknis	Umur rencana	-	0.27	0.0625	0.006
		Metode pelaksanaan	-	0.22		
		Ketersediaan alat	-	0.19		
		Risiko keruntuhan akibat bencana	-	0.17		
		Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan	-	0.15		
2	Lingkungan	Biologi	-	0.234	0.0448	0.04
			Fauna	0.57		
			Flora	0.7		
		Fisika- Kimia	-	0.766		
			Getaran	0.16		
			Kebisingan	0.17		
			Penurunan muka air tanah	0.23		
			pencemaran tanah	0.23		
			Pencemaran udara	0.20		
3	Sosial dan budaya	Perubahan mata pencaharian	-	0.18	0.07	0.0625
		Pengaruh terhadap kekerabatan	-	0.16		
		Kesulitan dalam pengadaan tanah	-	0.16		
		Kesehatan	-	0.13		
		Keamanan	-	0.14		
		Estetika visual	-	0.13		
		Perubahan pola interaksi	-	0.062		
4	Biaya	Biaya proyek	-	0.32	0.079	0.07054
		Biaya pengadaan tanah	-	0.27		
		Biaya pemeliharaan	-	0.23		
		Biaya akibat bencana	-	0.19		

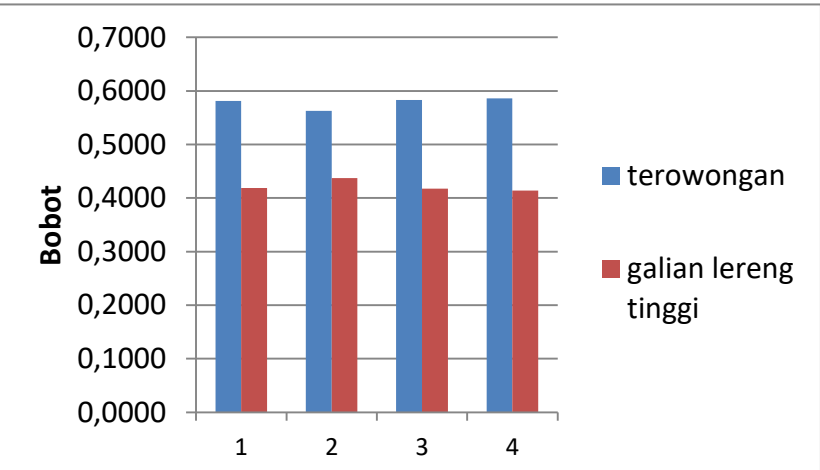
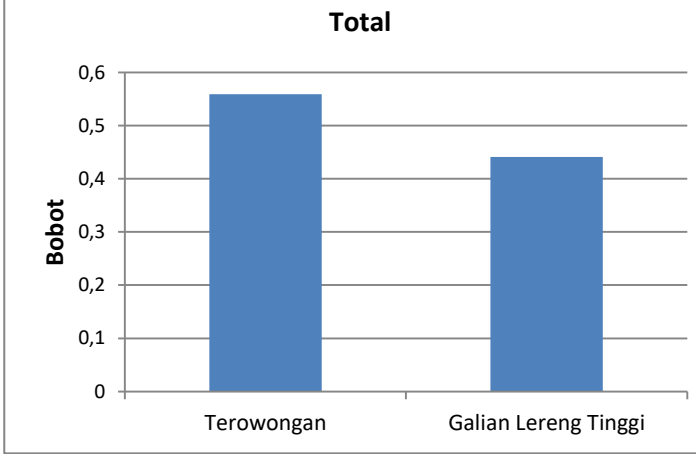
Tabel A.22 - Prioritas kriteria dan sub kriteria pada masing-masing konstruksi

No	Kriteria	Sub Kriteria	Sub Sub Kriteria	Terowongan	Galian Lereng Tinggi
1	Teknis	Umur rencana	-	0.160	0.107
		Metode pelaksanaan	-	0.128	0.094
		Ketersediaan alat	-	0.106	0.082
		Risiko keruntuhan akibat bencana	-	0.098	0.073
		Kesesuaian alinyemen terkait dengan keselamatan pengguna jalan	-	0.089	0.063
			Fauna	0.240	0.187
			Flora	0.323	0.251
			Getaran	0.079	0.079
			Kebisingan	0.100	0.074
			Penurunan muka air tanah	0.072	0.163
			pencemaran tanah	0.130	0.102
			Pencemaran udara	0.101	0.101
3	Sosial dan budaya	Perubahan mata pencaharian	-	0.100	0.078
		Pengaruh terhadap kekerabatan	-	0.094	0.068
		Kesulitan dalam pengadaan tanah	-	0.094	0.064
		Kesehatan	-	0.078	0.053
		Keamanan	-	0.085	0.059
		Estetika visual	-	0.073	0.053
		Perubahan pola interaksi	-	0.059	0.043
4	Biaya	Biaya proyek	-	0.185	0.133
		Biaya pengadaan tanah	-	0.158	0.108
		Biaya pemeliharaan	-	0.132	0.094
		Biaya akibat bencana	-	0.112	0.079

7. Pemilihan alternatif

- a. Pilihlah alternatif konstruksi berdasarkan hasil pemodelan. Bandingkan dalam suatu matriks atau diagram batang hasil skor atau bobot yang dihasilkan dari pemodelan masing-masing alternatif pada contoh formulir A7 seperti Tabel A.23. Alternatif yang terpilih adalah yang memiliki bobot tertinggi.

Tabel A.23 - Contoh formulir pemilihan alternatif

Nama/Lokasi/Tahun Proyek	Unit Pelaksana :	Ketua Unit Pelaksana:																					
Alternatif																							
 <table border="1"> <caption>Data for Individual Weights Chart</caption> <thead> <tr> <th>Kriteria</th> <th>terowongan</th> <th>galian lereng tinggi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>0,5812</td> <td>0,4188</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,5612</td> <td>0,4373</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,5828</td> <td>0,4175</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0,5859</td> <td>0,4141</td> </tr> </tbody> </table>	Kriteria	terowongan	galian lereng tinggi	1	0,5812	0,4188	2	0,5612	0,4373	3	0,5828	0,4175	4	0,5859	0,4141	 <table border="1"> <caption>Data for Total Weights Chart</caption> <thead> <tr> <th>Alternatif</th> <th>Total Bobot</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Terowongan</td> <td>0,5588</td> </tr> <tr> <td>Galian Lereng Tinggi</td> <td>0,4412</td> </tr> </tbody> </table>	Alternatif	Total Bobot	Terowongan	0,5588	Galian Lereng Tinggi	0,4412	
Kriteria	terowongan	galian lereng tinggi																					
1	0,5812	0,4188																					
2	0,5612	0,4373																					
3	0,5828	0,4175																					
4	0,5859	0,4141																					
Alternatif	Total Bobot																						
Terowongan	0,5588																						
Galian Lereng Tinggi	0,4412																						
Penjelasan : Koefisien berdasarkan kriteria : Terowongan : 1. Teknis = 0,5812 2. Lingkungan = 0,5612 3. Sosial dan budaya = 0,5828 4. Biaya = 0,5859 Galian lereng tinggi : 1. Teknis = 0,4188 2. Lingkungan = 0,4373 3. Sosial budaya = 0,4175 4. Teknis = 0,4141	Bobot total terowongan adalah 0,5588 dan galian lereng tinggi adalah 0,4412																						

b. Tuliskan pernyataan solusi pada formulir A8 Tabel A.24

Tabel A.24 - Contoh formulir pengisian pernyataan solusi

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:	Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Solusi		
<p>Dari analisis pemodelan dengan menggunakan model AHP menunjukkan bahwa alternatif terowongan memiliki bobot tertinggi pada seluruh kriteria. Sehingga dapat disimpulkan bahwa alternatif terbaik untuk pemilihan keputusan di lokasi X adalah terowongan</p>		

c. Susun rencana implementasi yang dituliskan pada formulir A9 Tabel A.25.

Tabel A.25 - Contoh formulir pengisian rencana implementasi

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:	Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Implementasi		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Dilakukan penyusunan KAK perencanaan teknis terowongan 2. Dilakukan perencanaan awal dan perencanaan akhir terowongan 		

Lampiran B

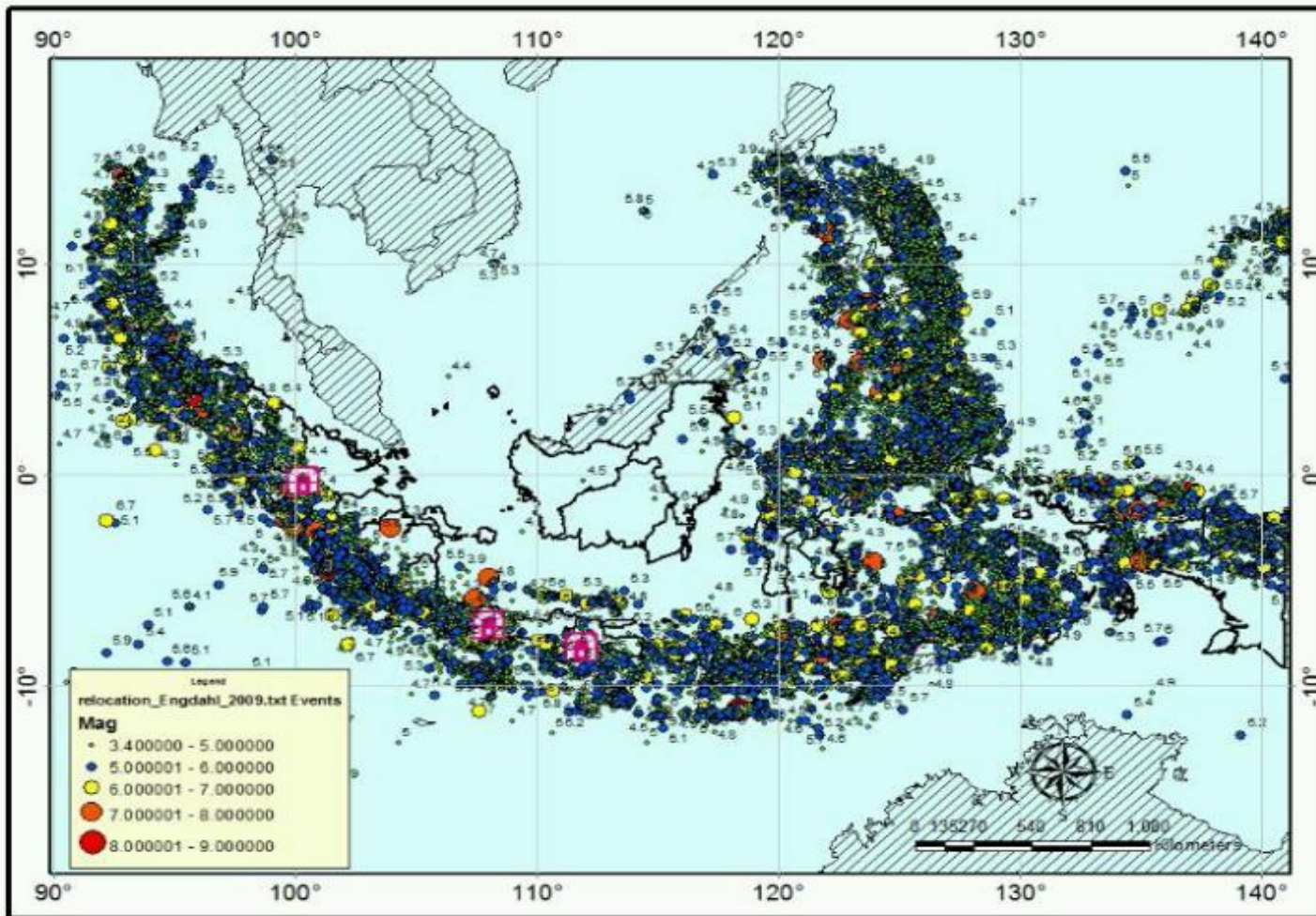
(informatif)

Contoh pengambilan keputusan dengan model pohon keputusan

1. Identifikasi masalah
Isi daftar perkiraan risiko atau dampak yang mungkin timbul pada konstruksi terowongan dan galian lereng tinggi yang dituliskan pada contoh pengisian formulir A1 pernyataan dampak/masalah seperti ditunjukkan pada Tabel A.1 Lampiran A.
2. Identifikasi tujuan
Identifikasi tujuan yang ingin dicapai pada contoh pengisian formulir A2 pernyataan tujuan seperti pada Tabel A.2 Lampiran A
3. Pengumpulan dan pengkajian data
 - a. Pengumpulan data dilakukan dengan menuliskan data yang dihasilkan dan dikaji pada contoh pengisian formulir B1 matriks ketersediaan data pada seperti ditunjukkan pada Tabel B.1, sertakan peta-peta terkait seperti pada Gambar B.1
 - b. Tentukan model yang sesuai cakupan kualitas data pada lokasi wilayah studi dengan menuliskan pada contoh pengisian formulir B2 pemodelan seperti ditunjukkan pada Tabel B.2

Tabel B.1 - Contoh pengisian formulir matriks ketersediaan data

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:				Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:	
No	Kajian	Jenis Data		Penjelasan	Keterangan	Sumber
1	Riwayat gempa	a	Peta lokasi	Daerah X dan sekitarnya secara administratif termasuk pada administrasi Kecamatan B, Provinsi Y. Kecamatan B mempunyai luas wilayah 3.254,86 Ha.	Terlampir	Laporan XX
		b	Koordinat lokasi	a'b" ; c'd"		
		c	Peta sebaran gempa	Peta sebaran gempa di lokasi X		
		d	Jumlah Kejadian gempa	Magnitude < 5 = 89 kejadian Magnitude 5-6 = 106 kejadian Magnitude 6-7 = 13 kejadian Magnitude 7-8 = 2 kejadian Magnitude 8-9 = 0 kejadian		
2	Biaya	a	Biaya konstruksi	Biaya konstruks terowongan = 924,621,057,805.97 Biaya konstruks galian lereng tinggi = 647,234,740,464.18		



Gambar B.1 - Peta sebaran kejadian gempa

Berdasarkan dari data yang dimiliki yaitu data dengan probabilitas maka digunakan model pohon keputusan

Tabel B.2 - Contoh pengisian formulir pemodelan

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:		Unit Pelaksana:		Ketua Unit Pelaksana:
Pemodelan				
F-01	Data yang dimiliki (*pilih salah satu)		Data diketahui secara pasti (deterministik) *	
		x	Data tidak pasti, dengan probabilitas *	
			Data tidak pasti, tidak ada probabilitas *	
F-02	Model yang dipilih	Pohon Keputusan		
F-03	Software yang digunakan	-		
F-04	Kuesioner	-		

4. Identifikasi alternatif

Identifikasi alternatif dilakukan dengan menuliskan pada formulir A5 seperti pada Tabel A.5.

5. Identifikasi kriteria

Identifikasi kriteria sesuai dengan model yang dipilih. Kejadian tak pasti pada model pohon keputusan dalam pemilihan tipe konstruksi jalan di lokasi X adalah kejadian gempa yang akan terjadi di masa yang akan datang. Tuliskan kriteria pada contoh pengisian formulir B3 pernyataan kriteria seperti pada Tabel B.3.

Tabel B.3 - Contoh pengisian formulir pernyataan kriteria pada pemodelan pohon keputusan

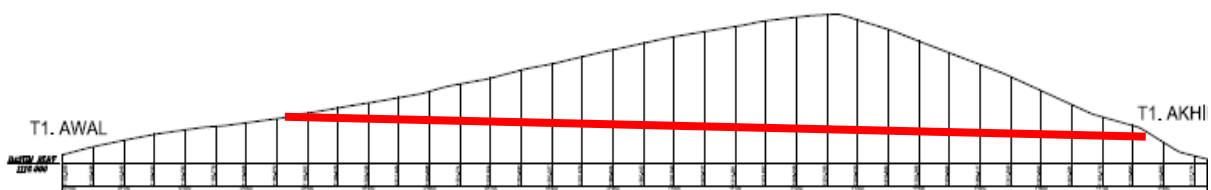
Nama/Lokasi/Tahun Proyek:		Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Kriteria			
Alternatif Konstruksi	Probabilitas terjadinya		
	Bencana besar	Bencana besar	Bencana Kecil
Terowongan	Besarnya kerugian akibat bencana besar yang terjadi di portal terowongan yaitu <i>moment magnitude</i> > 7	Besarnya kerugian akibat bencana sedang yang terjadi di portal terowongan yaitu <i>moment magnitude</i> 5-7	Besarnya kerugian akibat bencana kecil yang terjadi di portal terowongan yaitu <i>moment magnitude</i> < 5
Galian Lereng Tinggi	Besarnya kerugian akibat bencana besar yang terjadi di galian lereng tinggi yaitu <i>moment magnitude</i> > 6 Mw	Besarnya kerugian akibat bencana sedang yang terjadi di galian lereng tinggi yaitu <i>moment magnitude</i> 5-6	Besarnya kerugian akibat bencana kecil yang terjadi di galian lereng tinggi yaitu <i>moment magnitude</i> < 5

6. Pemodelan

- a. Plot rute lokasi rencana terowongan/galian lereng tinggi berdasarkan pengukuran *Global Positioning System* (GPS) pada peta seperti pada Gambar B.2 dan gambarkan penampang konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi seperti pada Gambar B.3.

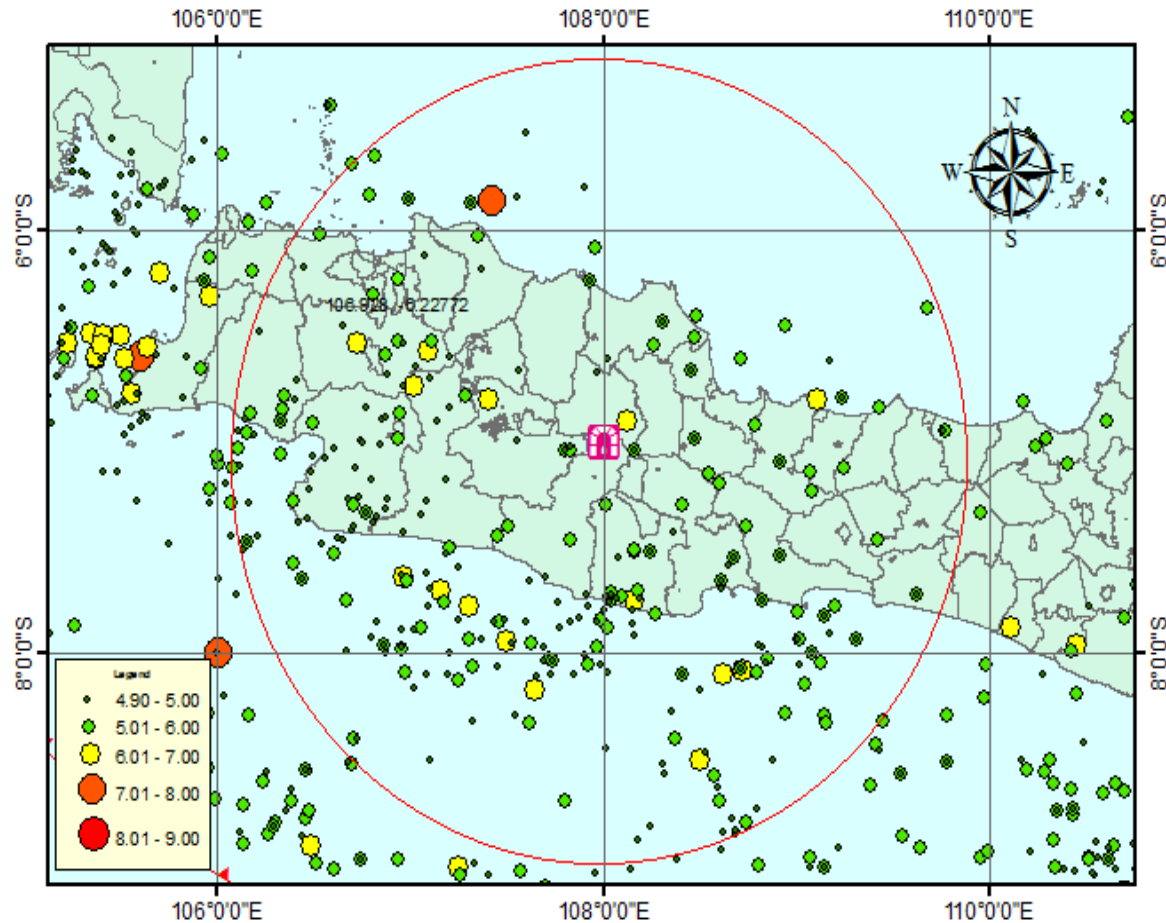


Gambar B.2 - Rute alternatif konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi topografi pegunungan



Gambar B.3 - Penampang memanjang konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi di topografi pegunungan

- b. Plotkan koordinat proyek (Bujur timur dan lintang utara atau lintang selatan) pada peta sebaran gempa
 c. Buat area pemilihan data gempa yang berjarak 500 km dari lokasi proyek seperti Gambar B.4



Gambar B.4 - Plot koordinat gempa di peta sebaran gempa

- d. Identifikasi nilai Mw pada peta sebaran gempa di wilayah studi mengacu pada kriteria seperti pada Tabel B.4 dan Tabel B.5.

Tabel B.4 - Nilai Mw pada sebaran gempa alternatif terowongan

Alternatif	Kriteria	Magnitude	Jumlah kejadian gempa
Terowongan	Gempa Besar	>7	0
	Gempa Sedang	5-7	118
	Gempa Kecil	<5	155

Tabel B.5 - Nilai Mw pada sebaran gempa alternatif galian lereng tinggi

Alternatif	Kriteria	Magnitude	Jumlah kejadian gempa
Galian Lereng Tinggi	Gempa Besar	>6	6
	Gempa Sedang	5-6	112
	Gempa Kecil	<5	155

- e. Hitung frekuensi gempa (bobot) berdasarkan riwayat gempa yang terjadi di lokasi rencana konstruksi terowongan atau konstruksi galian lereng tinggi. Frekuensi gempa dihitung dengan pembagian antara data kejadian gempa dengan rentang tertentu dengan jumlah keseluruhan kejadian gempa seperti Tabel B.6 dan Tabel B.7.

Tabel B.6 - Frekuensi masing-masing bencana pada alternatif terowongan

Alternatif	Kriteria	Frekuensi
Terowongan	Gempa Besar	0.000
	Gempa Sedang	0.432
	Gempa Kecil	0.568

Tabel B.7 - Frekuensi masing-masing bencana pada alternatif galian lereng tinggi

Alternatif	Kriteria	Frekuensi
Galian Lereng Tinggi	Gempa Besar	0.022
	Gempa Sedang	0.410
	Gempa Kecil	0.568

- f. Hitung biaya bencana besar, sedang dan kecil sesuai Tabel 7, Tabel 8 dan ketentuan 4.2.4.3.2 seperti Tabel B.8, Tabel B.9, Tabel B.10, Tabel B.11, dan Tabel B.12.

Tabel B.8 - Biaya proyek, biaya konstruksi dan perhitungan biaya pemeliharaan

Alternatif	Biaya Proyek	Biaya Konstruksi	Biaya Pemeliharaan	
Terowongan	1,155,776,322,257.46	924,621,057,805.97	63,567,697,724.16	=80% x biaya proyek
Galian lereng tinggi	809,043,425,580.22	647,234,740,464.18	48,542,605,534.81	=80% x biaya proyek

Tabel B.9 - Perhitungan biaya operasi, perhitungan biaya akibat bencana besar dan biaya sedang

Alternatif	Biaya Operasi		Biaya akibat bencana		Biaya akibat bencana	
			Bencana besar		Bencana Sedang	
Terowongan	63,567,697,724.16	= 5,5% x biaya proyek	98,240,987,391.88	= 8,5 % x biaya proyek	46,231,052,890.30	= 4% x biaya proyek
Galian lereng tinggi	44,497,388,406.91	=6% x biaya proyek	40,452,171,279.01	= 5% x biaya proyek	6,472,347,404.64	= 1% x biaya proyek

Tabel B.10 - Perhitungan biaya akibat bencana kecil dan besar dan perhitungan biaya kecelakaan

Alternatif	Biaya akibat bencana		Biaya akibat Kecelakaan	
	Bencana kecil			
Terowongan	5,778,881,611.29	= 0.5% x biaya proyek	66,000,000,000,000.00	USD 15.000 x 400.000 x 11.000
Galian lereng tinggi	4,045,217,127.90	= 0.5% x biaya proyek	99,000,000,000,000.00	USD 1.5 x 15.000 x 400.000 x 11.000

Tabel B.11 - Perhitungan biaya total bencana besar, bencana sedang dan bencana kecil

Alternatif	Total		
	Bencana besar	Bencana sedang	Bencana kecil
Terowongan	67,149,997,440,646.20	67,097,987,506,144.60	67,057,535,334,865.60
Galian lereng tinggi	99,780,726,905,684.90	99,746,747,081,810.50	99,744,319,951,533.80

Tabel B.12 - Perhitungan perkiraan biaya sesuai

Alternatif	Perkiraan Biaya					
	Bencana besar		Bencana sedang		Bencana kecil	
Terowongan	33,574,998,720,323.10	=50%*(Biaya konstruksi+Biaya pemeliharaan+ Biaya akibat bencana+ Biaya akibat kecelakaan)	20,129,396,251,843.40	=30%*(Biaya konstruksi+Biaya pemeliharaan+ Biaya akibat bencana+ Biaya akibat kecelakaan)	6,705,753,533,486.56	=10%*(Biaya konstruksi+Biaya pemeliharaan+ Biaya akibat bencana+ Biaya akibat kecelakaan)
Galian lereng tinggi	49,890,363,452,842.50	=50%*(Biaya konstruksi+Biaya pemeliharaan+ Biaya akibat bencana+ Biaya akibat kecelakaan)	29,924,024,124,543.20	=30%*(Biaya konstruksi+Biaya pemeliharaan+ Biaya akibat bencana+ Biaya akibat kecelakaan)	9,974,431,995,153.38	=10%*(Biaya konstruksi+Biaya pemeliharaan+ Biaya akibat bencana+ Biaya akibat kecelakaan)

g. Hitung probabilitas terjadinya, yaitu bobot dikalikan biaya masing-masing bencana seperti Tabel B.13 dan Tabel B.14

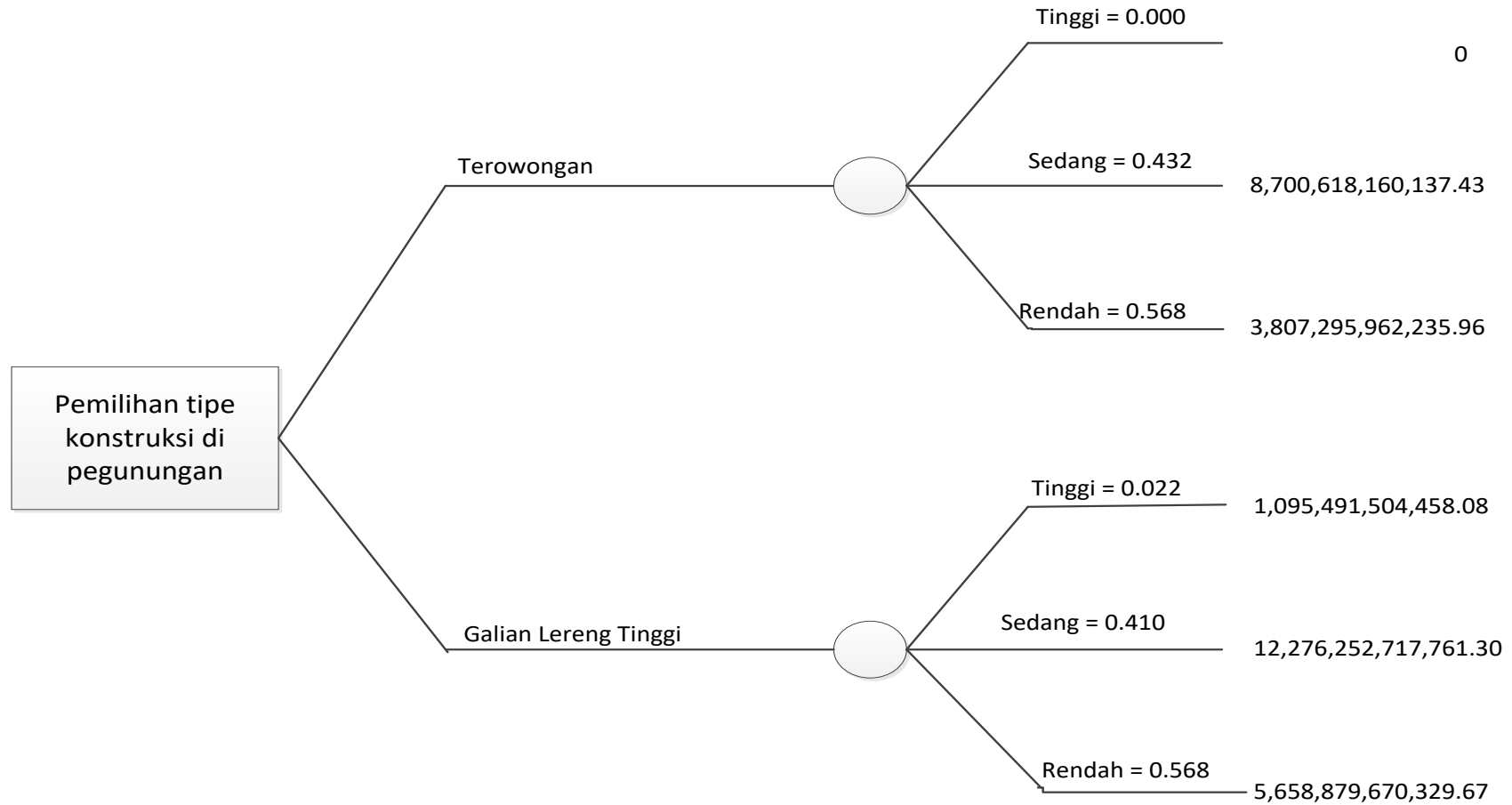
Tabel B.13 - Hasil perhitungan probabilitas alternatif terowongan

Alternatif	Kriteria	Frekuensi	Biaya	Jumlah
Terowongan	Gempa Besar	0.000	33,574,998,720,323.10	-
	Gempa Sedang	0.432	20,129,396,251,843.40	8,700,618,160,137.43
	Gempa Kecil	0.568	6,705,753,533,486.56	3,807,295,962,235.96

Tabel B.14 - Hasil perhitungan probabilitas alternatif galian lereng tinggi

Alternatif	Kriteria	Frekuensi	Biaya	Jumlah
Galian Lereng Tinggi	Gempa Besar	0.022	49,890,363,452,842.50	1,096,491,504,458.08
	Gempa Sedang	0.410	29,924,024,124,543.20	12,276,522,717,761.30
	Gempa Kecil	0.568	9,966,930,000,000.00	5,658,879,670,329.67

h. Gambarkan pohon keputusannya dalam diagram pohon keputusan seperti Gambar B.5



Gambar B.5 - Pohon keputusan sistem pemilihan keputusan antara terowongan dan galian lereng tinggi di lokasi X

- i. Hitung nilai ekspektasi dengan mengambil nilai rerata dari masing-masing perkalian bobot dan biaya seperti Tabel B.15

Tabel B.15 - Nilai ekspektasi model pohon keputusan untuk lokasi jalan x

Alternatif Konstruksi	Ekspektasi
Terowongan	4,165,616,807,258.83
Galian lereng tinggi	6,344.155.743,225.80

7. Pemilihan alternatif

- a. Pilihlah alternatif konstruksi berdasarkan hasil pemodelan. Bandingkan dalam suatu matriks atau diagram batang hasil skor atau bobot yang dihasilkan dari pemodelan masing-masing alternatif pada contoh formulir B4 seperti Tabel B.16. Alternatif yang terpilih adalah yang memiliki nilai ekspektasi terendah.

Tabel B.16 - Contoh pengisian formulir pemilihan alternatif

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:	Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Alternatif		
Nilai ekspektasi untuk terowongan = 4,165,304,160,137.43 Nilai ekspektasi untuk galian lereng tinggi = 6,344.964.630,849.		

b. Tuliskan pernyataan solusi pada formulir B5 Tabel B.17.

Tabel B.17 - Contoh pengisian formulir pernyataan solusi

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:	Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Solusi		
<p>Hasil pengambilan keputusan dengan model pohon keputusan pada lokasi X menunjukkan alternatif terowongan memiliki biaya terendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa alternatif terbaik untuk pemilihan keputusan di lokasi X adalah terowongan</p>		

c. Susun rencana implementasi yang dituliskan pada formulir B6 Tabel B.18

Tabel B.18 - Contoh pengisian formulir rencana implementasi

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:	Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Implementasi		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Dilakukan penyusunan KAK perencanaan teknis terowongan jalan 2. Dilakukan perencanaan awal dan perencanaan akhir terowongan jalan 		

Lampiran C

(informatif)

Contoh pengambilan keputusan dengan Model *Laplace*

1. Identifikasi masalah

Isi daftar perkiraan risiko atau dampak yang mungkin timbul pada konstruksi terowongan dan galian lereng tinggi yang dituliskan pada contoh pengisian formulir A1 pernyataan dampak/masalah seperti ditunjukkan pada Tabel A.1 Lampiran A

2. Identifikasi tujuan

Identifikasi tujuan yang ingin dicapai pada contoh pengisian formulir A2 pernyataan tujuan seperti pada Tabel A.2 Lampiran A

3. Pengumpulan dan pengkajian data
 - a. Pengumpulan data dilakukan dengan menuliskan data yang dihasilkan dan dikaji pada contoh pengisian formulir C1 matriks ketersediaan data pada seperti ditunjukkan pada Tabel C.1
 - b. Tentukan model yang sesuai cakupan kualitas data pada lokasi wilayah studi dengan menuliskan pada contoh pengisian formulir C2 pemodelan seperti ditunjukkan pada Tabel C.2

Tabel C.1 - Contoh pengisian formulir matriks ketersediaan data

Nama/Lokasi/Tahun Proyek: Pengambilan Keputusan antara Terowongan dan Galian Lereng Tinggi lokasi X Provinsi Y				Unit Pelaksana: Satker A	Ketua Unit Pelaksana: Ir V.V
No	Kajian	Jenis Data	Penjelasan	Keterangan	Sumber
1	Biaya	a	Biaya konstruksi terowongan	Rp 924,621,057,805,-	Laporan XX
		b	Biaya konstruksi galian lereng tinggi	Rp 647,234,740,464,-	Laporan XX

Berdasarkan dari data yang dimiliki yaitu data tidak ada probabilitas maka digunakan model *Laplace*

Tabel C.2 - Contoh pengisian formulir pemodelan

Nama/Lokasi/Tahun Proyek: Pengambilan Keputusan antara Terowongan jalan atau Galian Lereng Tinggi lokasi X Provinsi Y		Unit Pelaksana: Satker AA		Ketua Unit Pelaksana: Ir. V.V
Pemodelan				
F-01	Data yang dimiliki (*pilih salah satu)		Data diketahui secara pasti (deterministik) *	
			Data tidak pasti, dengan probabilitas *	
		x	Data tidak pasti, tidak ada probabilitas *	
F-02	Model yang di pilih	<i>Laplace</i>		
F-03	Software yang digunakan	-		
F-04	Kuesioner	-		

4. Identifikasi alternatif

Identifikasi alternatif dilakukan dengan menuliskan pada formulir A4 seperti pada Tabel A.5 Lampiran A

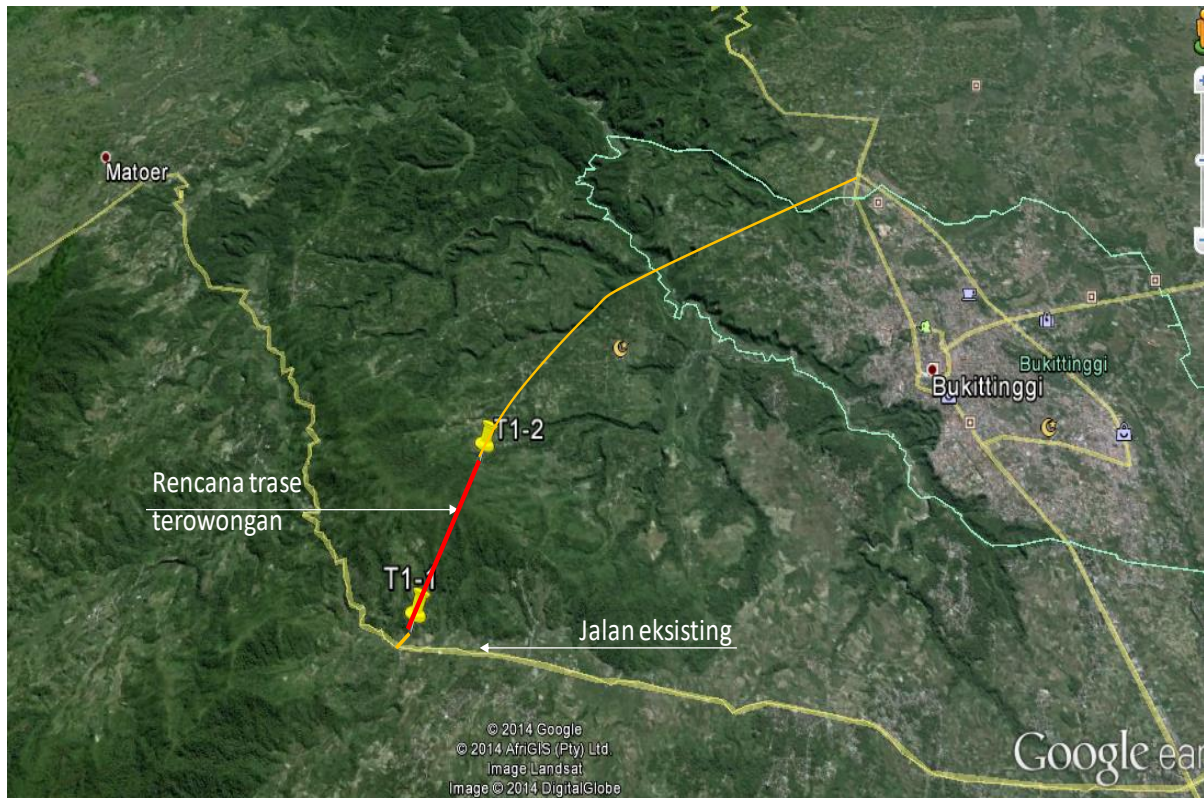
5. Identifikasi kriteria

Identifikasi kriteria sesuai dengan model yang dipilih. Kejadian tak pasti pada model pohon keputusan dalam pemilihan tipe konstruksi jalan di lokasi X adalah kejadian gempa yang akan terjadi di masa yang akan datang. Tuliskan kriteria pada contoh pengisian formulir C3 pernyataan kriteria seperti pada Tabel C.3.

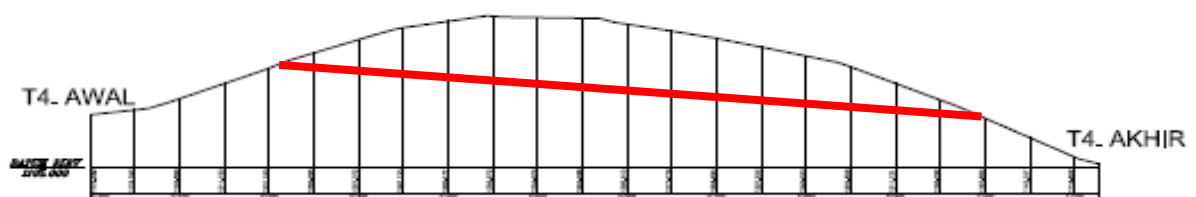
Tabel C.3 - Contoh pengisian formulir pernyataan kriteria

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:		Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Kriteria			
Alternatif Konstruksi	Probabilitas terjadinya		
	Bencana besar (1/3 = 33,3 %)	Bencana sedang (1/3 = 33,3 %)	Bencana Kecil (1/3 = 33,3 %)
Terowongan	Besarnya kerugian akibat bencana besar	Besarnya kerugian akibat bencana sedang	Besarnya kerugian akibat bencana kecil
Galian Lereng Tinggi	Besarnya kerugian akibat bencana besar	Besarnya kerugian akibat bencana sedang	Besarnya kerugian akibat bencana kecil

6. Pemodelan
 - a. Plot rute lokasi rencana terowongan/galian lereng tinggi berdasarkan pengukuran *Global Positioning System* (GPS) pada peta seperti pada Gambar C.1 dan gambarkan penampang konstruksi terowongan jalan dan galian lereng tinggi seperti pada Gambar C.2.



Gambar C.1 - Rute alternatif konstruksi terowongan jalan atau galian lereng tinggi di terrain pegunungan



Gambar C.2 - Penampang memanjang konstruksi

- b. Hitung biaya bencana besar, biaya bencana sedang dan biaya bencana kecil sesuai Tabel 7, Tabel 8 dan 4.2.4.3.2 seperti Tabel B.8, Tabel B.9, Tabel B.10, Tabel B.11, dan Tabel B.12 Lampiran B
- c. Hitung nilai probabilitasnya dengan membagi 3 semua nilai biaya bencana besar, bencana sedang dan bencana kecil sesuai kriteria pada seperti pada Tabel C.4

Tabel C.4 - Hasil model *Laplace* untuk lokasi jalan x

Alternatif Konstruksi	Probabilitas terjadinya		
	Bencana besar	Bencana sedang	Bencana Kecil
	(1/3 = 33,3%)	(1/3 = 33,3%)	(1/3 = 33,3%)
Terowongan	11,191,666,240,107.70	6,709,798,750,614.46	2,235,251,177,828.85
Galian lereng tinggi	16,630,121,150,947.50	9,974,674,708,181.05	3,324,810,665,051.13

- g. Hitung nilai ekspektasi dengan mengambil nilai rerata dari masing-masing bobot dan biaya seperti pada Tabel C.5

Tabel C.5 - Nilai ekspektasi model *Laplace* untuk lokasi jalan x

Alternatif Konstruksi	Ekspektasi
Terowongan	6,702,632,937,416.46
Galian lereng tinggi	9,974,216,250,239.89

7. Pemilihan alternatif

- a. Pilihlah alternatif konstruksi berdasarkan hasil pemodelan. Bandingkan dalam suatu matriks atau diagram batang hasil skor atau bobot yang dihasilkan dari pemodelan masing-masing alternatif pada contoh formulir C4 seperti Tabel C.6. Alternatif yang terpilih adalah yang memiliki nilai ekspektasi terendah.

Tabel C.6 - Contoh pengisian formulir pemilihan alternatif

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:	Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Alternatif		
Nilai ekspektasi untuk terowongan adalah 6,712,238,722,850.33 Nilai ekspektasi untuk galian lereng tinggi adalah 9,976,535,508,059.89		

- b. Lakukan pernyataan solusi dengan contoh pengisian formulir C5 pernyataan solusi seperti ditunjukkan pada Tabel C.7.

Tabel C.7 - Contoh pengisian formulir pernyataan solusi

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:	Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Solusi		
Dari analisis pemodelan dengan menggunakan model <i>Laplace</i> menunjukkan bahwa alternatif terowongan memiliki biaya terendah, sehingga dapat disimpulkan bahwa alternatif terbaik untuk pemilihan keputusan di lokasi X adalah terowongan jalan.		

- c. Susun rencana implementasi pada contoh formulir C6 rencana implementasi seperti pada Tabel C.8.

Tabel C.8 - Contoh formulir rencana implementasi

Nama/Lokasi/Tahun Proyek:	Unit Pelaksana:	Ketua Unit Pelaksana:
Implementasi		
<ol style="list-style-type: none"> 1. Dilakukan penyusunan KAK perencanaan teknis terowongan jalan 2. Dilakukan perencanaan awal dan perencanaan akhir terowongan jalan 		

Bibliografi

- Er, M.C.1988.*Decision Support Systems: A Summary, Problems, and Future Trends*.Elsevier Science Publishers B.V, North-Holland;
- Hasan, Iqbal. 2002.*Pokok-pokok Materi Teori Pengambilan keputusan*. Ghalia Indonesia, ISBN 979-450-411-4;
- Hendarsin, Shirley L. 2008. *Perencanaan Teknik Jalan Raya*. Politeknik Negeri Bandung Jurusan Teknik Sipil. ISBN : 979-95949-0-1;
- Hermawan, Julius. 2005. *Membangun Decision Support System*. Penerbit Andi. ISBN : 979-731-657-2.
- Isago, Nobuharu. 2012. *Introduction of Tunnel Planning*.PWRI;
- Julius Hermawan. 2005. *Membangun Decision Support System*. Penerbit Andi. ISBN : 979-731-657-2.
- Latifah, Siti. 2005. *Prinsip-prinsip AHP*. E-USU Repository Universitas Sumatera Utara;
- Mangkusubroto, Kuntoro, Trisnadi, Listiarini. 1983. *Analisa Keputusan. Pendekatan Sistem dalam Manajemen Usaha dan Proyek*. Penerbit SisteKon, Bandung;
- Marimin. 2004. *Teknik dan Aplikasi Pengambilan Keputusan Kriteria majemuk*. Grasindo, ISBN 979-732-449-4;
- Peraturan Pemerintah RI nomor 34 Tahun 2006 tentang *Jalan*;
- Peraturan Pemerintah RI nomor 43 Tahun 1993 tentang *Prasarana dan Lalu lintas jalan*;
- Peraturan Pemerintah RI nomor 26 tahun 2008 tentang *Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional (RTRWN)*;
- Saaty, Thomas L, 1993. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hierarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks*. PT. Pustaka Binaman Pressindo;
- Saaty, Thomas L., and Luis G. Vargas, 1994. *The Analytical Hierarchy Process. Vol. VII : "Decision Making in Economic, Political, Social, Technological Environments*. 1st Edition, RWS Publications, Pittsburgh, p.9;
- Saaty, Thomas L, 2008. *Decision Making with the Analitic Hierarchy Proces*. Int. J. Services Sciences. Vol 1. No I;
- Tae-Ho dkk. 2008. *Construction On Decision Support System For Route Location Based On GIS*. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B2.
- Transportation Research Board, 1973. *Transportation Technology Support for Developing Countries. Compedium 13 : Slopes : Analysis and Stabilization*. Transportation Research Board Publisher;
- Ullman, David G. 1997. *The Ideal Engineering Decision Support System*. Robust Decisions Inc;
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 10 Tahun 1992 tentang *Perkembangan Kependudukan dan Pembangunan Keluarga Sejahtera*;
- Undang-undang RI No. 22 Tahun 2009 tentang *Lalu lintas dan Angkutan Jalan*;
- Undang-undang RI No. 26 Tahun 2007 tentang *Penataan Ruang*;

Vercellis, Carlo. 2009. *Business Intelligence : Data Mining and Optimization for Decision Making*. John Wiley & Sons.

World Road Association (PIARC). 2011. Road Tunnels Manual. <http://tunnels.piarc.org/en/strategic-issues/costs.htm> diakses 15 Mei 2012.

Daftar nama dan lembaga

1. Pemrakarsa

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

2. Penyusun

Nama	Lembaga
Dinny Kus Andiany, MT	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Susy Kartikasari A, M.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan
Fahmi Aldiamar, MT	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan

3. Subkomite Teknis 91-01-S2 Rekayasa Jalan dan Jembatan

No	Nama	Instansi	Kedudukan	Wakil dari
1.	Ir. Herry Vaza, M.Eng.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Ketua Subkomite Teknis	Pemerintah
2.	Prof. Dr.Ir. M. Sjahdanulirwan, M.Sc	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Wakil Ketua Subkomite Teknis	Pakar
3.	Ir. Nandang Syamsudin, MT	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Sekretaris Subkomite Teknis	Pemerintah
4.	Prof. Dr. Ir. Raden Anwar Yamin, MT, M.E	Pusat Litbang Jalan dan Jembatan	Anggota Subkomite Teknis	Pemerintah
5.	Prof. Ir. Wimpy Santosa, Ph.D	Universitas Parahyangan (UNPAR)	Anggota Subkomite Teknis	Pakar
6.	Abinhot Sihotang, ST., MT	Institut Teknologi Nasional (ITENAS)	Anggota Subkomite Teknis	Pakar
7.	Dr.Ir. Samun Haris, MT	Himpunan Pengembangan Jalan Indonesia (HPJI)	Anggota Subkomite Teknis	Konsumen
8.	Dr. Ir. Imam Aschuri, MT	Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia (HATTI)	Anggota Subkomite Teknis	Konsumen
9.	Ir. Saktyanu P.S.D, M.Eng.Sc	Astatindo	Anggota Subkomite Teknis	Konsumen
10.	Ir. Gompul Dairi, BRE, M.Sc	PT. Pacific Prestress Indonesia (PT. PPI)	Anggota Subkomite Teknis	Produsen
11.	Dr. Ir. Hindra Mulya, MM	PT. MBT	Anggota Subkomite Teknis	Produsen