

**Surat Edaran Menteri Pekerjaan Umum
Dan Perumahan Rakyat**

No. 36/SE/M/2015

tentang

**Pedoman perancangan dan pelaksanaan penanganan
keruntuhan jatuhan batuan dengan metode jaring tirai**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**



MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
REPUBLIK INDONESIA

Kepada Yth.:

Para Pejabat Eselon I di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

**SURAT EDARAN
NOMOR : 36 /SE/M/2015**

TENTANG

**PEDOMAN PERANCANGAN DAN PELAKSANAAN PENANGANAN
KERUNTUHAN JATUHAN BATUAN DENGAN METODE JARING TIRAI**

A. Umum

Dalam rangka memberikan alternatif penanganan keruntuhan jatuhan batuan, perlu menetapkan Pedoman perancangan dan pelaksanaan penanganan keruntuhan jatuhan batuan dengan metode jaring tirai dengan Surat Edaran Menteri.

B. Dasar Pembentukan

1. Peraturan Pemerintah Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2006 Nomor 86, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4655);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintahan Daerah Provinsi, Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 82, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4737);
3. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 8);
4. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2015 tentang Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 16);
5. Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 121/P Tahun 2014 tentang Pembentukan Kementerian dan Pengangkatan Menteri Kabinet Kerja Periode Tahun 2014-2019;
6. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 08/PRT/M/2010 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Pekerjaan Umum;

7. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 07/PRT/M/2012 tentang Penyelenggaraan Penelitian dan Pengembangan di Bidang Jalan;
8. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 13/PRT/M/2011 tentang Tata Cara Pemeliharaan dan Penilikan Jalan.

C. Maksud dan Tujuan

Surat Edaran ini dimaksudkan sebagai acuan bagi Pejabat Eselon I di Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, perancang, perencana dan pelaksana dalam melaksanakan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai. Tujuannya untuk mengurangi bahaya jatuhnya batuan yang masuk ke badan jalan.

D. Ruang Lingkup

Pedoman perancangan dan pelaksanaan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai menetapkan ketentuan dan prosedur perancangan serta pelaksanaan jaring batuan berupa jaring tirai (*drapery system*) yang meliputi jaring kawat (*wire net*) dan jaring seling (*cable net*) termasuk angkur yang dipasang di bagian atas untuk penanganan keruntuhan jatuhnya batuan.

E. Penutup

Ketentuan lebih rinci mengenai pedoman ini tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Surat Edaran ini.

**Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 18 Mei 2015**

**MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



M. BASUKI HADIMULJONO

Tembusan disampaikan kepada Yth.:
Sekretaris Jenderal, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

LAMPIRAN
SURAT EDARAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT
NOMOR : 36/SE/M/2015

PEDOMAN

Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil

**Perancangan dan pelaksanaan
penanganan keruntuhan jatuhnya batuan
dengan metode jaring tirai**



**KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT**

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	iv
Pendahuluan	i
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Ketentuan	3
4.1 Umum.....	3
4.2 Kriteria perancangan	4
4.2.1 Kondisi lereng batuan.....	4
4.2.2 Bahan jaring tirai	4
4.2.3 Panjang kabel seling penahan jaring tirai	6
4.2.4 Pengeliman jaring tirai.....	7
4.2.5 Luas dan lokasi pemasangan jaring tirai.....	8
4.2.6 Jarak dan Jumlah angkur	8
4.2.7 Pertimbangan estetika.....	12
4.2.8 Pemeliharaan	13
4.3 Kriteria pelaksanaan.....	13
4.3.1 Umum	13
4.3.2 Peralatan.....	13
5 Prosedur perancangan	14
5.1 Karakterisasi kondisi lereng dan evaluasi kondisi lahan.....	16
5.2 Pemilihan jaring tirai	16
5.3 Penentuan panjang maksimum kabel seling penahan jaring tirai.....	16
5.4 Penentuan tipe pengeliman jaring tirai.....	16
5.5 Penentuan luas dan lokasi pemasangan jaring tirai	16
5.6 Penentuan jumlah dan jarak angkur.....	16
5.7 Pertimbangkan estetika	17
6 Prosedur pelaksanaan	17
6.1 Persiapan alat dan bahan.....	18
6.2 Persiapan kondisi lereng	19
6.3 Pemasangan angkur	19
6.4 Pemasangan jaring tirai	19
6.5 Pengendalian mutu.....	20
6.6 Pemeliharaan	21
Lampiran A (normatif) Grafik jarak angkur terhadap beban angkur.....	22
Lampiran B (normatif) Gambar tipikal penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai	30
Lampiran C (normatif) Formulir survei lereng.....	33
Lampiran D (normatif) Petunjuk pengisian formulir survei lereng	36
Lampiran E (informatif) Contoh perhitungan	37
Lampiran F (informatif) Contoh alat keselamatan	41
Bibliografi.....	44

Gambar 1 - Jaring kawat heksagonal (Sumber : SNI 03-0090-1999).....	5
Gambar 2 - Pengeliman jaring kawat (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)	7
Gambar 3 - Luas pemasangan jaring tirai (Sumber : FHWA WA-RD 612.2, 2005).....	8
Gambar 4 - Pemasangan jaring dan beban yang bekerja pada sistem (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)	10
Gambar 5 - Bagan alir tahapan perancangan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai	15
Gambar 6 - Bagan alir tahapan pelaksanaan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai	18
Gambar A.1 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng planar sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	22
Gambar A.2 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng planar dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	23
Gambar A.3 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng bergelombang dengan sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	23
Gambar A.4 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng bergelombang dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	24
Gambar A.5 - Grafik jarak angkur vs beban angkur jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng kasar dengan sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	24
Gambar A.6 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng kasar dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	25
Gambar A.7 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng planar dengan sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	25
Gambar A.8 - Grafik jarak angkur vs beban untuk jaring seling pada lereng planar dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	26
Gambar A.9 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng bergelombang sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	26
Gambar A.10 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng bergelombang dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	27
Gambar A.11 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng kasar dengan sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	27
Gambar A.12 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng kasar dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	28

Gambar A.13 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng curam (tidak ada gesekan permukaan) dengan tinggi lereng 15 m – 300 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	28
Gambar A.14 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng curam (tidak ada gesekan permukaan) dengan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005).....	29
Gambar E.1- Sketsa keseimbangan contoh perhitungan	37
Gambar E.2- Grafik A-10	38
Gambar E.3- Plot grafik jarak angkur vs tinggi lereng	39
Tabel 1 - Rekomendasi penggunaan bahan jaring tirai.....	4
Tabel 2 - Persyaratan bahan	5
Tabel 3 - Panjang maksimum kabel seling penahan jaring tirai jaring kawat heksagonal....	6
Tabel 4 - Panjang maksimum kabel seling penahan jaring untuk jaring seling yang dikombinasikan dengan jaring kawat heksagonal	6
Tabel 5 - Tipe Pengeliman jaring kawat.....	7
Tabel 6 - Jarak angkur maksimum sebagai fungsi dari ketinggian lereng batuan	9
Tabel 7 - Sudut tahanan antarmuka dan kekasaran permukaan.....	12

Prakata

Pedoman perancangan dan pelaksanaan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai disusun berdasarkan hasil penelitian Pusat Litbang Jalan dan Jembatan pada tahun 2006 sampai 2011 dan mengacu pada FHWA WA-RD 612.1. *Analysis and Design Guidelines for Wire Mesh/Cable Net Slope Protection* (2005) dan FHWA WA-RD 612.2 *Design Guidelines for Wire Mesh/Cable Net Slope Protection* (2005). Pedoman ini merupakan pegangan dan petunjuk bagi pemilik proyek dan praktisi dalam perancangan dan pelaksanaan penanganan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai.

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

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional (PSN) 08:2007 dan dibahas dalam forum rapat konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 2 September 2014 di Bandung oleh Subpanitia Teknis, yang melibatkan para narasumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Penanganan runtuh jatuhnya batuan dapat dilakukan dengan memasang jaring tirai pada permukaan lereng batuan untuk mengurangi bahaya jatuhnya batuan memasuki badan jalan. Penanganan tersebut dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode aktif dan pasif. Pada metode aktif, jaring menahan dan memperkuat area yang tidak stabil dengan memasang ankur pada dinding lereng dan tidak mengijinkan batuan jatuh. Sedangkan pada metode pasif, batuan diijinkan jatuh, jaring dipasang sebagai tirai yang menutupi lereng untuk melokalisasi batuan tidak memasuki badan jalan dan ankur pasang dibagian atas jaring sebagai penopang jaring tirai.

Dimensi dan skema pemasangan jaring tirai ditentukan berdasarkan perhitungan empiris dan perhitungan analitis yang didasarkan pada kondisi lapangan, beban rencana yang terdiri dari beban debris (material jatuhnya batuan) dan berat jaring tirai.

Teknologi jaring tirai ini telah di uji coba di ruas jalan di Ruas ruas jalan Ende – Maumere KM 76 dan KM 13, Nusa Tenggara Timur.

Perancangan dan pelaksanaan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai

1 Ruang lingkup

Pedoman ini menetapkan ketentuan dan prosedur perancangan serta pelaksanaan jaring batuan berupa jaring tirai (*drapery system*) yang meliputi jaring kawat (*wire net*) dan jaring seling (*cable net*) termasuk angkur yang dipasang di bagian atas untuk penanganan keruntuhan jatuhnya batuan. Perancangan jaring tirai pada pedoman ini hanya berlaku pada kondisi dengan ukuran blok batuan yang akan disangga memiliki diameter maksimum 1,5 m dan volume material jatuhnya batuan yang terjadi secara berulang-ulang maksimum 5 m³. Jika ukuran dan volume material jatuhnya batuan melebihi batasan tersebut, maka jaring kawat akan berpotensi tidak stabil dan diperlukan metode penanganan lainnya. Perancangan, pelaksanaan, dan pemeliharaan jaring batuan dengan jaring angkur (*anchored mesh/net*) dan jaring bahan geogrid tidak dijelaskan dalam pedoman ini.

2 Acuan normatif

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

SNI 03-0090-1999, *Bronjong kawat*.

SNI 15-2049-2004, *Semen portland*.

SNI 7974:2013, *Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulis*.

ANSI Z89.1-2003, *Industrial head protection*.

ANSI A10.14-1975, *Requirements for safety belts, harnesses, lanyards, lifelines and drop lines for construction and industrial use*.

ASTM A36-1999, *Standard specification for carbon structural steel*.

ASTM A975- 2003, *Standard specification for double-Twisted hexagonal mesh gabions and revet mattresses (metallic-coated steel wire or metallic-coated steel wire with poly(vinyl chloride) (pvc) coating*.

ASTM A153-09, *Standard specification for zinc coating (hot-dip) on iron and steel hardware*.

ASTM A325.2010, *Standard specification for structural bolts, steel, heat treated, 120/105 ksi minimum tensile strength*.

3 Istilah dan definisi

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

3.1

angkur (*anchor*) batuan

besi atau baja yang dipasang pada batuan dengan kedalaman tertentu untuk menyangga beban jaring

3.2

baja kuat tarik tinggi (*high tensile steel fasteners*)

baja kuat tarik tinggi yang digunakan sebagai pengikat dalam pengeliman jaring kawat

3.3

beban material runtuh batuan (*debris load*)

gaya atau beban yang terjadi akibat akumulasi dari runtuh jatuhnya batuan

3.4

beban tumbukan (*impact loads*)

gaya yang terjadi akibat material jatuhnya batuan jatuh bebas dan menumbuk sistem jaring

3.5

cincin baja (*steel ring*)

cincin baja yang mengikat jaring kawat atau jaring seling dengan kabel seling penahan jaring tirai

3.6

debris

material jatuhnya batuan

3.7

jaring angkur

susunan jaring kawat atau jaring seling yang dipasang dengan angkur utama dan angkur minor pada lereng untuk penanganan jatuhnya batuan

3.8

jaring kawat (*wire mesh/wire net*)

susunan kawat heksagonal dan mata rantai yang berupa anyaman yang dipasang dengan angkur utama pada lereng untuk penanganan jatuhnya batuan

3.9

jaring kawat heksagonal (*hexagonal mesh*)

jaring kawat berbentuk heksagonal, lilitan berulang disebut *double twisted hexagonal*

3.10

jaring seling (*cable net*)

susunan seling yang dipasang bersama jaring kawat dengan angkur utama pada lereng untuk penanganan jatuhnya batuan

3.11

jaring tirai (*drapery sistem*)

susunan jaring kawat atau jaring seling yang dipasang dengan angkur utama pada lereng untuk penanganan jatuhnya batuan

3.12

jatuhnya batuan (*rockfall*)

pergerakan batuan yang menuruni lereng mencapai permukaan tanah akibat pelapukan, erosi atau struktur batumannya sendiri

3.13

kawat pengikat (*lacing wire*)

kawat galvanis pengikat antaranyaman jaring kawat

3.14

kabel seling penahan jaring tirai (*support rope*)

kabel seling baja yang berfungsi menahan jaring kawat atau jaring seling

3.15

kekasaran makro

ketidakteraturan permukaan lereng batuan yang berukuran besar

3.16

kekasaran mikro

tekstur permukaan lereng batuan

3.17

klip kawat pengikat (*wire rope clips*)

alat untuk menjepit kawat pengikat

3.18

lereng bergelombang

lereng dengan kondisi permukaan bergelombang memiliki beberapa tonjolan kecil dengan sudut geser antarmuka sebesar 36° sampai dengan 60°

3.19

lereng kasar

lereng dengan kondisi permukaan sangat tidak teratur dan bergelombang dan/atau mempunyai banyak tonjolan dengan sudut geser antarmuka di atas 60°

3.20

lereng planar

lereng dengan kondisi permukaan rata dan relatif halus serta sedikit bergelombang dengan sudut geser antarmuka sebesar 25° sampai dengan 36°

3.21

tali panjat statis (*static climbing rope*)

jenis tali statis yang digunakan untuk pemanjatan lereng

4 Ketentuan

4.1 Umum

- a. Perancangan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai harus berdasarkan hasil evaluasi terhadap kondisi lapangan dan kondisi pembebanan.
- b. Kegiatan inspeksi dan pemeliharaan harus dilakukan di lokasi penanganan ketika material runtuhnya batuan menumpuk dan membebani jaring tirai.

4.2 Kriteria perancangan

4.2.1 Kondisi lereng batuan

- a. Penetapan ukuran blok batuan dan potensi volume debris untuk setiap kejadian jatuhnya batuan harus dilakukan berdasarkan pengamatan langsung dan informasi peristiwa yang terjadi sebelumnya.
- b. Karakterisasi kondisi lereng batuan dilakukan untuk mengetahui jenis, luas, volume, frekuensi, dan lokasi debris yang mungkin menumpuk pada saat jaring terpasang, dimensi lereng, keseragaman permukaan, kekasaran, bidang kontak jaring dan permukaan lereng batuan.
- c. Persiapan kondisi lahan sebelum pemasangan jaring dilakukan dengan evaluasi kondisi lahan untuk mengetahui pembersihan lahan yang diperlukan agar jatuhnya batuan yang terjadi dapat dibersihkan tanpa mengganggu kestabilan lereng.
- d. Aspek yang penting dari pembersihan lahan batuan ini adalah pemilihan metode yang tidak mengganggu kestabilan lereng, karena setelah pembersihan tersebut dapat mengakibatkan lereng menjadi tidak stabil sehingga area tersebut menjadi tidak aman bagi lalu lintas kendaraan.
- e. Pengaturan lalu lintas dilakukan sampai penanganan jatuhnya batuan dengan jaring tirai selesai dilakukan.

4.2.2 Bahan jaring tirai

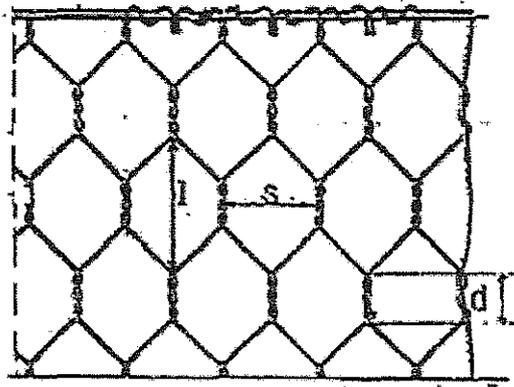
- a. Pemilihan bahan jaring tirai baik jaring kawat maupun jaring seling berdasarkan perkiraan ukuran blok batuan atau volume maksimum debris jatuhnya batuan yang akan ditahan oleh jaring tirai pada Tabel 1.
- b. Dari identifikasi ini dihasilkan tipe jaring tirai yang akan digunakan jika ukuran blok batuan $\leq 1,5$ m. Apabila ukuran blok batuan $>$ dari 1,5 m, maka dilakukan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode lain.

Tabel 1 - Rekomendasi penggunaan bahan jaring tirai

Bahan jaring tirai	Ukuran diameter blok batuan
Jaring kawat	$\leq 0,6$ m
Jaring seling	0,6 m - 1,5 m

- c. Bahan-bahan yang digunakan untuk sistem jaring tirai adalah sebagai berikut :
 - 1) Jaring kawat

Jaring kawat bentuk anyaman heksagonal dengan lilitan ganda dan harus simetri sesuai SNI 03-0090-1999. Permukaan jaring kawat harus halus dan rata serta bebas dari cacat-cacat yang berupa serpihan, retak, baik pengelupasan maupun cacat yang dapat merugikan dalam pemakaian. Jaring kawat heksagonal yang digunakan harus memiliki ukuran anyaman minimum 80 mm x 100 mm (s x l) dan diameter kawat minimum 3 mm atau menggunakan kawat yang dilapisi PVC dengan diameter minimum 2,7 mm dan ukuran panjang lilitan (d) = 83 mm, seperti ilustrasi dan notasi yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Keterangan :

- s : lebar anyaman
- d : panjang lilitan
- l : panjang anyaman

Gambar 1 - Jaring kawat heksagonal (Sumber : SNI 03-0090-1999)

Bahan jaring kawat heksagonal harus memenuhi persyaratan kekuatan, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 - Persyaratan bahan

No	Uraian	Nilai	Acuan
1	Kuat tarik	Minimum 42,3 kN/m	ASTM A975-11 13.1.1
2	Kuat tusuk	Minimum 23,2 kN/m	ASTM A975 13.1.4
3	Beban tumbukan bagian atas instalasi	Maksimum 10 kN-m	FHWA WA-RD 612.1
4	Tumbukan dalam jarak 7 meter dari perimeter jaring	Maksimum 30 kN-m	FHWA WA-RD 612.1

2) Jaring seling

Jaring seling dengan tali seling berdiameter 8 mm yang dianyam dengan bentuk persegi, ukuran lubang bukaan 150 mm, 200 mm, atau 300 mm. Jaring seling harus dilapisi galvanis sesuai dengan persyaratan ASTM A 153-09. Tahanan tusuk jaring seling dengan tali seling berdiameter 8 mm dan jaring seling dengan kisi-kisi (*grid*) 200 mm adalah 54 kN-m sampai dengan 68 kN-m.

3) Angkur

Angkur yang umumnya digunakan pada pemasangan jaring tirai adalah angkur yang sesuai dengan ASTM A325 yaitu angkur yang memiliki kuat leleh minimum 90 kN untuk tarik dan geser yang harus dilapisi galvanis sesuai dengan persyaratan ASTM A36.

4) Kabel seling penahan jaring tirai

Kabel seling penahan jaring tirai yang digunakan pada pemasangan jaring tirai adalah baja berdiameter 13 mm atau 19 mm dengan kekuatan putus minimum berturut-turut sekitar 110 kN dan 220 kN. Kabel seling penahan jaring tirai harus dilapisi galvanis sesuai dengan persyaratan ASTM A 153-09.

- 5) Cincin baja
Cincin baja merupakan bagian dari kabel seling penahan jaring tirai horizontal. Ukuran dan beban ultimit cincin baja harus sesuai dengan kuat luluh ultimit kabel seling penahan jaring tirai.
- 6) Kawat pengikat
Kawat pengikat yang memiliki bahan pelapis yang sama dengan *wire mesh* dengan ukuran minimum 2,2 mm.
- 7) Klip kawat pengikat
Ukuran, jumlah, jarak dan torsi dari klip kawat pengikat harus sesuai dengan rekomendasi dari pabrik.
- 8) Bahan injeksi semen
 - a) Semen
Bahan pengisi injeksi adalah semen Portland tipe II atau III sesuai persyaratan SNI 15-2049-2004.
 - b) Air
Air untuk mencampur bahan injeksi sesuai spesifikasi SNI 7974:2013.
- 9) Bahan jaring kawat, jaring seling, angkur, kabel seling penahan jaring tirai, klip pengikat, kawat pengikat dan bahan lainnya harus disimpan di bawah atap yang kedap air, diletakkan terpisah dari permukaan tanah dan harus dilindungi dari setiap kemungkinan kerusakan dan karat.

4.2.3 Panjang kabel seling penahan jaring tirai

- a. Panjang maksimum kabel seling penahan jaring tirai untuk jaring kawat heksagonal pada Tabel 3.
- b. Panjang maksimum kabel seling penahan jaring tirai untuk jaring seling yang dikombinasikan dengan jaring kawat heksagonal disajikan pada Tabel 4.
- c. Panjang maksimum kabel seling penahan yang disajikan pada kedua tabel tersebut ditentukan berdasarkan nilai faktor keamanan sebesar 2.

Tabel 3 - Panjang maksimum kabel seling penahan jaring tirai jaring kawat heksagonal

Ketinggian lereng batuan (m)	Panjang maksimum (m)	
	Diameter maksimum kabel seling penahan jaring 13 mm	Diameter maksimum kabel seling penahan jaring 19 mm
15	70	120
30	35	60
60	18	30
90	12	22

Tabel 4 - Panjang maksimum kabel seling penahan jaring untuk jaring seling yang dikombinasikan dengan jaring kawat heksagonal

Ketinggian lereng batuan (m)	Panjang maksimum (m)	
	Diameter maksimum kabel seling penahan jaring 13 mm	Diameter maksimum kabel seling penahan jaring 19 mm
15	25	45
30	12	22

Tabel 5 - Panjang maksimum kabel seling penahan jaring untuk jaring seling yang dikombinasikan dengan jaring kawat heksagonal (lanjutan)

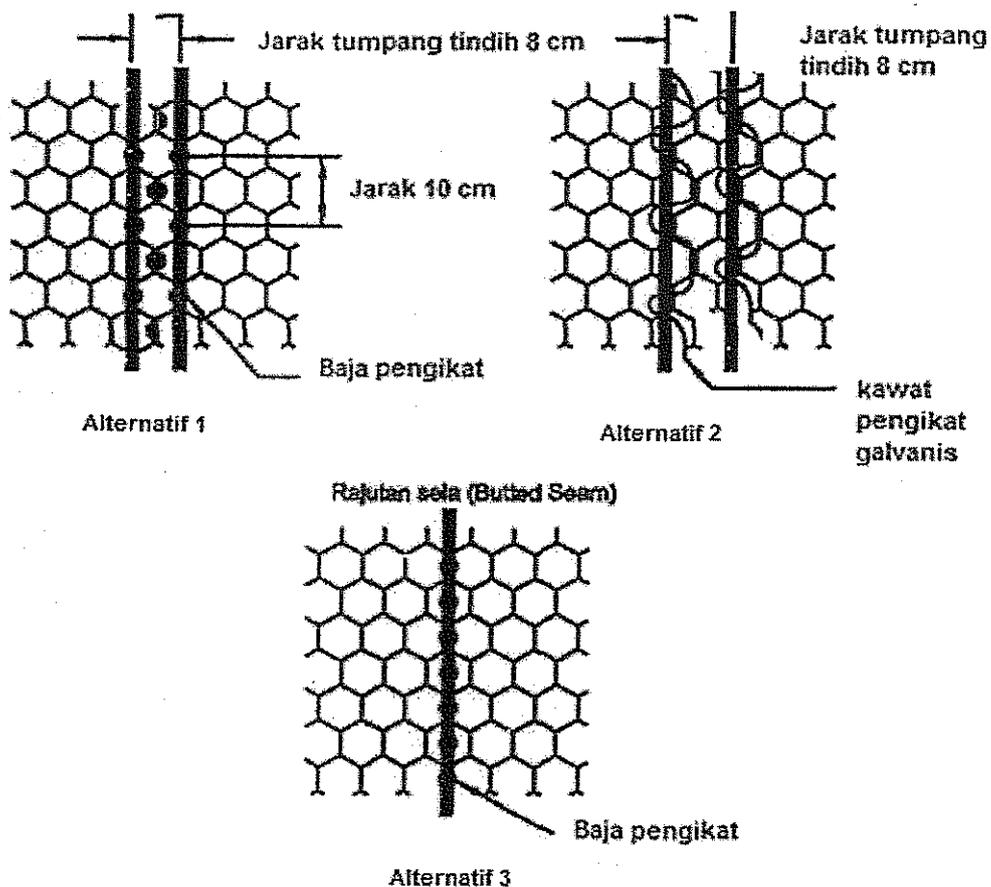
Ketinggian lereng batuan (m)	Panjang maksimum (m)	
	Diameter maksimum kabel seling penahan jaring 13 mm	Diameter maksimum kabel seling penahan jaring 19 mm
60	5	12
90	4	7

4.2.4 Pengeliman jaring tirai

- a. Tipe pengeliman jaring tirai tipe jaring kawat dapat dipilih pada Tabel 5 dan Gambar 2.

Tabel 6 - Tipe Pengeliman jaring kawat

Alternatif	Cara pengeliman
1	jaring kawat heksagonal dikelim dengan baja pengikat kuat tarik tinggi dan tumpang tindih sekitar 8 cm dengan jarak antar ikatan sekitar 10 cm
2	tumpang tindih jaring kawat sekitar 8 cm dan dianyam dengan kawat pengikat pada setiap sel atau kolom
3	jaring kawat dirajut dengan baja pengikat kuat tinggi

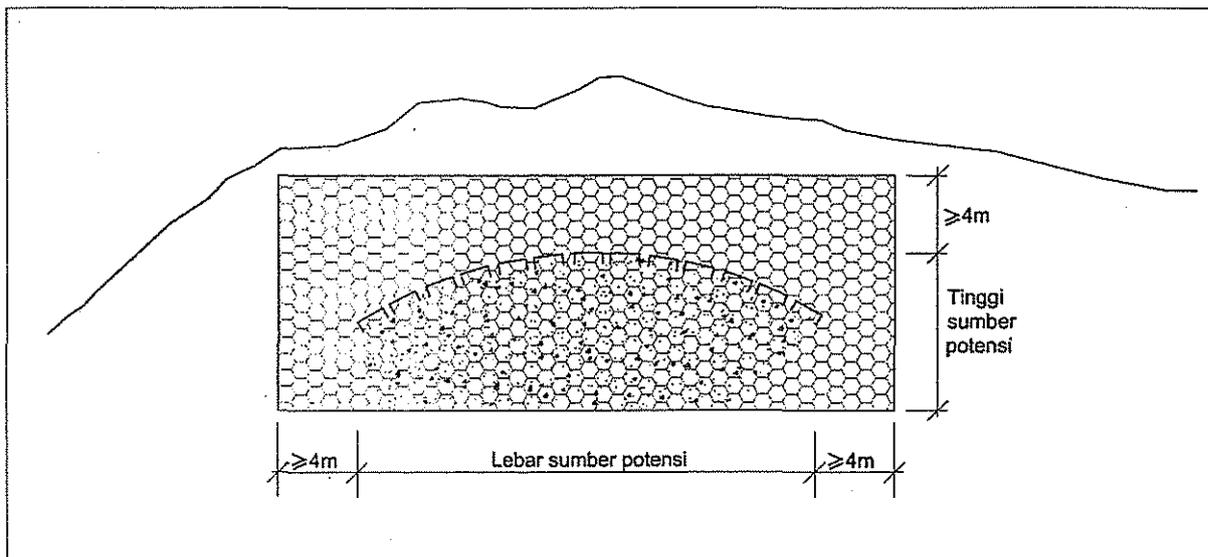


Gambar 2 - Pengeliman jaring kawat (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)

- b. Sambungan atau keliman horizontal pada jaring tirai tidak diizinkan.
- c. Pengeliman antara jaring seling dengan jaring kawat dapat digunakan cincin baja.

4.2.5 Luas dan lokasi pemasangan jaring tirai

- a. Luas pemasangan jaring tirai ditentukan berdasarkan hasil kajian kondisi geologi dan geoteknik dari potensi luas sumber jatuhnya batuan.
- b. Penentuan jumlah bahan yang lebih akurat dapat dilakukan dengan pengukuran lereng batuan.
- c. Jaring tirai harus ditambah minimum 4 m dari potensi luas sumber jatuhnya batuan, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3.



Gambar 3 - Luas pemasangan jaring tirai (Sumber : FHWA WA-RD 612.2, 2005)

- d. Permukaan lereng yang tidak seragam dapat meningkatkan luas pemasangan jaring tirai sehingga bahan jaring tirai harus ditambah 10% sampai dengan 15%.
- e. Penambahan pemasangan jaring tirai pada bagian atas lereng batuan harus dilakukan jika erosi pada bagian atas lereng batuan diperkirakan masih aktif untuk menjamin penutupan lereng batuan selama umur rencana jaring tirai. Bagian bawah jaring harus ditambah 1 m sampai dengan 1,5 m dari kaki lereng batuan.
- f. Jika bagian bawah jaring dipasang lebih dari 1,5 m dari kaki lereng, daerah tangkapan jatuhnya batuan berada dalam kondisi lebih kritis dalam menahan debris yang melewati jaring tirai.
- g. Jika daerah tangkapan tidak terlalu luas, bagian bawah jaring harus dipasang lebih rendah hingga kurang dari 1 m dari kaki lereng.

4.2.6 Jarak dan Jumlah angkur

- a. Lingkup perancangan dibatasi hanya mempertimbangkan beban berat jaring debris sedangkan akumulasi debris dan efek tumbukan diabaikan.
- b. Angkur harus dipasang untuk memberikan tahanan utama pada jaring tirai

- c. Kontribusi tahanan dari angkur dapat dihitung dan tidak berubah selama umur rencana jaring tirai sehingga pada perancangan jaring tirai untuk menahan jatuhnya batuan dan beban tumbukan direkomendasikan hanya memperhitungkan angkur saja
- d. Kontribusi tahanan dikontrol oleh kekasaran mikro dan makro permukaan lereng.
- e. Tahanan antarmuka minimum terjadi pada lereng planar dengan permukaan halus atau lereng yang terjal, gaya yang bekerja pada sistem akan diterima sepenuhnya oleh angkur.
- f. Tahanan antarmuka yang sangat besar akan terjadi pada lereng yang sangat tidak beraturan dan permukaan yang kasar atau memiliki tonjolan yang kasar, gaya yang bekerja pada angkur akan sangat kecil atau mungkin tidak ada sama sekali.
- g. Friksi antarmuka merupakan parameter yang sulit untuk diukur sehingga diperkirakan menggunakan pendekatan pada Tabel 7.
- h. Penentuan jarak dan jumlah angkur dapat dilakukan dengan dua metode berikut, yaitu:
 - 1) Metode empiris
 - a) Metode empiris digunakan untuk kapasitas angkur minimum 90 kN.
 - b) Jarak dan jumlah angkur ditentukan dengan menggunakan grafik pada lampiran A berdasarkan tinggi lereng dan jarak angkur. Dari grafik tersebut, diketahui beban angkur yang dapat digunakan kemudian dihitung jumlah angkur.
 - c) Jarak angkur pada jaring tirai ditentukan dengan mempertimbangkan jarak angkur maksimum dengan faktor keamanan adalah 5. Faktor keamanan tersebut dihasilkan untuk berat sendiri angkur tanpa kontribusi perlawanan dari gesekan antarmuka.
 - d) Jarak angkur tersebut dapat digunakan untuk jaring kawat, jaring seling, dan angkur.
 - e) Perhitungan jumlah angkur pada Persamaan (1).

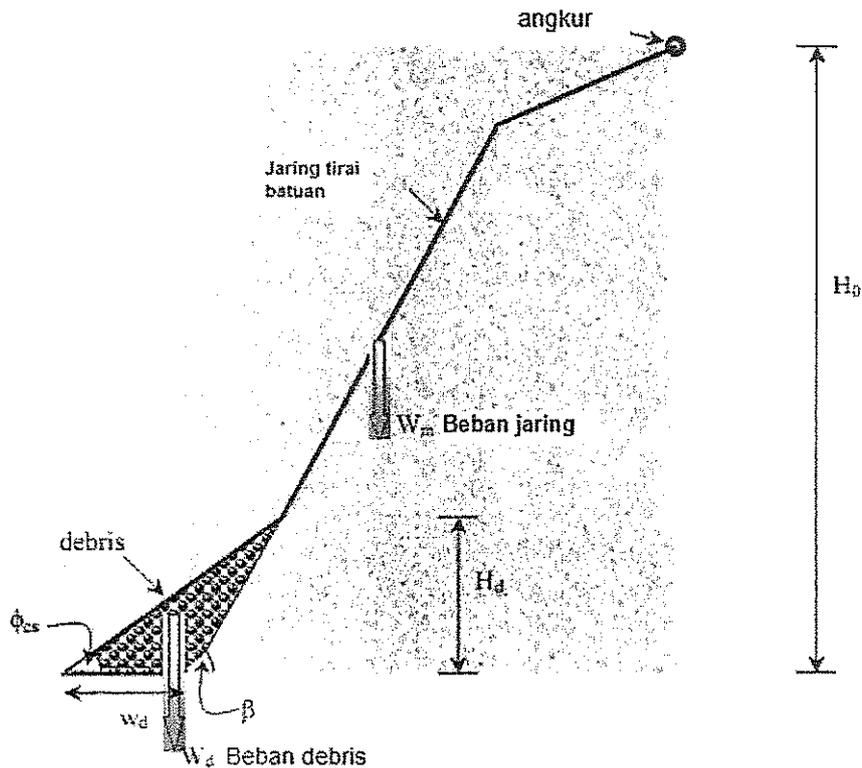
$$\text{Jumlah angkur} = \frac{\text{lebar penanganan}}{\text{jarak angkur}} + 1 \quad (1)$$

Tabel 7 - Jarak angkur maksimum sebagai fungsi dari ketinggian lereng batuan

Tinggi lereng batuan	Jarak angkur ^{1),2)}
30 m	15 m
30 --- 60 m	10 m
60 -- 90 m	5 m

¹⁾ Jarak antar angkur maksimum untuk jaring kawat heksagonal dan jaring seling dengan ukuran lubang bukaan (*grid*) persegi sebesar 300 mm yang dikombinasikan dengan jaring kawat heksagonal.
²⁾ Jarak angkur ini berdasarkan pada kapasitas angkur minimum sebesar 90kN.

- 2) Metode analitis
 - a) Jarak dan jumlah angkur dengan metode analitis digunakan jika penentuan tidak dapat dilakukan dengan penentuan metode empiris, yaitu jika kapasitas angkur maksimum adalah 90 kN.
 - b) Metode analitis dilakukan dengan perhitungan kestabilan sistem jaring tirai berdasarkan analisis keseimbangan batas dengan skema diilustrasikan pada Gambar 4.



- Keterangan :**
- H_0 adalah tinggi lereng
 - W_m adalah berat jaring
 - W_d adalah berat debris
 - w_d adalah lebar akumulasi debris
 - H_d adalah tinggi debris
 - β adalah sudut lereng
 - ϕ_{cs} adalah perkiraan sudut lereng dari akumulasi debris

Gambar 4 - Pemasangan jaring dan beban yang bekerja pada sistem (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)

- c) Penentuan jumlah angkur dilakukan dengan cara coba-coba terlebih dahulu.
- d) Perhitungan tahanan geser dan gaya yang bekerja
 Tahanan geser sistem terdiri dari angkur, komponen normal dari berat debris batuan dan sistem jaring, dan friksi antarmuka antara jaring dan batuan. Gaya yang bekerja pada sistem terdiri dari berat jaring dan debris batuan. Faktor keamanan jaring dinyatakan dengan Persamaan (2). Faktor keamanan harus lebih dari 5 sesuai dengan ketentuan FHWA.

$$FK = \frac{f_a + f_w + f_d}{f_{dm} + f_{wm}} \quad (2)$$

Keterangan :

- FK adalah faktor keamanan;
- f_a adalah kontribusi tahanan angkur;
- f_w adalah kontribusi tahanan antarmuka jaring dan lereng batuan;
- f_d adalah kontribusi tahanan debris;
- f_{dm} adalah gaya yang bekerja pada sistem karena akumulasi beban debris;
- f_{wm} adalah gaya yang bekerja pada sistem karena beban jaring.

- e) Perhitungan kapasitas ankur tergantung pada kuat tarik dan/atau kuat geser elemen ankur, kualitas material pengisi (*grout*), friksi antarmuka antara batuan dan *grout*, dan kekuatan/tahanan pasif batuan. Kontribusi tahanan, f_a , dari ankur dapat dinyatakan dengan Persamaan (3).

$$f_a = PJ \quad (3)$$

Keterangan :

P adalah kapasitas ankur;

J adalah jumlah ankur.

Dalam hal ini, kuat tarik ankur, kuat geser tendon, dan kuat tarik ultimit ankur yang paling kecil akan diambil sebagai kapasitas ankur.

- f) Perhitungan antarmuka jaring dan lereng batuan
- g) Kontribusi berat jaring pada tahanan geser sistem tergantung pada tahanan antara jaring dan permukaan tanah/batuan. Kontribusi tahanan antarmuka jaring dan lereng batuan, f_w , dapat dihitung dengan Persamaan (4).

$$f_w = \gamma_w S_w \cos \beta \tan \delta \quad (4)$$

Keterangan :

S_w adalah area kontak jaring dengan permukaan tanah/batuan;

δ adalah sudut internal friksi antarmuka debris dan lereng batuan;

γ_w adalah berat isi jaring per unit area.

- h) Berat jaring ditetapkan menjadi dua komponen yaitu komponen gaya normal dan komponen gaya geser. Komponen gaya normal dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (4). Komponen gaya geser, f_{wm} dapat dihitung menggunakan Persamaan (5).

$$f_{wm} = \gamma_w S_w \sin \beta \quad (5)$$

Keterangan :

γ_w adalah berat isi jaring per unit area;

S_w : adalah area kontak;

β adalah sudut lereng.

- i) Perhitungan gaya karena akumulasi debris pada sistem jaring dengan mengasumsikan hanya pada kontribusi beratnya (Lihat Gambar 6-1) dan tidak memperhitungkan momen gaya yang bekerja. Kontribusi tahanan debris, f_d , dapat dinyatakan dengan Persamaan (6).

$$f_d = 0.5H_d^2 \gamma_d w_d \cos \beta (\cot \phi_{cs} - \cot \beta) \tan \delta \quad (6)$$

Keterangan :

H_d adalah tinggi akumulasi debris;

γ_d adalah berat debris batuan;

ϕ_{cs} adalah perkiraan sudut lereng dari akumulasi debris;

w_d adalah lebar akumulasi debris.

Gaya yang bekerja pada sistem jaring tirai karena akumulasi debris dapat diperoleh dengan Persamaan (7).

$$f_{dm} = 0.5H_d^2 \gamma_d w_d \sin \beta (\cot \phi_{cs} - \cot \beta) \quad (7)$$

Nilai perkiraan sudut lereng dari akumulasi debris, ϕ_{cs} menggunakan Persamaan (8).

$$\phi_{cs} = \arctan\left(\frac{H_d}{w_d + \frac{H_d}{\tan\beta}}\right) \quad (8)$$

Keterangan :

H_d adalah tinggi akumulasi debris;

w_d adalah lebar debris;

β adalah sudut lereng.

Jumlah angkur yang diperlukan untuk menjaga keseimbangan statis dari sistem jaring tirai dapat dihitung dengan memasukkan komponen (Persamaan (3) sampai dengan Persamaan (7) ke dalam Persamaan (2), untuk menghitung FK secara menyeluruh.

Perhitungan jarak angkur pada Persamaan (9)

$$\text{Jarak angkur} = \frac{\text{lebar penanganan}}{\text{jumlah angkur}-1} \quad (9)$$

Tabel 8 - Sudut tahanan antarmuka dan kekasaran permukaan

No	Kondisi permukaan lereng	Deskripsi	Sudut internal friksi antarmuka debris dan lereng batuan, δ
1	Kasar	permukaan lereng sangat tidak beraturan dan bergelombang, dan memiliki banyak dan atau tonjolan di permukaan. Dalam kasus ini kekasaran mikro dan makro berkontribusi besar terhadap peningkatan tahanan antarmuka pada lereng. Jika kontak antara jaring dengan lereng sedang hingga tinggi, maka kemungkinan ketidakstabilan global secara umum pada sistem lereng akan sangat rendah, di bawah kondisi normal.	$10 \geq 60^\circ$
2	Bergelombang	lereng bergelombang tetapi terdapat sedikit dan/atau tonjolan kecil yang kasar pada permukaan lereng. Dalam kasus ini, kekasaran mikro atau makro berkontribusi pada peningkatan tahanan antarmuka pada lereng.	$11 \quad 36^\circ - 60^\circ$
3	Planar	lereng rata, permukaan cukup halus dan mempunyai sedikit tonjolan kecil. Dalam kasus ini, hanya kekasaran mikro yang berkontribusi pada tahanan antarmuka pada lereng.	$25^\circ - 36^\circ$

4.2.7 Pertimbangan estetika

- Pertimbangan estetika dilakukan jika penanganan jatuhnya batuan terjadi di kawasan yang mempunyai pemandangan yang sangat indah atau mempunyai potensi wisata.
- Bahan jaring kawat dan jaring seling dilapisi galvanis atau bahan anti karat.
- Area penanganan dapat dibatasi tanpa harus menutup seluruh area jatuhnya batuan, dengan cara pengangkatan jaring tirai dari permukaan lereng bagian atas untuk menampung jatuhnya batuan dari lereng bagian atas. Pendekatan ini biasanya digunakan di sepanjang bagian permukaan lereng batuan yang mempunyai perubahan kecembungan yang terjal. Jika pendekatan perancangan ini diterapkan, energi tumbukan yang akan terjadi pada bagian jaring tirai yang terangkat harus diperhitungkan.

- d. Pengangkatan jaring di bagian bawah tidak direkomendasikan karena material runtuh batuan lolos dari bawah jaring dapat tidak tertampung di dalam daerah tangkapan jatuhnya batuan yang tersedia.
- e. Bidang kontak jaring tirai, terutama pada lereng batuan dengan kemiringan yang sedang, biasanya mengurangi erosi lereng batuan, yang pada gilirannya dapat mendorong vegetasi tumbuh kembali.
- f. Tumbuhnya vegetasi pada jaring tirai dapat menyamakan jaring sehingga tampak menyatu dengan lereng batuan, serta meningkatkan kestabilan permukaan material lereng batuan.
- g. Pekerjaan untuk estetika lokasi penanganan jatuhnya lereng batuan dilakukan dengan pelapisan *polyvinyl chloride* (PVC), dan pelapisan berbutir (*powder coating*). Pelapisan dengan PVC dilakukan sebelum jaring dipabrikasi tetapi rentan terhadap paparan radiasi ultraviolet yang dapat mempercepat penipisan lapisan PVC dan mengurangi umur jaring. Pelapisan berbutir dapat memberikan umur pelapisan yang lebih panjang dibandingkan pelapisan dibandingkan pengecatan dan pelapisan dengan PVC. Pelapisan berbutir dilakukan setelah pabrikan dan digunakan untuk bahan jaring seling.

4.2.8 Pemeliharaan

- a. Penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai ini memerlukan tindakan pemeliharaan minimum selama umur rencana.
- b. Pemeliharaan dilakukan sebagai berikut :
 - 1) Membuang material runtuh batuan yang terkumpul/menumpuk pada jaring secara berkala ketika akumulasi batuan lebih dari 4 m³.
 - 2) Mengendalikan pertumbuhan tumbuh-tumbuhan atau pepohonan yang tumbuh pada lubang jaring.
 - 3) Memperbaiki komponen jaring tirai yang mengalami kerusakan.

4.3 Kriteria pelaksanaan

4.3.1 Umum

- a. Semua bahan sistem jaring tirai harus memenuhi spesifikasi bahan dan/atau gambar perancangan.
- b. Sistem jaring tirai dipasang setelah lereng batuan disiapkan sesuai dengan gambar perancangan

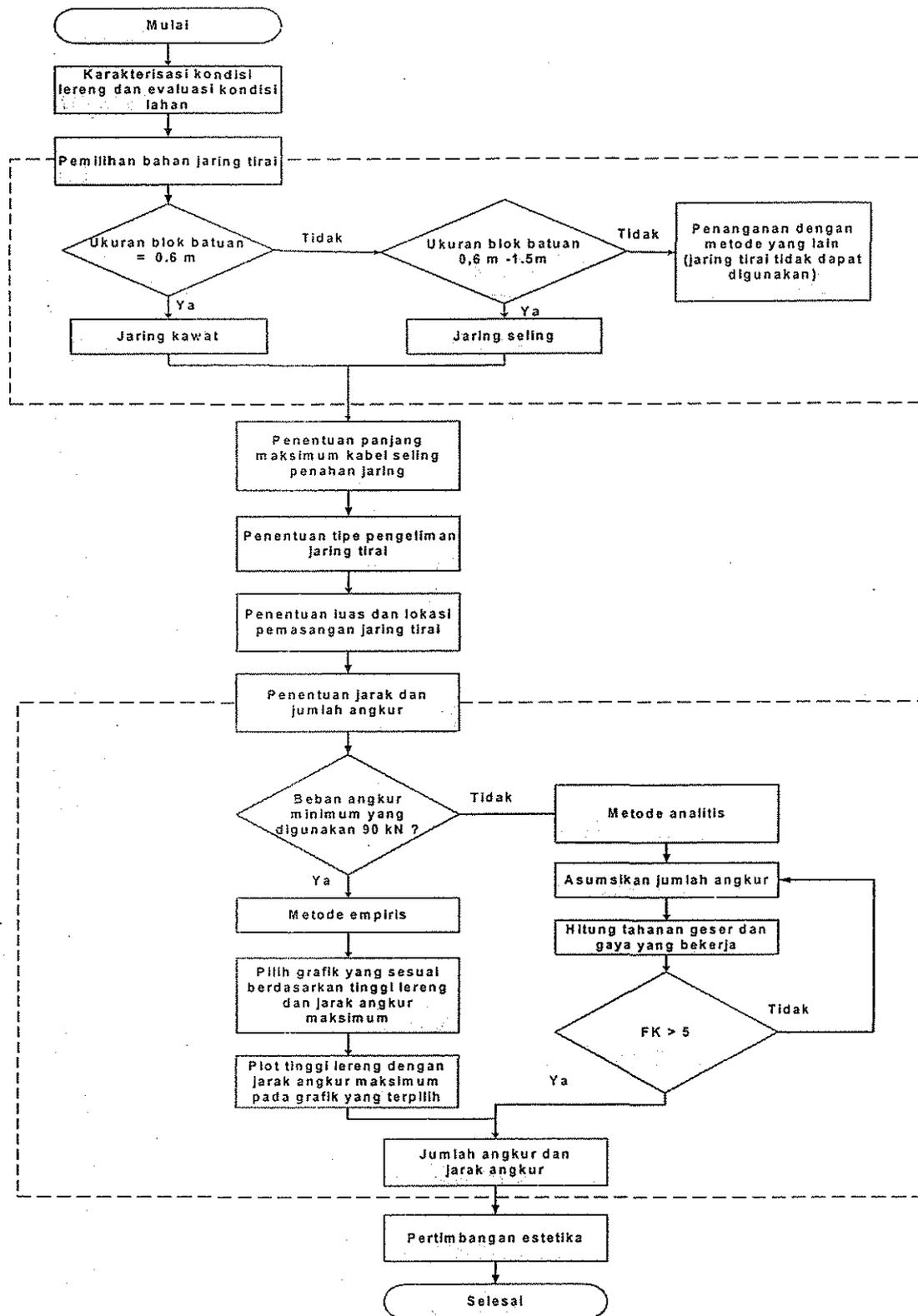
4.3.2 Peralatan

- a. **Ekskavator**
Ekskavator yang digunakan adalah ekskavator dengan lengan yang panjang. Ekskavator digunakan untuk pembersihan kondisi lereng secara mekanis dan pelandaian kemiringan lereng batuan.
- b. **Crane**
Crane yang digunakan sesuai dengan ketinggian lereng di lokasi penanganan jatuhnya batuan. *Crane* digunakan sebagai alat transportasi pekerja pada pembersihan lereng batuan secara manual dan alat yang mengangkat jaring kawat ke atas lereng pada pemasangan jaring tirai.
- c. **Breaker hidrolis**
Breaker hidrolis digunakan untuk memecah batuan besar di yang ada pada lereng dalam persiapan kondisi lereng.

- d. Bor angkur
Bor batuan harus dipilih dengan mempertimbangkan kondisi batuan, ukuran dan bentuk penampang melintang lereng, serta tipe, panjang, dan jumlah angkur.
- e. *Load cell*
- f. Alat keselamatan
 - a) Helm
Helm ukuran dewasa tipe 1 kelas E sesuai standar ANSI Z89.1-2003.
 - b) Tali tubuh
Tali tubuh ukuran dewasa tipe C UIAA 105 sesuai ANSI A10.14-1975.
 - c) Alat turun naik
Aat turun naik yang dapat digunakan untuk tali dengan diameter 16 – 14 mm yang harus memiliki kekuatan minimal 7 kN.
 - d) Cincin otomatis
Cincin otomatis dengan pengunci otomatis sesuai ANSI A10.14-1975 dengan kekuatan sumbu panjang minimal 25 kN, dengan kekuatan membuka 7 kN dan berkekuatan 7 kN untuk sumbu pendek.
 - e) Cincin standar
Cincin standar dengan tidak ada pengunci sesuai ANSI A10.14-1975 dengan kekuatan sumbu panjang minimal 23 kN dengan kekuatan membuka 10 kN dan berkekuatan 7 kN untuk sumbu pendek.
 - f) Rantai *daisy (takel)*
Rantai harus kuat dan memiliki kekuatan *loop* minimal 4 kN dan kekuatan keseluruhan 27 kN.
 - g) Tali panjat statis
Tali untuk memanjat yang mempunyai daya lentur antara 0% – 6%.
 - h) *Rope bag*
- g. Alat-alat lainnya seperti cangkul, linggis, dan palu godam.

5 Prosedur perancangan

Prosedur perancangan penanganan keruntuhan jatuhnya batu dengan metode jaring tirai ditunjukkan pada Gambar 5. Perancangan dimulai dengan melakukan karakterisasi kondisi lereng batuan dan evaluasi kondisi lahan, pemilihan jaring tirai, penentuan panjang maksimum kabel seling penahan jaring tirai, penentuan tipe pengeliman tirai batuan. Selanjutnya, penentuan luas dan lokasi pemasangan jaring tirai yang dilanjutkan dengan penentuan jumlah dan jarak angkur dengan pilihan dua metode, yaitu dengan metode empiris dan dengan metode analitis. Jika lokasi penanganan memiliki pemandangan yang indah atau berpotensi wisata, maka dapat mempertimbangkan estetika lokasi dan dilakukan pemeliharaan.



Gambar 5 - Bagan alir tahapan perancangan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai

5.1 Karakterisasi kondisi lereng dan evaluasi kondisi lahan

- a. Karakterisasi kondisi lahan dilakukan dengan survei kondisi lereng di lokasi penanganan keruntuhan jatuhan batuan sesuai ketentuan 4.2.1 dengan mengisi formulir pada Lampiran C.
- b. Setelah karakterisasi lereng dilakukan, dilanjutkan dengan evaluasi terhadap kondisi lahan yang ada di sekitar lokasi penanganan jatuhan batuan sesuai ketentuan 4.2.1.

5.2 Pemilihan jaring tirai

- a. Pemilihan jaring tirai baik jaring kawat maupun jaring seling didasarkan pada perkiraan ukuran blok batuan atau volume debris jatuhan batuan yang akan ditahan oleh jaring tirai sesuai Tabel 1 pada ketentuan 4.2.2.
- b. Bahan jaring tirai yang dipilih sesuai dengan ketentuan 4.2.2.

5.3 Penentuan panjang maksimum kabel seling penahan jaring tirai

- a. Penentuan panjang maksimum kabel seling penahan jaring tirai untuk jaring kawat heksagonal sesuai Tabel 3 pada ketentuan 4.2.3.
- b. Penentuan panjang maksimum kabel seling penahan jaring tirai untuk jaring seling yang dikombinasikan dengan jaring kawat heksagonal sesuai Tabel 4 pada ketentuan 4.2.3.

5.4 Penentuan tipe pengeliman jaring tirai

- a. Tipe pengeliman jaring tirai tipe jaring kawat dapat dipilih sesuai dengan ketentuan 4.2.4.
- b. Pengeliman jaring seling dengan jaring kawat digunakan cincin baja sesuai ketentuan 4.2.4.

5.5 Penentuan luas dan lokasi pemasangan jaring tirai

Penentuan luas dan lokasi pemasangan jaring tirai dilakukan sesuai ketentuan 4.2.5.

5.6 Penentuan jumlah dan jarak angkur.

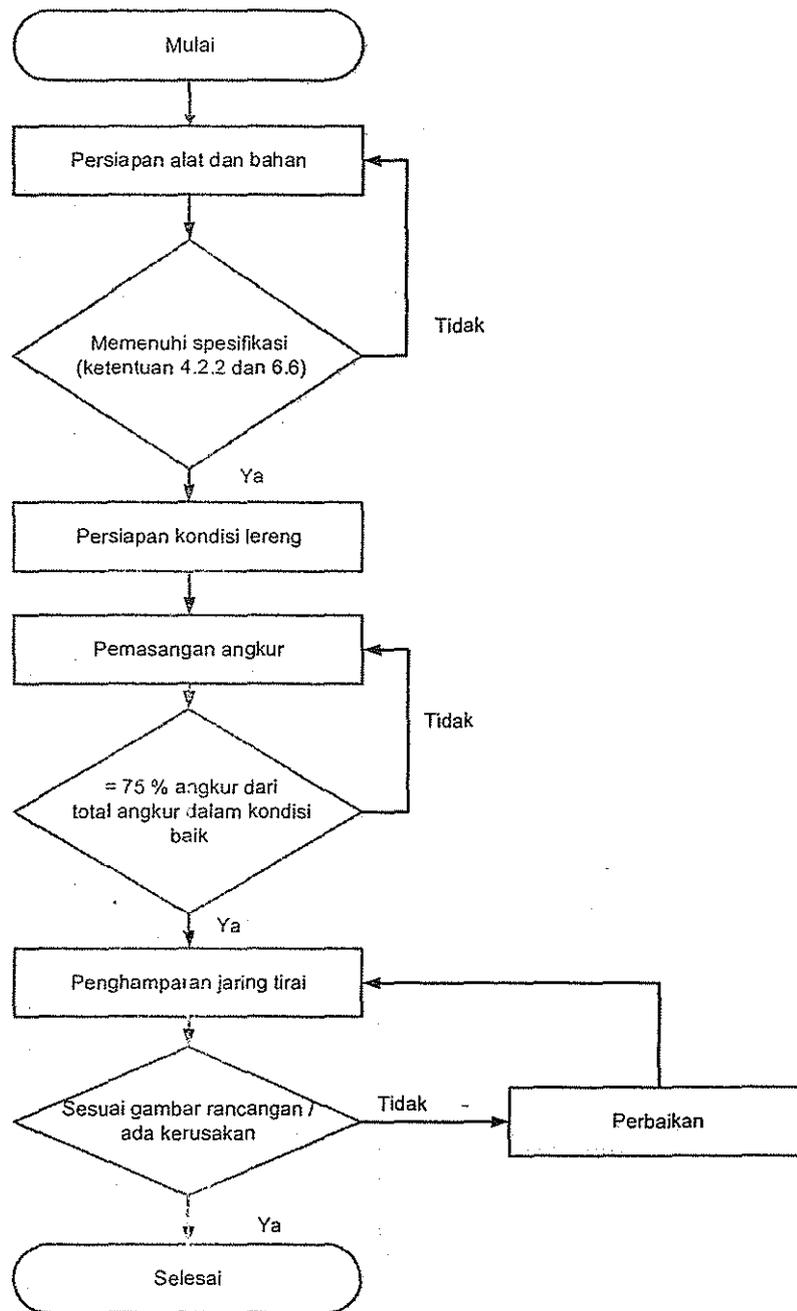
- a. Penentuan jumlah dan jarak angkur sesuai ketentuan 4.2.6.
- b. Terdapat dua metode pada penentuan jumlah dan jarak angkur, yaitu metode empiris dan metode analitis. Metode empiris menggunakan grafik sesuai ketentuan 4.2.6 dan metode analitis digunakan jika penentuan empiris tidak dapat dilakukan yaitu jika kapasitas angkur minimum yang digunakan tidak memenuhi penentuan empiris pada ketentuan 4.2.6.
- c. Metode empiris dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :
 - 1) Hitung jarak angkur berdasarkan tinggi lereng sesuai Tabel 6.
 - 2) Pilih grafik pada Lampiran A yang berdasarkan tinggi lereng dan jarak maksimum sesuai ketentuan 4.2.6.
 - 3) Plot tinggi lereng dengan jarak angkur maksimum pada grafik yang dipilih.
 - 4) Hitung jumlah angkur.
- d. Metode analitis dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :
 - 1) Asumsikan jumlah angkur.
 - 2) Hitung tahanan geser dan gaya yang bekerja sesuai ketentuan 4.2.6.
 - 3) Hitung faktor keamanan sesuai ketentuan 4.2.6.
 - 4) Hitung jarak angkur.

5.7 Pertimbangkan estetika

Pertimbangan estetika dilakukan sesuai dengan ketentuan 4.2.7.

6 Prosedur pelaksanaan

Pelaksanaan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai adalah seperti Gambar 6 Pelaksanaan penanganan jaring dimulai dengan persiapan alat dan bahan yang dilanjutkan dengan modifikasi lereng yang meliputi pelandaian kemiringan dan pembuatan lubang ankur. Kemudian dilakukan pemasangan ankur dan penghamparan jaring batuan yang dilanjutkan dengan pengeliman. Pengendalian mutu di lapangan dilakukan sesuai tahapan pelaksanaan.



Gambar 6 - Bagan alir tahapan pelaksanaan penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai

6.1 Persiapan alat dan bahan

- Peralatan sebagaimana pada ketentuan 4.3.2 disiapkan dan diperiksa dalam kondisi baik.
- Bahan-bahan jaring tirai untuk penanganan jatuhnya batuan sebagaimana tertera pada ketentuan 4.2.2 yang telah memenuhi persyaratan disediakan di lapangan.
- Verifikasi lokasi pemasangan jaring kawat dan lokasi setiap angkur.
- Jaring kawat, jaring seling, angkur, kabel seling penahan jaring tirai, kawat pengikat, dan ring baja galvanis harus ditandai dengan sejumlah nomor dan diberi label untuk keperluan identifikasi sebelum diangkut ke tempat kerja.

6.2 Persiapan kondisi lereng

- a. Menyiapkan tempat penghamparan dan pengeliman jaring di dekat kaki lereng batuan.
- b. Pembersihan blok batuan yang berpotensi merusak jaring atau bagian lainnya dapat dilakukan dengan cara manual atau mekanis. Pembersihan lereng blok batuan dengan cara manual dilakukan dengan pekerja memanjat dan menuruni lereng menggunakan tali dan alat keselamatan lainnya. Pekerja dapat juga membersihkan lereng blok batuan dengan menggunakan *crane*.
- c. Pembersihan dengan cara mekanik dapat dilakukan dengan menggunakan ekskavator. Untuk membuang batu yang sangat besar dapat menggunakan alat *breaker* hidrolis yang disisipkan ke dalam celah-celah batuan yang terbuka.
- d. Pelandaian kemiringan lereng batuan dapat dilakukan secara manual atau dengan alat ekskavator disesuaikan dengan situasi di lapangan.

6.3 Pemasangan ankur

- a. Pembuatan lubang untuk ankur dengan alat bor ankur.
- b. Setiap ankur harus ditempatkan tegak lurus terhadap jaring tirai dan dipasang sedemikian rupa hingga tidak akan bergeser selama pemasangan.
- c. Ankur dipasang di sepanjang bagian atas lereng batuan di atas kabel seling penahan jaring tirai.
- d. Ankur dipasang sesuai perhitungan kedalaman kemudian dilakukan *grouting*. Tunggu minimal 7 hari setelah *grouting* sebelum menerapkan beban apa pun pada ankur.
- e. Lakukan pengujian ankur mengacu syarat mutu.

6.4 Pemasangan jaring tirai

a. Pemasangan jaring kawat

1) Pekerjaan pemasangan jaring kawat metode 1.

- a) Jaring kawat harus dipasang dengan kuat pada semua komponen yang lainnya, yaitu kabel seling penahan jaring tirai, kawat pengikat, dan cincin baja sesuai Gambar B.1 dan Gambar B.2 pada Lampiran B.
- b) Jaring kawat dikelim sesuai dengan gambar perancangan.
- c) Kemudian kabel seling penahan jaring batuan dipasang pada bagian atas jaring tirai arah horizontal. Kabel seling penahan jaring tirai tersebut harus ditempatkan di bagian luar jaring dan dipasang dengan kuat terhadap jaring dengan menggunakan kawat pengikat atau jaring dilipat ke arah luar di atas kabel seling penahan jaring tirai.
- d) Cincin baja galvanis dilas pada bagian pertemuan kabel seling penahan jaring horizontal dan kabel seling penahan jaring batuan vertikal.
- e) Jaring kawat kemudian diangkat ke atas lereng dengan menggunakan *crane*.
- f) Jaring kawat ditempatkan sedemikian rupa sehingga menutupi lereng yang ditangani.
- g) Kabel kawat penahan jaring batuan vertikal diikatkan pada ankur.
- h) Kencangkan setiap klip pengikat kabel seling penahan jaring tirai.

2) Pekerjaan pemasangan jaring kawat metode 2

- a) jaring kawat, kabel seling penahan jaring tirai dan kawat pengikat, cincin baja galvanis diangkat ke atas lereng.
- b) Kemudian kabel seling penahan jaring batuan dipasang pada bagian atas jaring kawat arah horizontal. Kabel seling penahan jaring tirai tersebut harus ditempatkan di bagian luar jaring dan dipasang dengan kuat terhadap jaring

dengan menggunakan kawat pengikat atau jaring dilipat ke arah luar di atas kabel seling penahan jaring tirai.

- c) Cincin baja galvanis dilas pada bagian pertemuan kabel seling penahan jaring batuan horizontal dan kabel seling penahan jaring batuan vertikal.
- d) Kabel seling penahan jaring tirai vertikal diikat pada angkur.
- e) Kencangkan setiap klip pengikat kabel seling penahan jaring tirai.
- f) Hampar jaring jaring kawat dengan diluncurkan dari atas lereng batuan yang di atur sedemikian rupa sehingga jaring kawat tepat pada posisinya dan tidak bergeser sesuai gambar perancangan.
- g) Pengeliman dilakukan dengan cara pekerja menggunakan tali pengaman menuruni lereng, pengeliman sesuai dengan gambar perancangan.

b. Pemasangan jaring seling

Kabel seling dan jaring kawat harus dipasang dengan kuat pada semua komponen yang lainnya yaitu kabel seling penahan jaring tirai, kawat pengikat, cincin baja galvanis sesuai Gambar B.3 pada lampiran B.

1) Pemasangan jaring seling metode 1

- a) Jaring seling dan jaring kawat dikelim dengan cincin baja sedemikian rupa sehingga seling masuk melalui tiap-tiap sel jaring seling bagian dalam sesuai dengan gambar perancangan.
- b) Kemudian keduanya disatukan yang diikat oleh kawat pengikat.
- c) Kabel seling penahan jaring batuan horizontal diikat pada bagian atas jaring seling.
- d) Cincin baja galvanis dilas pada bagian pertemuan kabel seling penahan jaring batuan horizontal dan kabel seling penahan jaring batuan vertikal.
- e) Jaring seling tersebut diangkat ke atas lereng dengan menggunakan *crane*.
- f) Jaring seling ditempatkan dengan sedemikian rupa sehingga menutupi lereng yang ditangani.
- g) Kabel seling penahan jaring batuan vertikal diikat pada angkur. Kencangkan setiap klip pengikat kabel seling penahan jaring tirai.

2) Pemasangan jaring seling metode 2

- a) Jaring seling, jaring kawat, kabel seling penahan jaring tirai dan kawat pengikat, ring baja galvanis diangkat ke atas lereng.
- b) Kabel seling penahan jaring batuan horizontal diikat pada bagian atas jaring seling.
- c) Cincin baja galvanis dilas pada bagian pertemuan kabel seling penahan jaring batuan horizontal dan kabel seling penahan jaring batuan vertikal.
- d) Kabel seling penahan jaring batuan vertikal diikat pada angkur.
- e) Hampar jaring seling dengan jaring kawat dengan diluncurkan dari atas lereng batuan yang diatur sedemikian rupa sehingga jaring seling tepat pada posisinya dan tidak bergeser sesuai gambar perancangan.
- f) Pengeliman dengan cincin baja dilakukan sedemikian rupa sehingga seling masuk melalui tiap-tiap sel jaring seling bagian dalam dengan cara pekerja menggunakan tali pengaman menuruni lereng, pengeliman sesuai dengan gambar perancangan.
- g) Kencangkan setiap klip pengikat kabel seling penahan jaring tirai.

6.5 Pengendalian mutu

a. Pengujian bentuk dan lilitan jaring tirai

- 1) Pengujian jaring tirai terhadap bentuk dan lilitan dilakukan secara visual yaitu dengan pengukuran panjang, lebar, dan ukuran anyaman.

- 2) Jaring tirai dinyatakan lulus uji jika memenuhi ketentuan syarat mutu bahan pada butir 4.2.2
- 3) Pengambilan contoh jaring tirai untuk pengujian ini dilakukan secara acak dari masing-masing kelompok jaring tirai yang sama dan diambil 3 contoh.

b. Pengujian jaring kawat

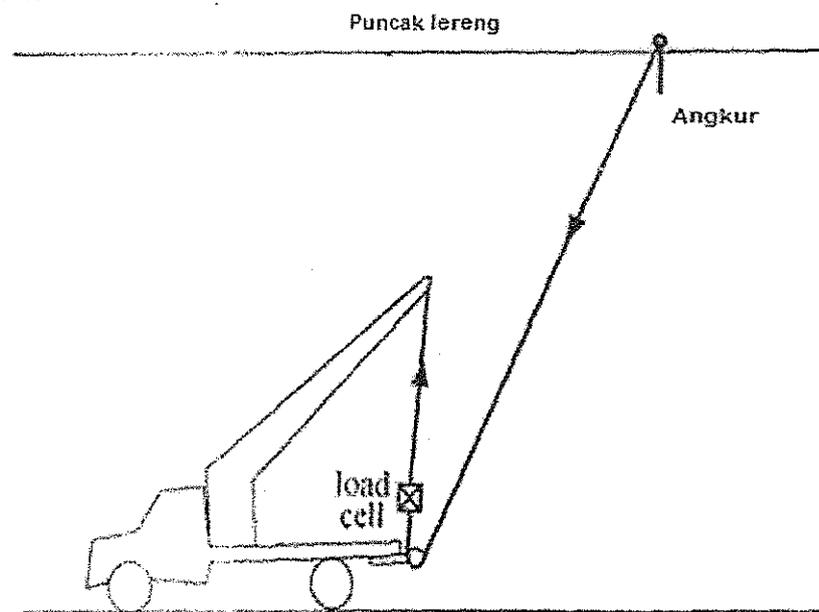
- 1) Pengujian kuat tarik dilakukan pada jaring kawat sesuai dengan ketentuan 4.2.2.
- 2) Pengujian kuat tusuk dilakukan pada jaring kawat sesuai dengan ketentuan 4.2.2.

c. Pengujian jaring seling

- 1) Pengujian kuat tusuk dilakukan pada jaring seling sesuai dengan ketentuan 4.2.2.

d. Pengujian angkur di lapangan

Pengujian angkur dilakukan untuk mendapatkan kapasitas dan kinerja angkur terpasang. Jumlah minimum angkur yang diuji adalah 25% dari total angkur yang terpasang. Jika setelah diuji, jumlah angkur yang mengalami keruntuhan lebih dari 25%, maka angkur yang terpasang harus dievaluasi kembali. Pengujian angkur dilakukan ke arah pembebanan aktual (sub-horizontal) yang dapat dicapai dengan memperpanjang kabel dari angkur ke dasar lereng dan menarik kabel dengan cara yang ditunjukkan pada Gambar 7. Pengujian tarik dilakukan sampai 80% dari nilai kuat tarik yang direncanakan.



Gambar 7 - Pengaturan pengujian angkur ke arah pembebanan aktual (*sub-horizontal*)
(Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)

e. Pengendalian hasil jaring tirai

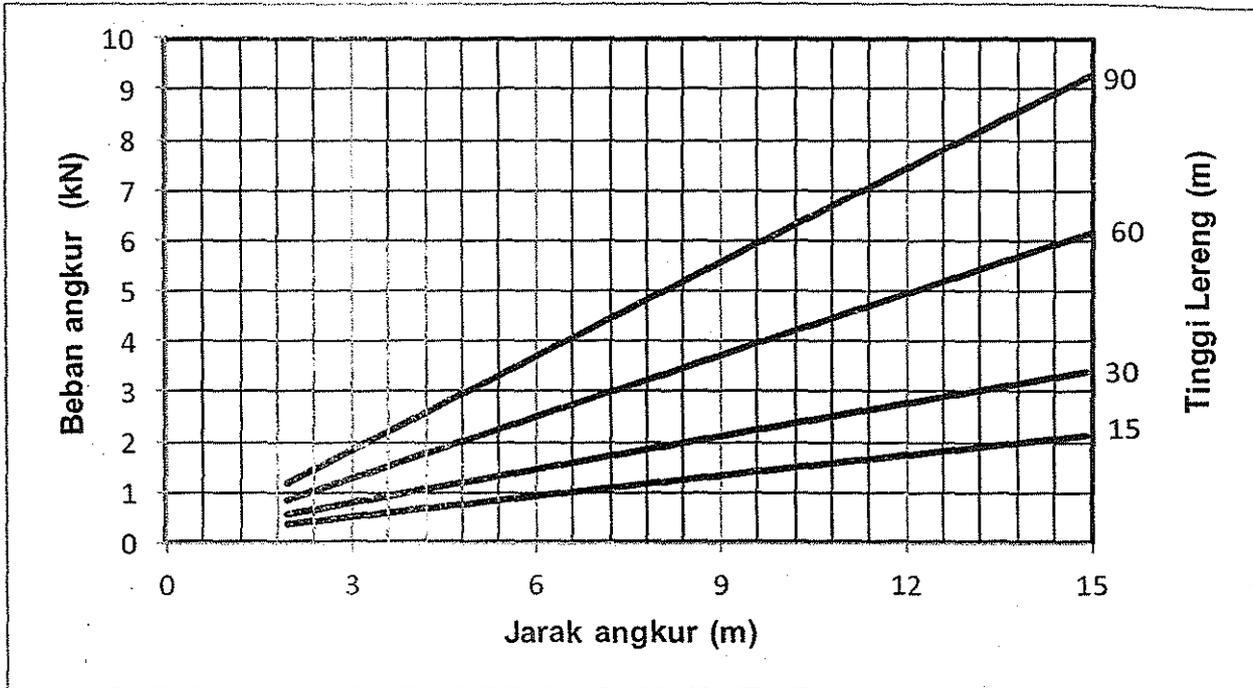
Dilakukan pengujian hasil jaring tirai yang telah terpasang secara visual. Posisi jaring tirai harus terpasang sesuai dengan gambar perancangan. Jika posisi tersebut tidak sesuai atau terdapat kerusakan, maka jaring tirai dibongkar dan dilakukan pemasangan ulang.

6.6 Pemeliharaan

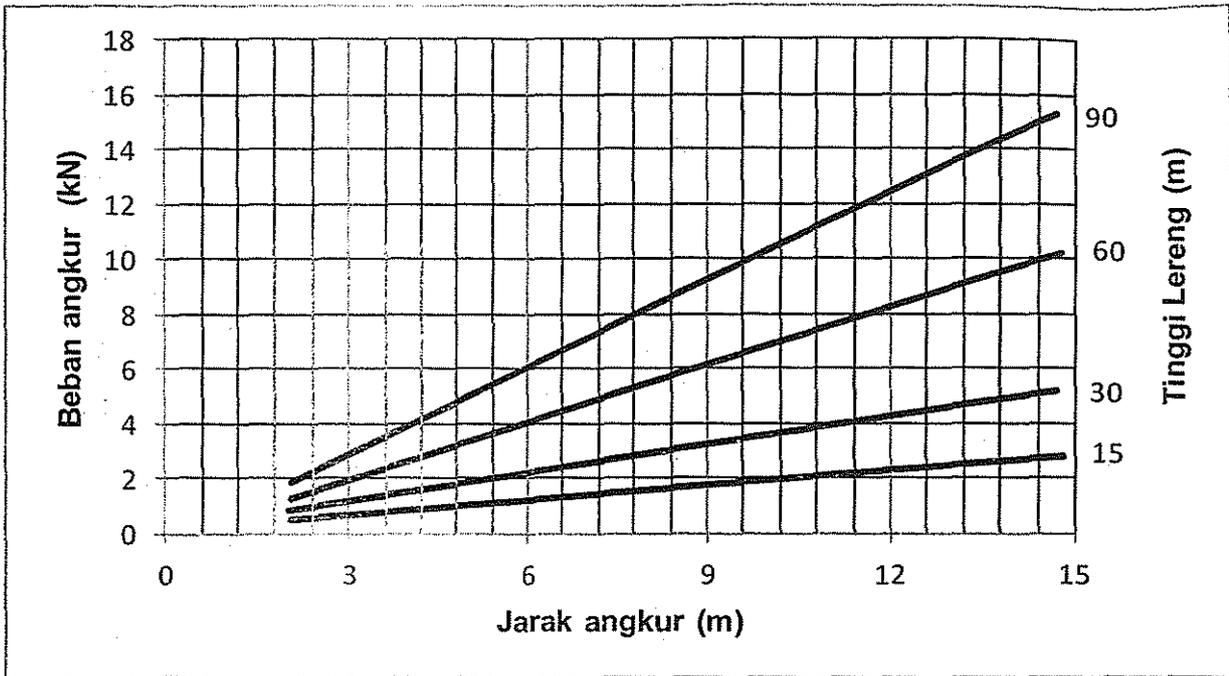
Pemeliharaan dilakukan sesuai dengan ketentuan 4.2.8.

Lampiran A
(normatif)

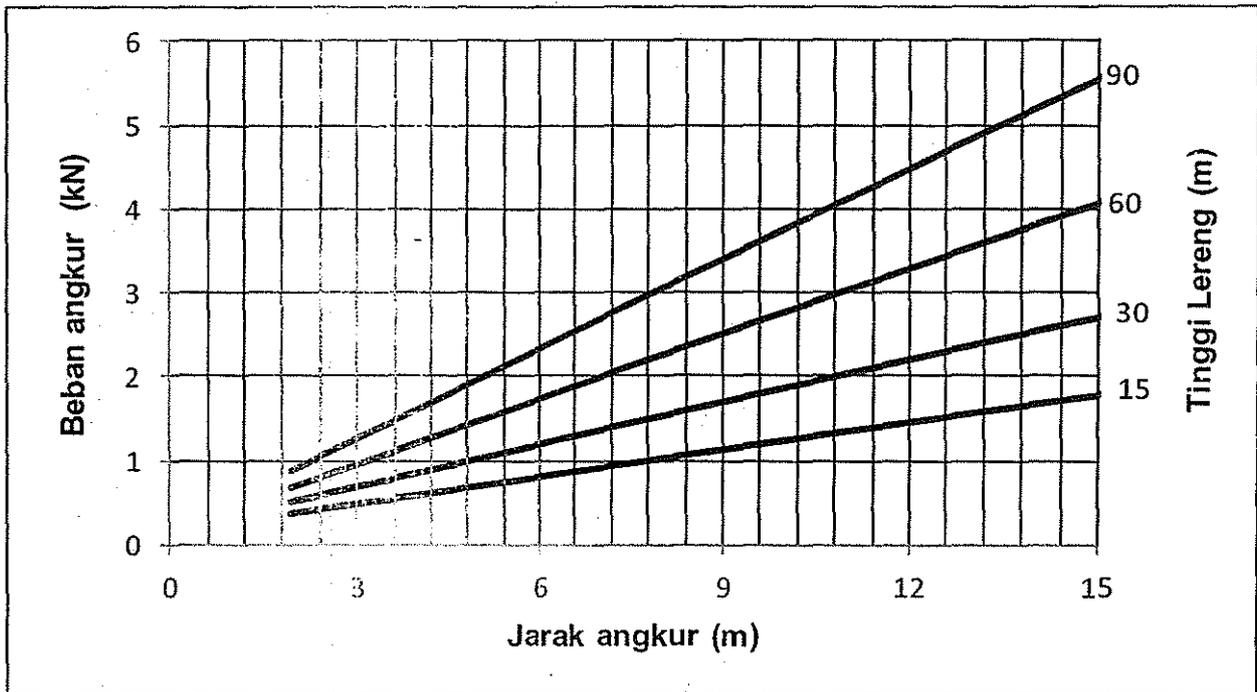
Grafik jarak angkur terhadap beban angkur



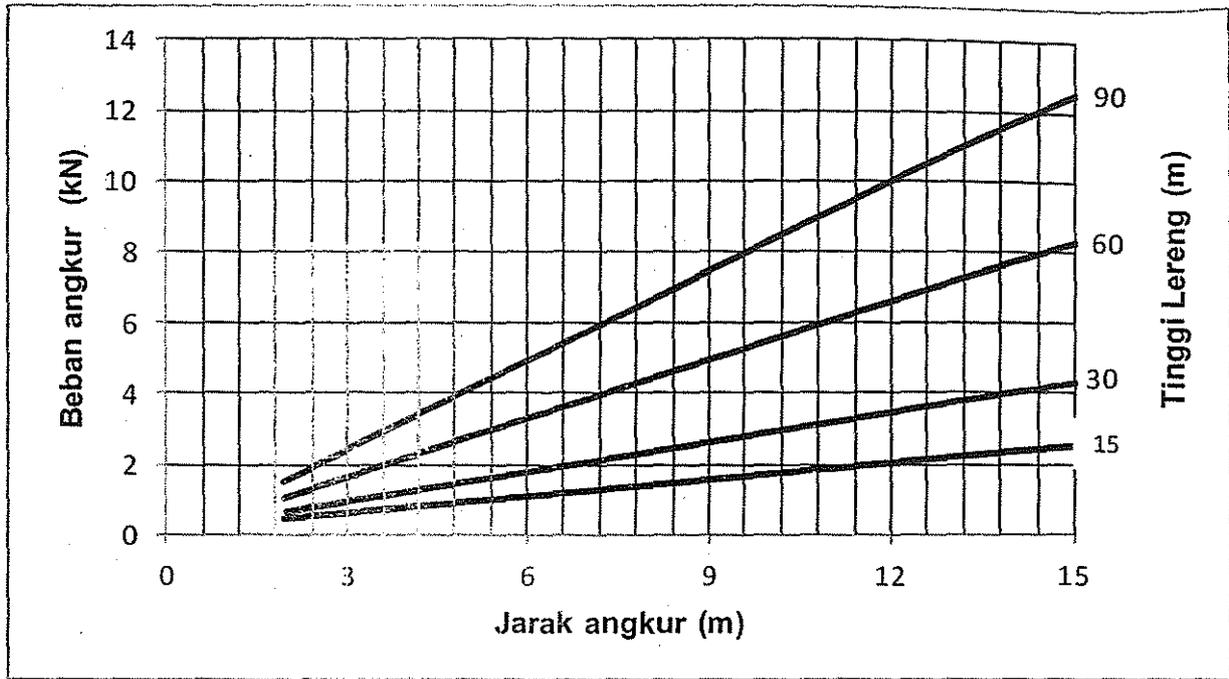
Gambar A.1 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng planar sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



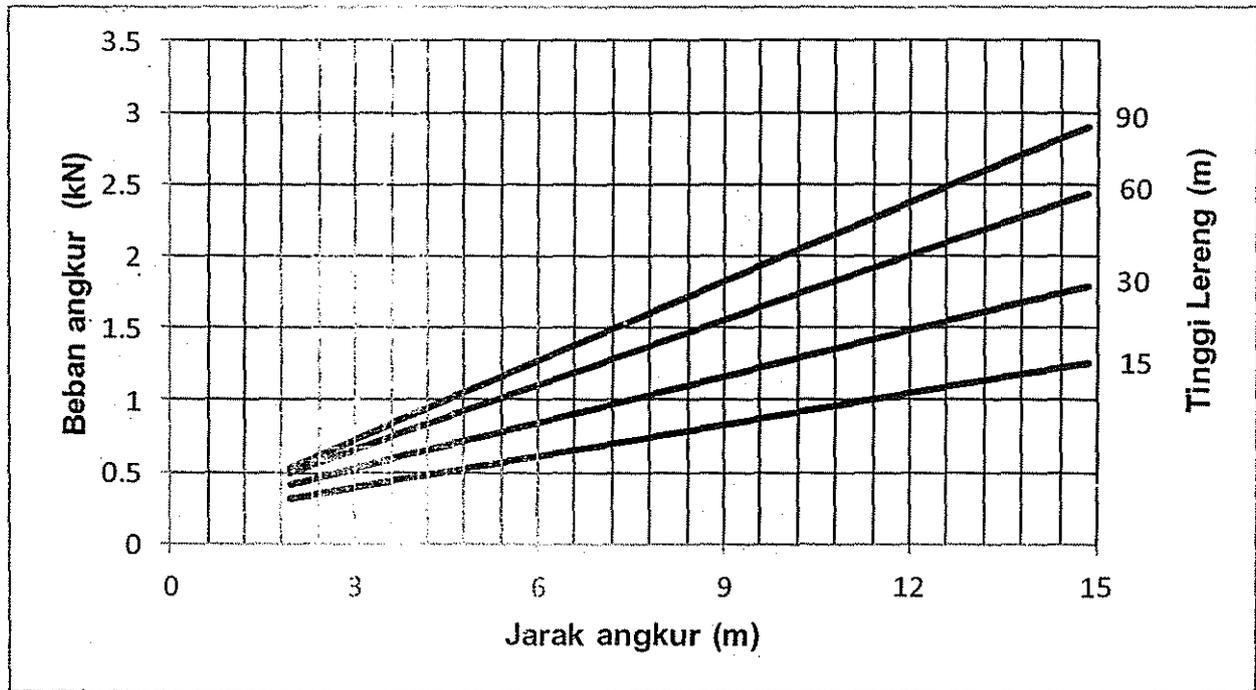
Gambar A.2 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng planar dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



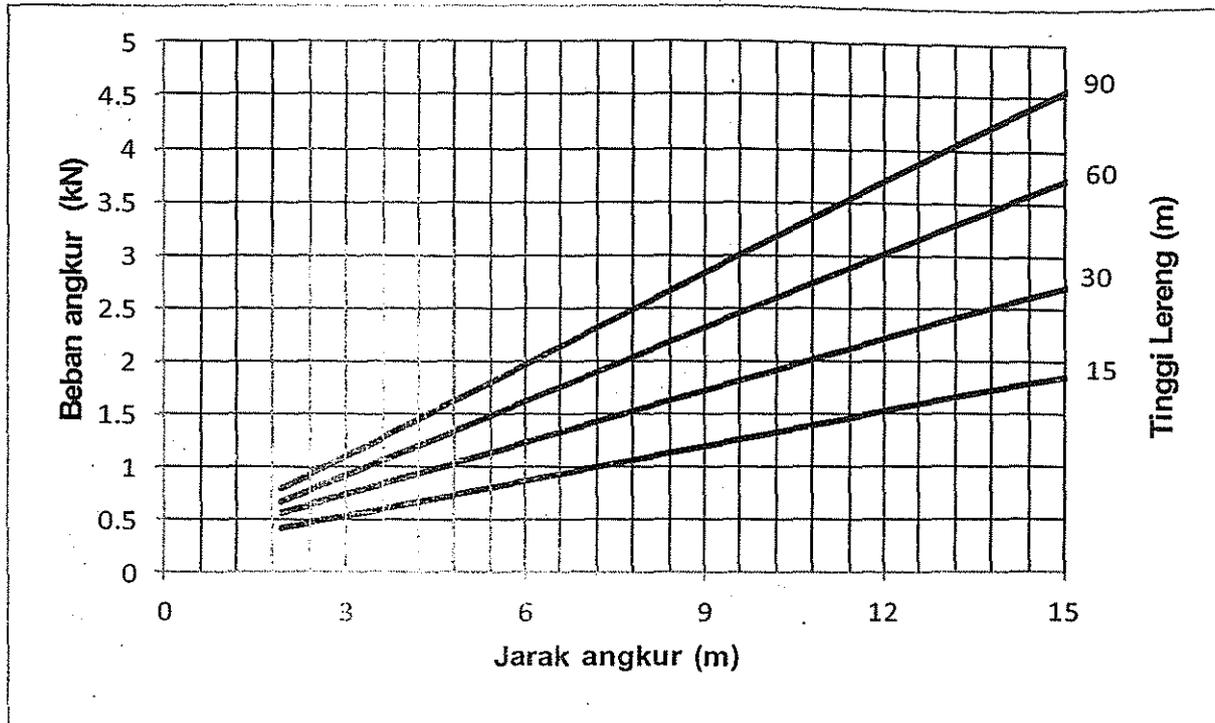
Gambar A.3 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng bergelombang dengan sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



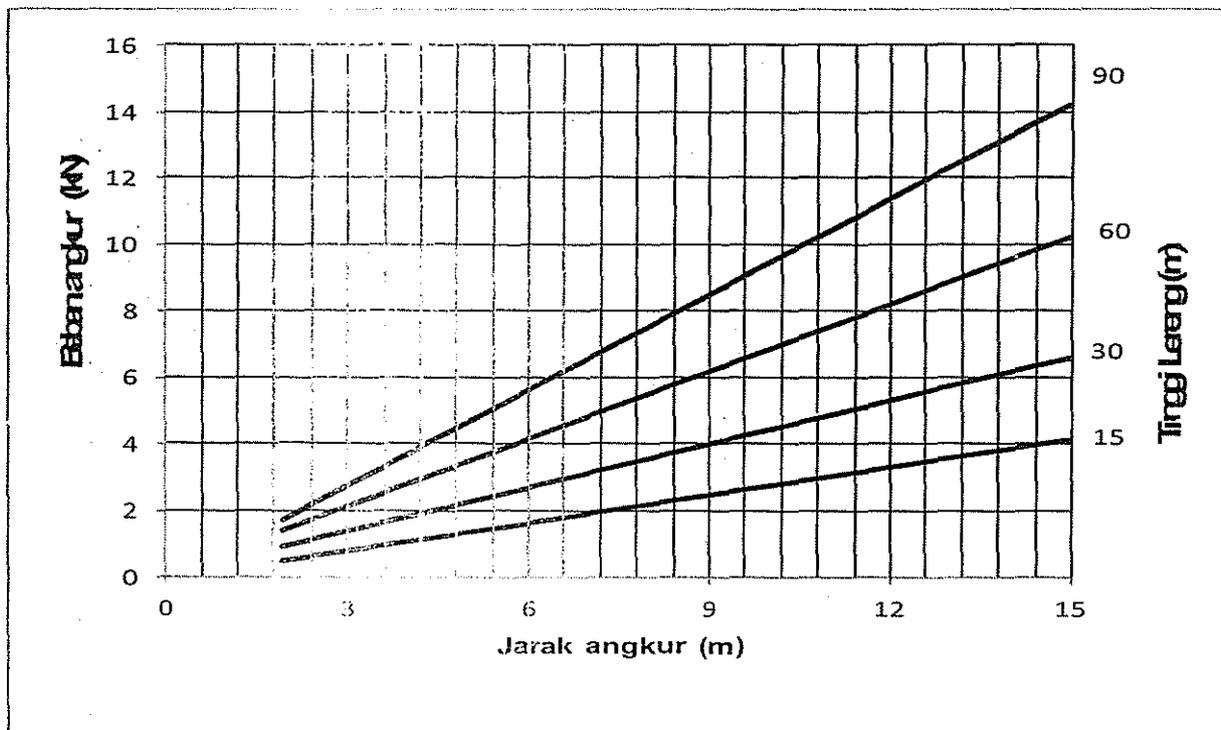
Gambar A.4 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng bergelombang dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



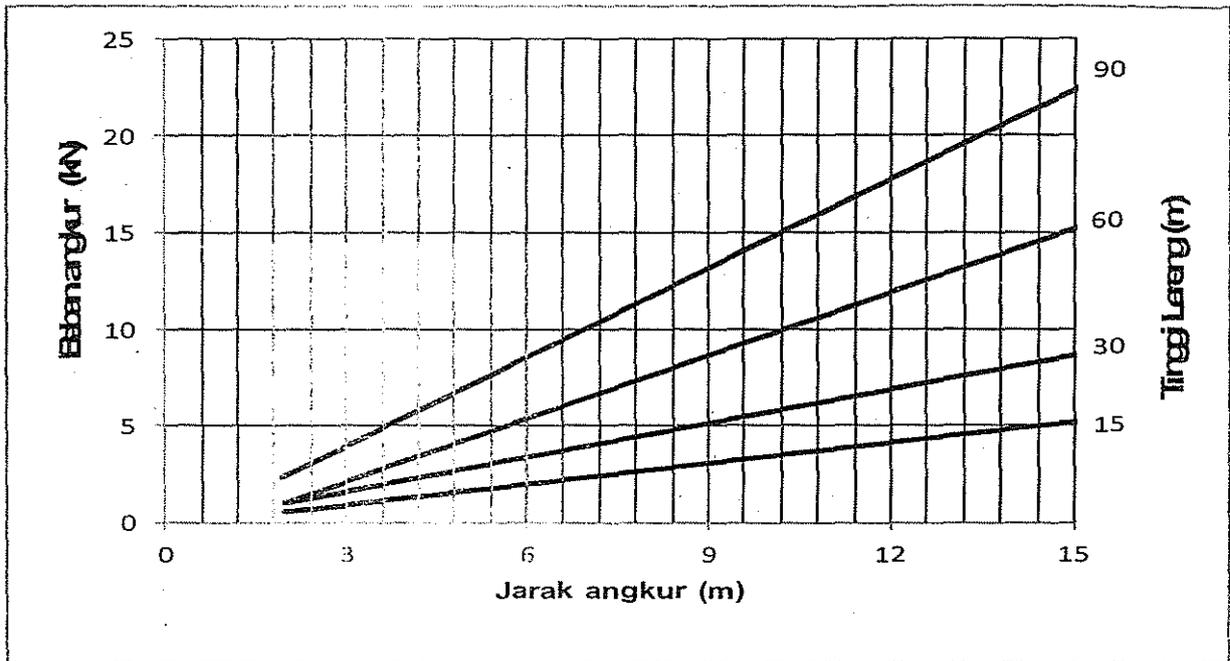
Gambar A.5 - Grafik jarak angkur vs beban angkur jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng kasar dengan sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



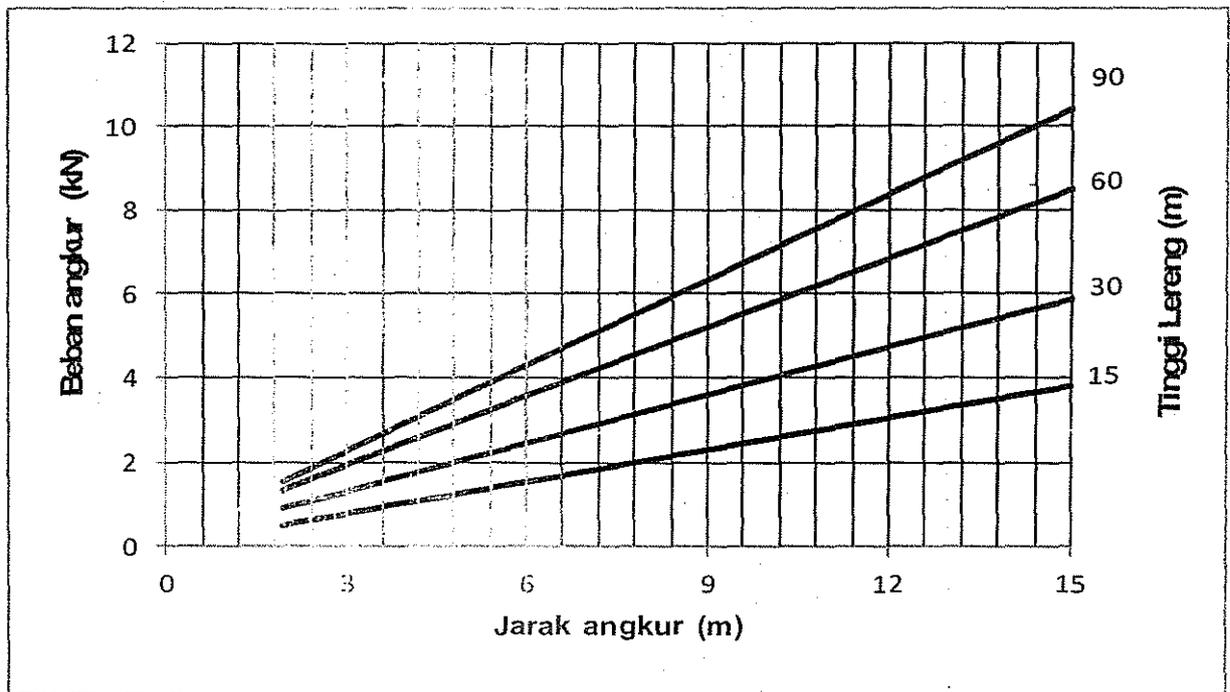
Gambar A.6 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng kasar dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



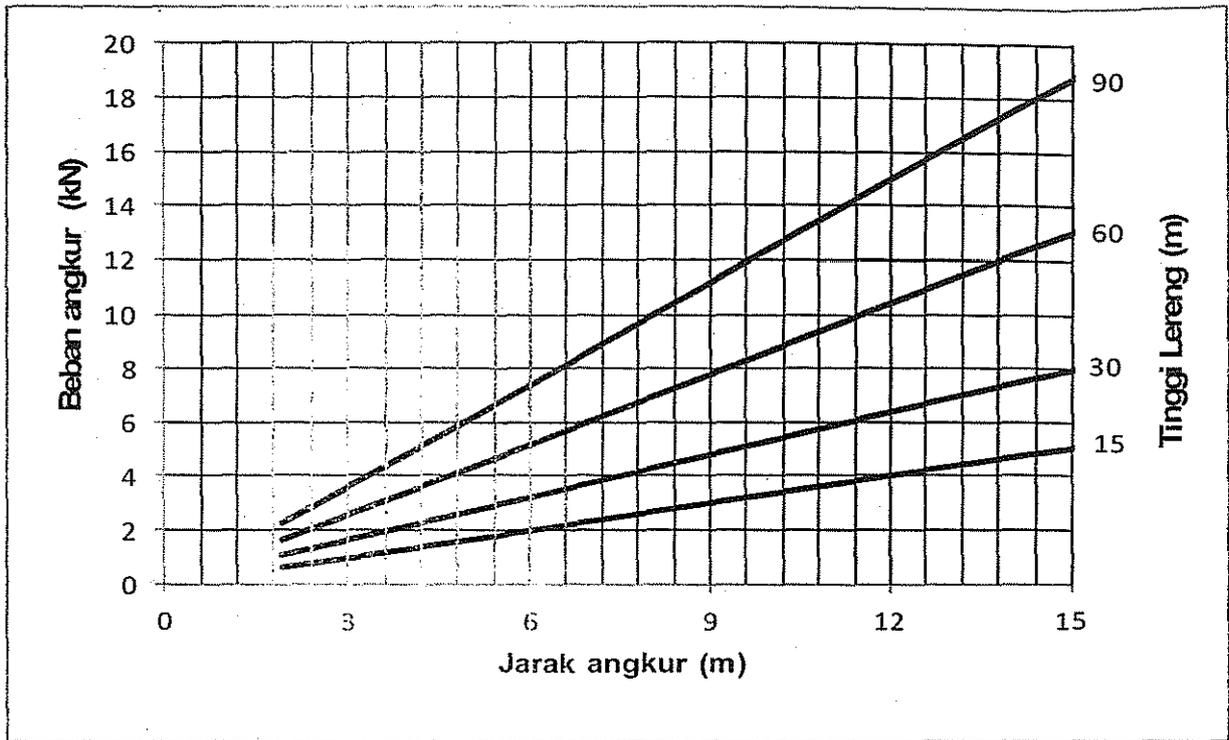
Gambar A.7 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng planar dengan sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



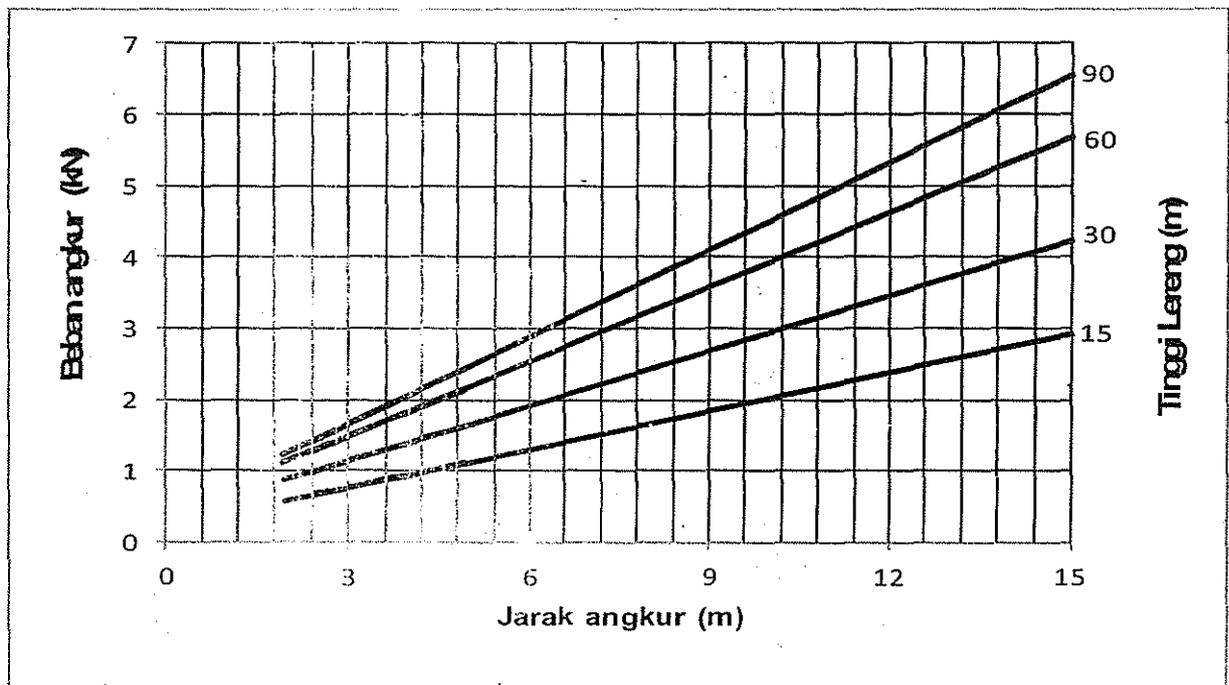
Gambar A.8 - Grafik jarak angkur vs beban untuk jaring seling pada lereng planar dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



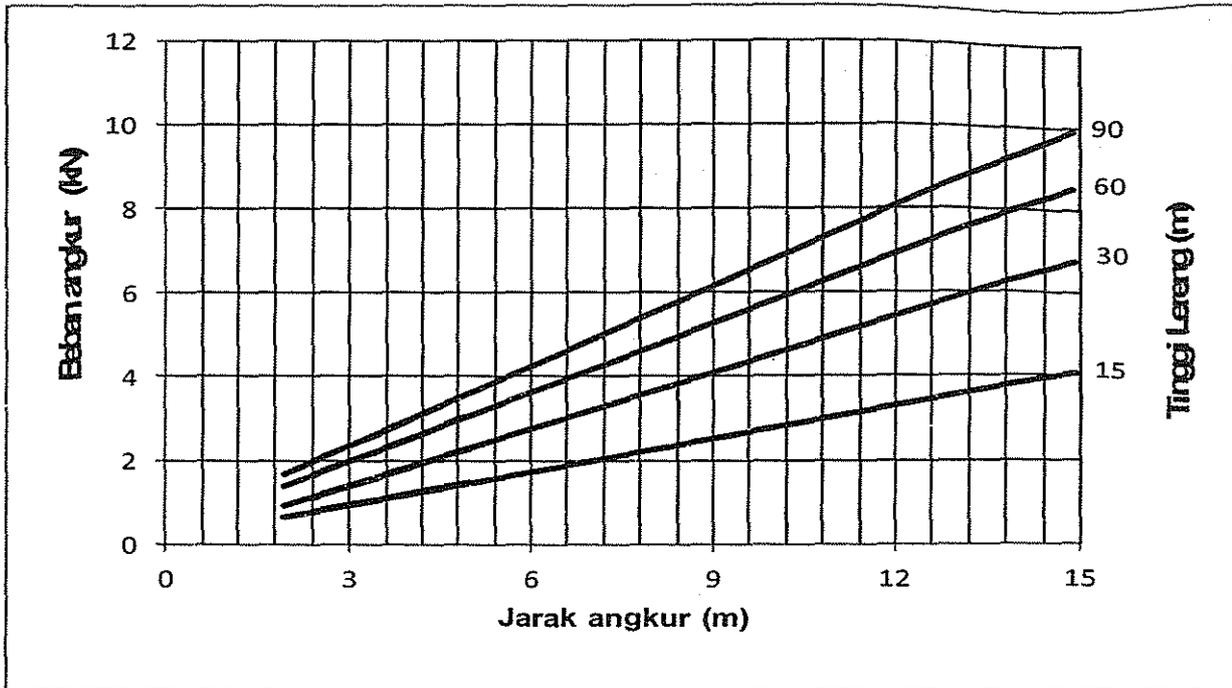
Gambar A.9 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng bergelombang sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



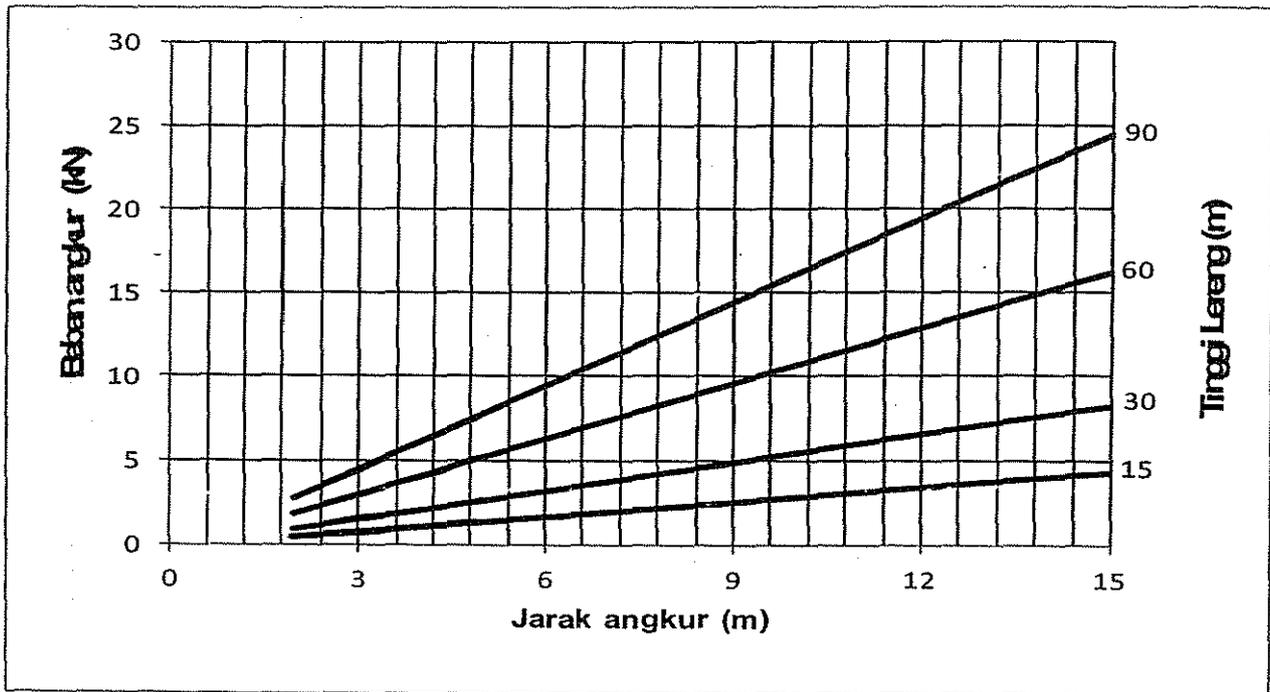
Gambar A.10 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng bergelombang dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



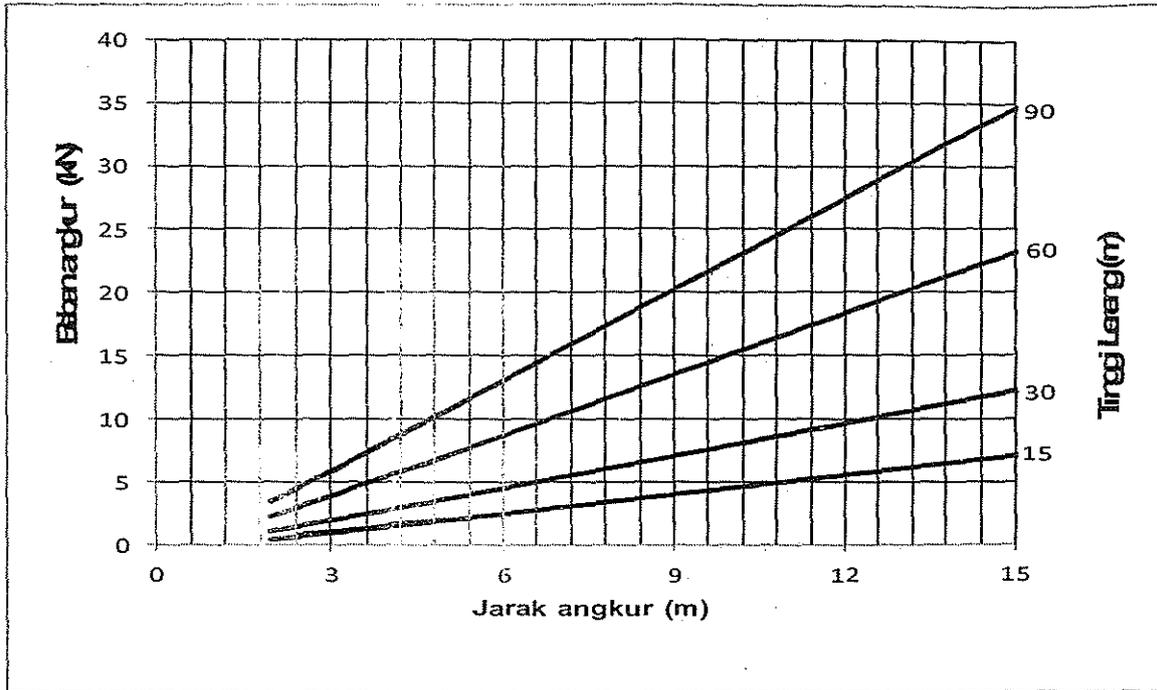
Gambar A.11 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng kasar dengan sudut lereng 45° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



Gambar A.12 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng kasar dengan sudut lereng 60° dan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



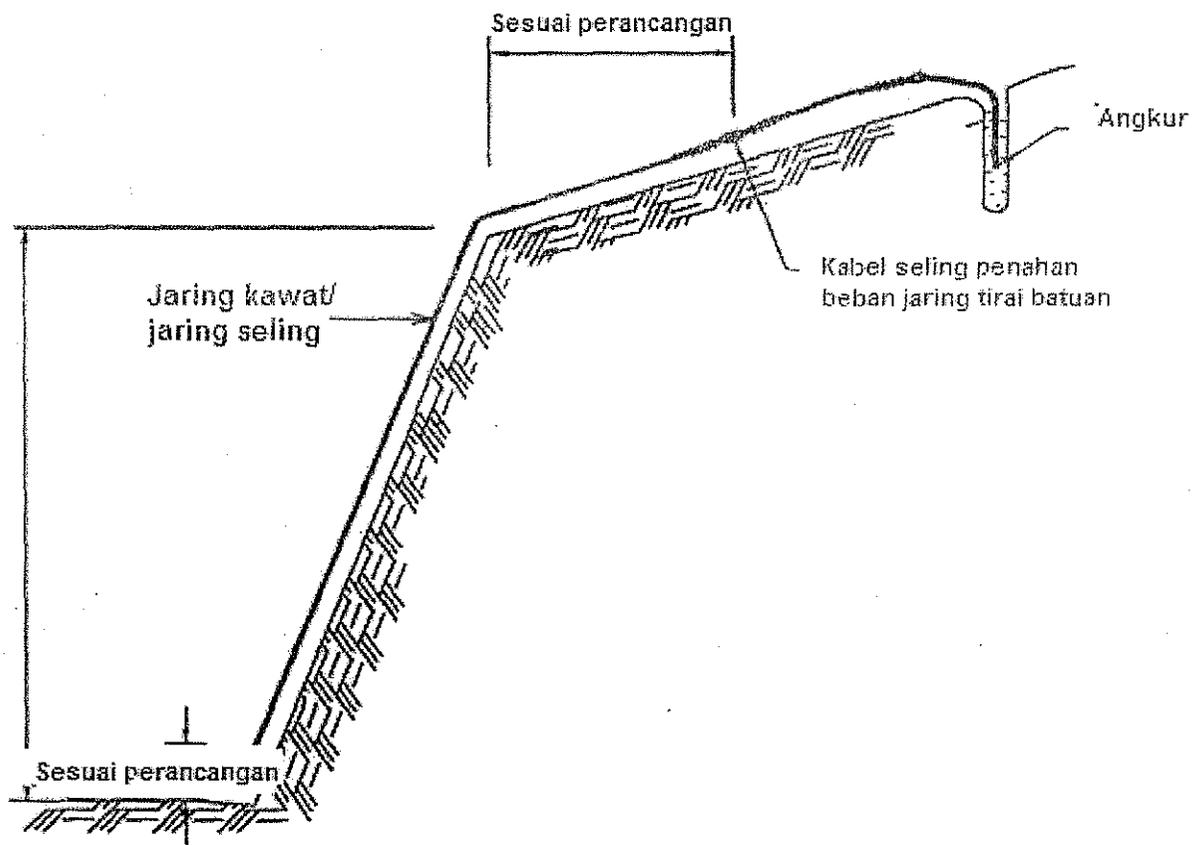
Gambar A.13 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring kawat heksagonal lilitan ganda pada lereng curam (tidak ada gesekan permukaan) dengan tinggi lereng 15 m – 300 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



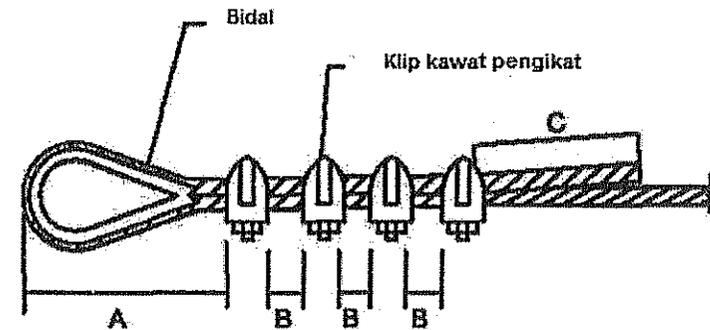
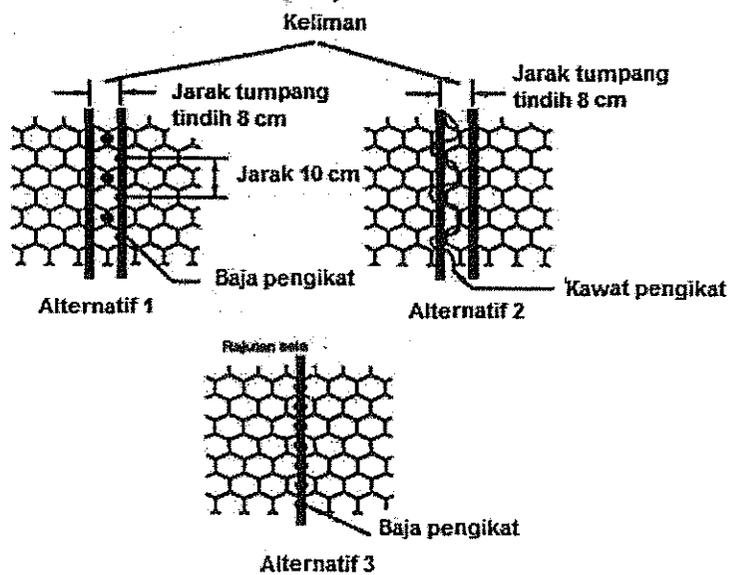
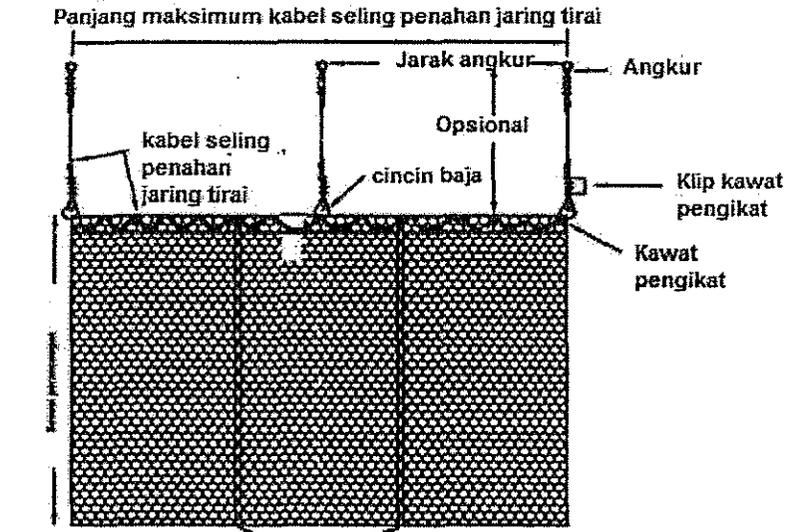
Gambar A.14 - Grafik jarak angkur vs beban angkur untuk jaring seling pada lereng curam (tidak ada gesekan permukaan) dengan tinggi lereng 15 m – 90 m (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)

Lampiran B
(normatif)

Gambar tipikal penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan metode jaring tirai

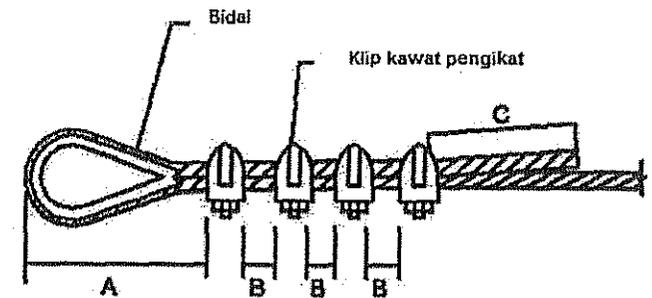
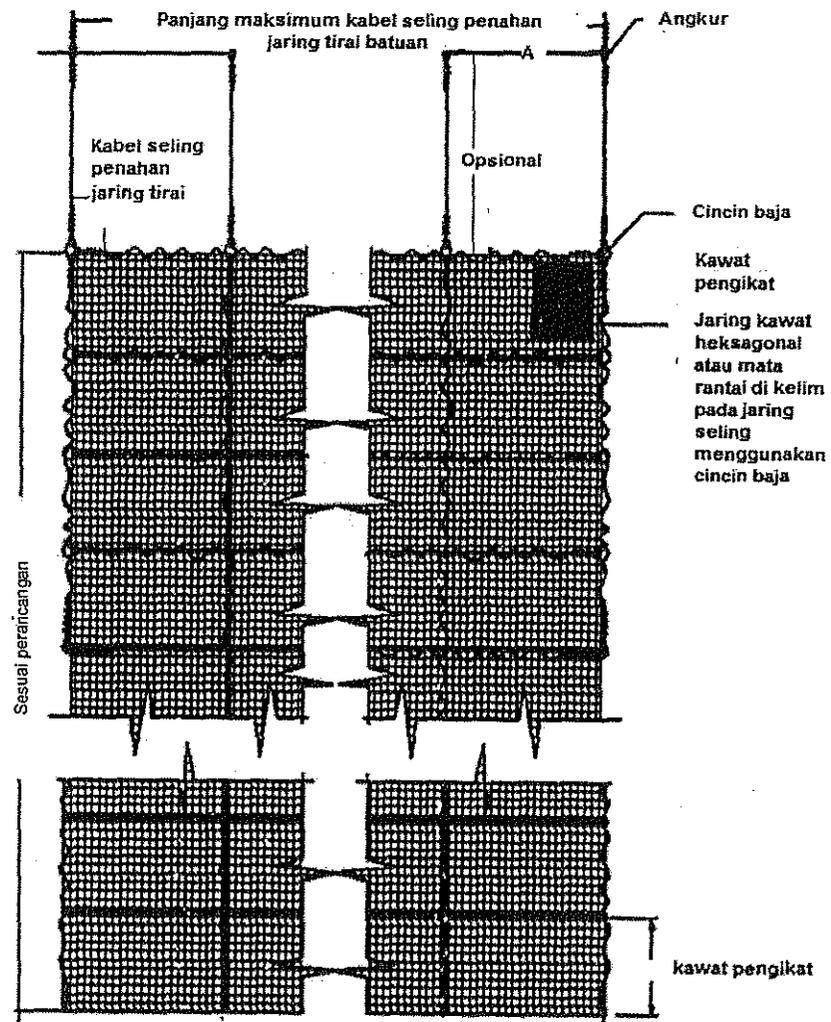


Gambar B.1 - Gambar tipikal penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan jaring kawat (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)

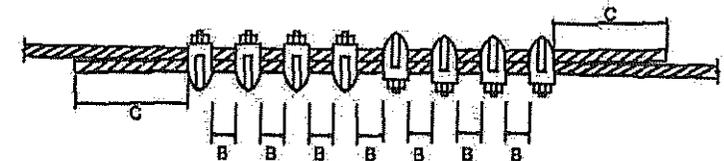


Jarak A, B, C dan torsi mengikuti spesifikasi pabrik

Gambar B.2 - Gambar tipikal penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan jaring kawat (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)



Jarak A, B, C dan torsi mengikuti spesifikasi pabrik



Detail kawat pengikat (BB)

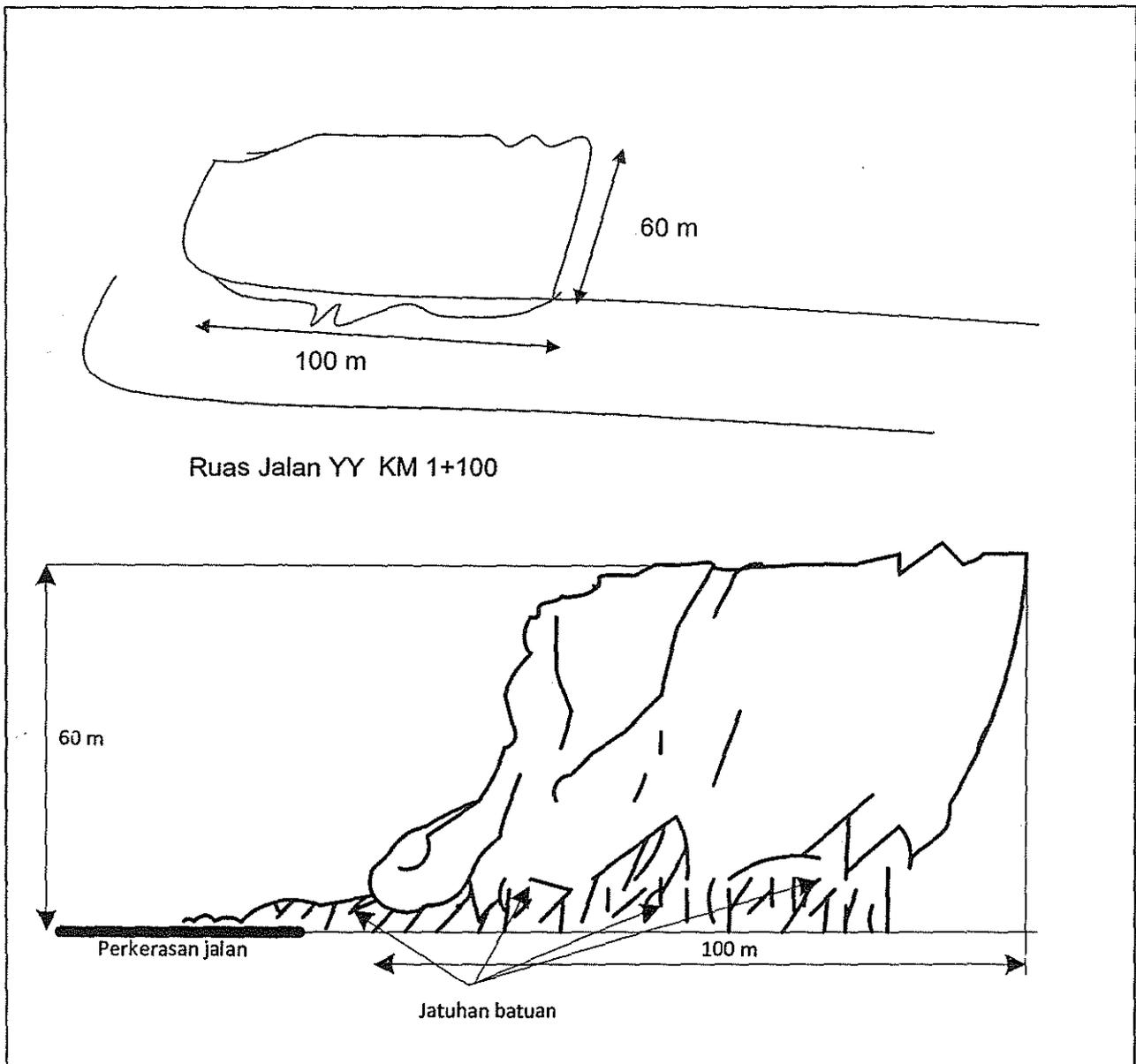
Gambar B.3 - Gambar tipikal penanganan keruntuhan jatuhnya batuan dengan jaring seling (Sumber : FHWA WA-RD 612.1, 2005)

Lampiran C
(normatif)

Formulir survei lereng

Nama proyek	: XX
Lokasi	: Ruas Jalan YY KM 1+100
Koordinat	: $01^{\circ} 11'15,5''\text{LS}$; $100^{\circ} 49'03,5''\text{BT}$
Waktu survei	: 20 April 2014
Petugas survei	: AA

SKETSA :



A. Karakteristik Lereng

- | | | | | |
|--------------------------|-----------|--|----------------|--|
| 1. Terdapat batuan | jatuhan | <input checked="" type="radio"/> a. Ya | b. tidak | |
| 2. Luas area batuan | jatuhan | tinggi = 60 m | | |
| | | panjang = 100 m | | |
| 3. Volume jatuhan batuan | potensi | 600 | m ³ | |
| 4. Volume batuan | jatuhan | 50 | m ³ | |
| 5. Tipikal lereng | permukaan | a. kasar | | Permukaan lereng sangat tidak teratur dan bergelombang, memiliki banyak tonjolan di permukaan lereng |
| | | <input checked="" type="radio"/> b. bergelombang | | Kemiringan lereng Bergelombang, pada permukaan terdapat sedikit tonjolan |
| | | b. planar | | Permukaan lereng relatif lurus, sedikit kekasaran permukaannya |
| 6. Stabilitas lereng | | <input checked="" type="radio"/> a. stabil | | Tidak ada indikasi pergerakan, retakan dan amblasan |
| | | b. tidak stabil | | Terdapat indikasi pergerakan, retakan dan amblasan |
| 7. Sifat batuan | | <input checked="" type="radio"/> a. massif | | utuh |
| | | b. fracture | | banyak rekahan |
| | | c. hancur | | |

B. Dimensi lereng

- | | |
|------------------------------------|--|
| 1. Tinggi lereng | 60 m |
| 2. Sudut lereng | 60 derajat |
| 3. Panjang lereng | 100 m |
| 4. Dimensi blok batuan | a. ≤ 0,6 m <input checked="" type="radio"/> b. 0,6 – 1,5 m c. > 1,5 m |
| 5. Dimensi blok jatuhan batuan | b. ≤ 0,6 m <input checked="" type="radio"/> b. 0,6 – 1,5 m c. > 1,5 m |
| 6. Jarak bahu jalan ke kaki lereng | 1 m |

C. Foto



D. Informasi lain tentang lereng yang disurvei

Lereng berada pada tikungan yang curam, sehingga perlu dikaji masalah keamanan lalu lintas

Lampiran D (normatif)

Petunjuk pengisian formulir survei lereng

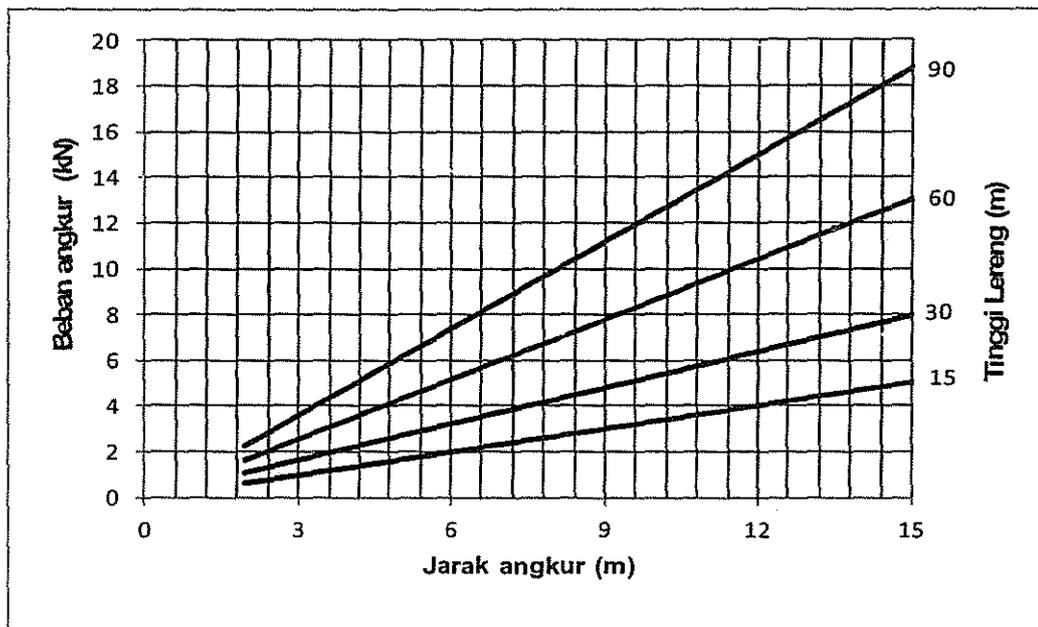
1. Nama proyek : nama proyek yang ditinjau
 2. Lokasi : lokasi proyek yang disurvei
 3. Koordinat : koordinat posisi lokasi pada ruas jalan yang disurvei
 4. Waktu survei : tanggal survei
 5. Petugas survei : nama petugas yang melakukan survei
 6. Sketsa : sketsa bentuk lereng dan informasi yang perlu sesuai pilihan bentuk lereng dan bentuk pandangan tampak depan lereng
- A Karakteristik lereng
1. Terdapat jatuhan batuan : deskripsi lereng yang disurvei, pilihlah yang sesuai. Jawab : ya atau tidak
 2. Luas area jatuhan batuan : luas area jatuhan batuan di lokasi yang disurvei (dalam meter persegi)
 3. Volume potensi jatuhan batuan : volume potensi jatuhan batuan yang terjadi di lokasi yang disurvei (dalam meter kubik)
 4. Volume jatuhan batuan : volume jatuhan batuan yang terjadi di lokasi yang disurvei (dalam meter kubik)
 5. Tipikal permukaan lereng : deskripsi lereng yang disurvei, pilihlah yang sesuai
 6. Stabilitas lereng : stabilitas lereng di lokasi yang disurvei
pilihan : baik, sedang, dan kuat
 7. Sifat batuan : sifat batuan di lokasi yang disurvei
pilihan : masif, fraktur, hancur
- B Dimensi lereng
1. Tinggi lereng : tinggi lereng yang mengalami runtuh batuan (dalam meter)
 2. Sudut lereng : sudut lereng yang mengalami runtuh batuan (dalam derajat)
 3. Panjang lereng : panjang lereng yang mengalami runtuh batuan (dalam meter)
 4. Dimensi blok batuan : dimensi blok batuan pada lereng (dalam meter)
 5. Dimensi blok jatuhan batuan : dimensi blok batuan pada lereng yang mengalami runtuh batuan (dalam meter)
 6. Jarak bahu jalan ke dasar lereng : jarak bahu jalan ke dasar lereng (dalam meter)
- C. Foto : nomor foto dokumentasi lereng
- D. Informasi lain tentang lereng yang disurvei : Catatan dan komentar yang perlu ditambahkan atau keterangan tambahan untuk lereng yang disurvei

2. **Melakukan evaluasi kondisi lahan**
Berdasarkan hasil survei dilakukan pembersihan vegetasi
3. **Melakukan pemilihan komponen jaring tirai**
Berdasarkan hasil survei ukuran blok batuan adalah $0,6 \text{ m} \leq 1,5 \text{ m}$ maka berdasarkan tabel 1 penanganan yang digunakan adalah jaring seling
4. **Menentukan panjang maksimum kabel seling penahan jaring batuan**
Berdasarkan tabel 5, dipilih kabel seling penahan jatuhnya batuan diameter 13 mm dengan panjang = 5 m
5. **Menentukan tipe pengeliman jaring tirai**
Pengeliman yang digunakan untuk jaring seling adalah menggunakan cincin baja
6. **Menentukan luas dan lokasi pemasangan jaring tirai**
Daerah potensi pemasangan jaring tirai
Lebar lereng penanganan = $4 + 100 + 4 = 108 \text{ m}$
Tinggi lereng penanganan = $60/\sin 60 = 69,28 \text{ m}$
Luas penanganan = $108 \times 69,28 = 7482,459 \text{ m}^2$
7. **Menentukan jarak dan jumlah angkur**
 - a. **Digunakan kapasitas angkur minimum 90 kN maka menggunakan metode empiris**
 - 1) Hitung jarak angkur berdasarkan tinggi lereng sesuai
 - 2) Tabel 7

Berdasarkan hasil survei kondisi lereng, tinggi lereng adalah 60 m. Sesuai tabel 6 maka jarak angkur adalah 10 m.

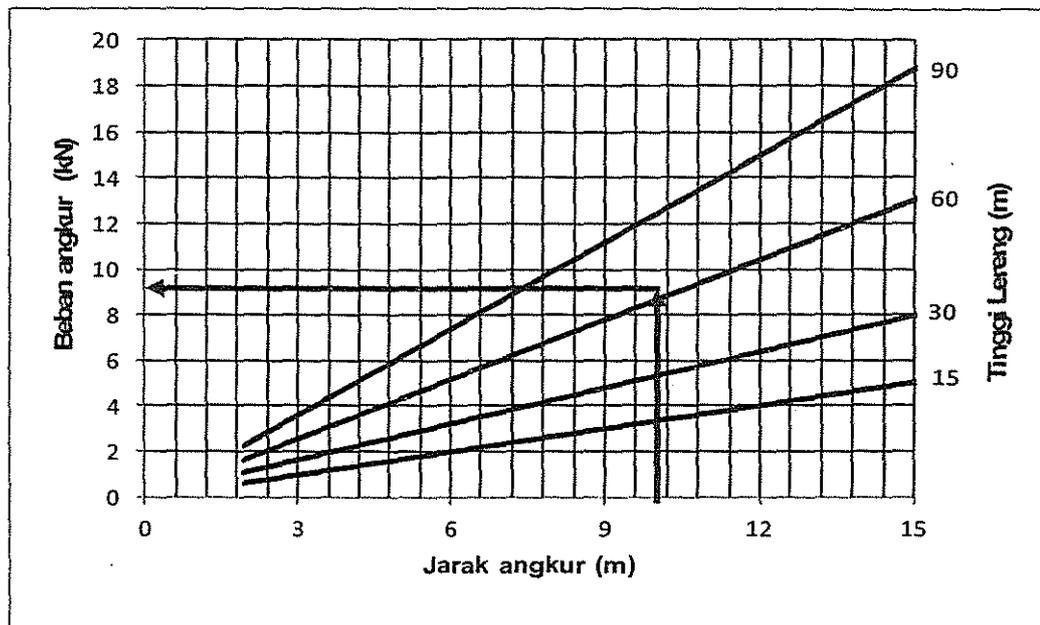
- 3) Pilih grafik yang berdasarkan tinggi lereng dan jarak maksimum sesuai ketentuan 4.2.6

Berdasarkan hasil survei kondisi lereng dan jenis bahan yang digunakan berupa kabel seling maka untuk menentukan beban angkur digunakan grafik A-10 pada Lampiran A atau Gambar E.2.



Gambar E.2 - Grafik A-10

- 4) Plot tinggi lereng dan jarak angkur maksimum pada grafik yang terpilih seperti pada Gambar E.3.



Gambar E.3 - Plot grafik jarak angkur vs tinggi lereng

Berdasarkan grafik pada Gambar E.3 maka dihasilkan pada beban angkur 9 kN

- 5) Hitung jumlah angkur

$$\begin{aligned} \text{Jumlah angkur} &= \frac{\text{lebar penanganan}}{\text{jarak angkur}} + 1 \\ &= \frac{108}{10} + 1 \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah angkur} = 12 \text{ buah}$$

Dari hasil plot dan perhitungan dihasilkan jumlah angkur = 12 buah dan jarak angkur = 10 m.

b. Digunakan kapasitas angkur maksimum 75 kN

- 1) Asumsikan jumlah angkur
Asumsi jumlah angkur = 11 buah

- 2) Hitung tahanan geser dan gaya yang bekerja

Tahanan geser tanpa mempertimbangkan interface ($f_w = 0$)

- a) Kapasitas angkur

$$\begin{aligned} f_a &= PJ \\ &= 11 \times 75 \\ f_a &= 825 \text{ kN} \end{aligned}$$

b) Tahanan antarmuka, $f_w = 0$

c) Beban debris

$$\phi_{cs} = \arctan\left(\frac{H_d}{w_d + \frac{H_d}{\tan\beta}}\right)$$

$$\phi_{cs} = \arctan\left(\frac{2}{1 + \frac{2}{\tan 60}}\right)$$

$$\phi_{cs} = 22,52 \text{ kN}$$

$$f_d = 0,5H_d^2\gamma_d w_d \cos\beta (\cot\phi_{cs} - \cot\beta) \tan\delta$$
$$= 0,5 \times (2)^2 \times 26 \times 1 \times \cos 60 (\cot 42,86 - \cot 60) \tan 60$$
$$f_d = 22,52 \text{ kN}$$

d) Berat debris

$$f_{dm} = 0,5H_d^2\gamma_d w_d \sin\beta (\cot\phi_{cs} - \cot\beta)$$
$$= 0,5 \times (2)^2 \times 26 \times 1 \times \sin 60 (\cot 42,86 - \cot 60)$$
$$f_{dm} = 22,52 \text{ kN}$$

e) Berat jaring

$$f_{wm} = \gamma_w S_w \sin\beta$$
$$= 0,02 \times 7482,459 \times \sin 60$$
$$f_{wm} = 129,6 \text{ kN}$$

3) Hitung faktor keamanan

$$FK = \frac{f_a + f_w + f_d}{f_{dm} + f_{wm}}$$

$$FK = \frac{810 + 0 + 22,56}{22,56 + 129,6}$$

$$FK = 5,58$$

$$\text{Jarak angkur} = \frac{\text{lebar penanganan}}{\text{jumlah angkur}-1}$$
$$= \frac{108}{11-1}$$

$$\text{Jarak angkur} = 10,8 \text{ m}$$

Dengan FK kapasitas angkur 75 kN dihasilkan jumlah angkur 11 buah dan jarak angkur 10 m

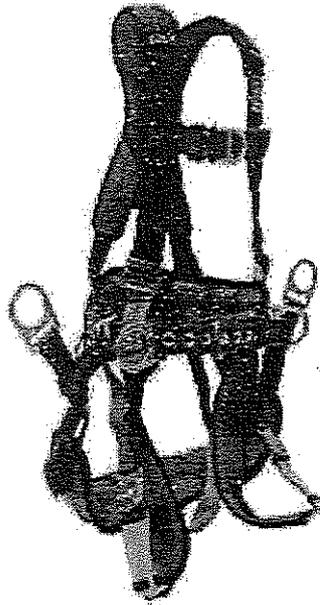
8. Pertimbangan estetika

Lokasi penanganan tidak berada di lokasi wisata maka tidak dilakukan pertimbangan estetika.

**Lampiran F
(informatif)**

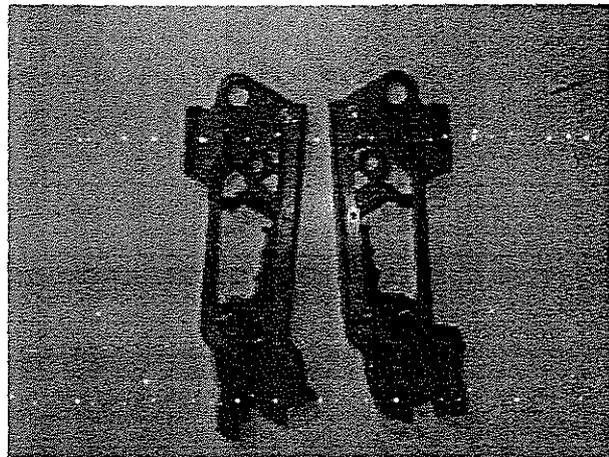
Contoh alat keselamatan

a) Tali tubuh



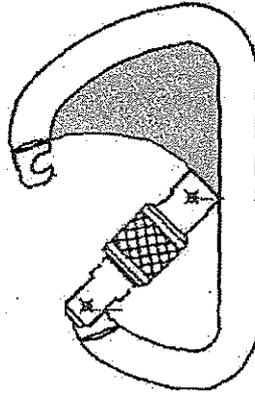
Gambar F.1 - Tali tubuh (sumber : *International safety equipment association*)

b) Alat turun naik



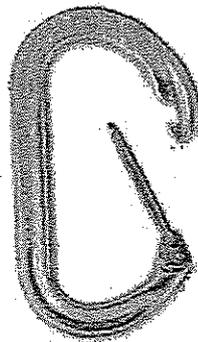
Gambar F.2 - Alat turun naik (sumber : *California Departmenty of Transportation*)

c) Cincin otomatis



Gambar F.3 - Cincin otomatis (sumber : California Departmenty of Transportation)

d) Cincin standar



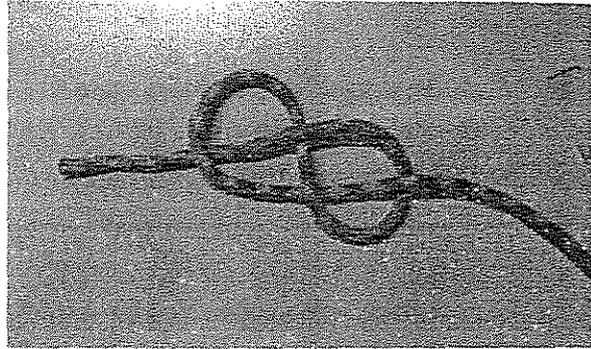
Gambar F.4 - Cincin standar (sumber : California Departmenty of Transportation)

a) Rantai daisy



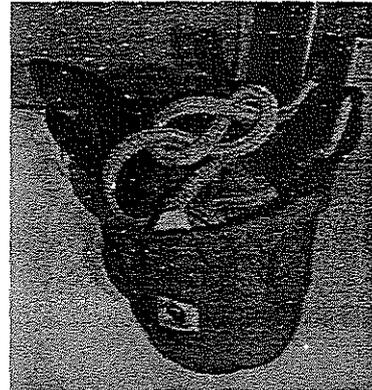
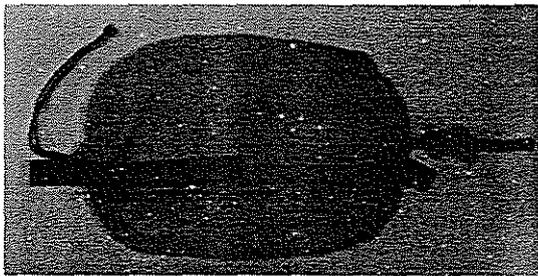
Gambar F.5 - Rantai daisy (sumber : California Departmenty of Transportation)

- b) Tali panjat statis
Tali untuk memanjat yang mempunyai daya lentur antara 0 – 6 %.



Gambar F.6 - Tali panjat statis (sumber : *California Departmenty of Transportation*)

- c) *Rope bag*



Gambar F.7 - *Rope bag* (sumber : *California Departmenty of Transportation*)

Bibliografi

California Department of Transportation. 2013. *Caltrans bank scaling and rock climbing*. V9.0.

FHWA, 1996. *Standard specifications for construction roads and bridges on federal highway projects*.

FHWA-CFL/TD-11-002, 2011. *Context sensitive rock slope design solutions*.

International Safety Equipment Association. 2011. *Use and selection personal fall protection equipment*. Edition 1.

Pusjatan. 2008. *Draft pedoman survey stabilitas lereng jalan*.

Satavalekar R, Shah A.J. 2011. *Rockfall analysis and application of available methods of mitigation to saptshrungi ghat roads*. Proceedings of Indian Geotechnical Conference (Paper No.P-299).

Tennessee Department of Transportation. 2009. *Special provision regarding pinned rockfall slope mesh*.

**Ditetapkan di Jakarta
pada tanggal 18 Mei 2015**

**MENTERI PEKERJAAN UMUM
DAN PERUMAHAN RAKYAT,**



M. BASUKI HADIMULJONO