

PENERAPAN TEKNOLOGI *HYDROSEEDING* DIKOMBINASI DENGAN MATRAS ORGANIK DI LERENG JALAN BEBAS HAMBATAN MANADO–BITUNG

Asep Sunandar

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan
dan Jembatan, Kementerian PUPR
Jln. A.H. Nasution No. 264
Bandung 40294
asep.sunandar@pusjatan.pu.go.id

Indra Andika Prananda

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan
dan Jembatan, Kementerian PUPR
Jln. A.H. Nasution No. 264
Bandung 40294
indra.andika@pusjatan.pu.go.id

Abstract

Erosion problems on the Manado-Bitung Freeway slopes occur because the slope is greater than 45 degrees with erosion-prone soil conditions. The treatment effort that can be done is to use hydroseeding technology, which is cheap, environmentally friendly, and fast in its implementation. But this technology still has shortcomings when applied to slopes greater than 45 degrees, so it needs to be combined with an erosion control mattress made from organic material. The purpose of this study is to evaluate the performance of the application of hydroseeding technology combined with organic mattresses on the slopes of the Manado-Bitung Freeway. The study was carried out through field trials on prepared experimental plots, utilizing the seeds of the *colopogonium mucunoides*, *centrosoma pubescent*, and *pueraria javanica* vegetation, combined with organic mattresses. The observation results show that, in the first month, the proportion of vegetation cover, by *colopogonium mucunoides* vegetation reaches 70% to 85%, by *pubescent centrosoma* vegetation reaches 75% to 80%, and by *pueraria javanica* vegetation reaches 50% to 60%. The quality of this growth is increasing in the second month, with a maximum vegetation cover rate of 90%. Soil erosion can be reduced up to nearly 100% with light to heavy rainfall.

Keywords: erosion; freeway slope; hydroseeding; vegetation seeds; organic mattress.

Abstrak

Masalah erosi di lereng Jalan Bebas Hambatan Manado–Bitung terjadi karena kemiringan lereng lebih besar dari 45 derajat dengan kondisi tanah yang rawan erosi. Upaya penanganan yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan teknologi *hydroseeding*, yang murah, ramah lingkungan, dan cepat dalam pelaksanaannya. Tetapi teknologi ini masih memiliki kekurangan bila diterapkan pada lereng dengan kemiringan yang lebih besar daripada 45 derajat, sehingga perlu dikombinasi dengan matras pengendali erosi yang berbahan organik. Tujuan studi ini adalah mengevaluasi kinerja penerapan teknologi *hydroseeding* yang dikombinasi dengan matras organik. Penelitian dilakukan melalui uji coba lapangan pada petak-petak percobaan yang telah disiapkan, dengan memanfaatkan biji-biji vegetasi *colopogonium mucunoides*, *centrosoma pubescent*, dan *pueraria javanica*, serta menggunakan matras organik. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa, pada bulan pertama, proporsi penutupan oleh vegetasi *colopogonium mucunoides* mencapai 70% hingga 85%, oleh vegetasi *centrosoma pubescent* mencapai 75% hingga 80%, dan oleh vegetasi *pueraria javanica* mencapai 50% hingga 60%. Kualitas pertumbuhan ini semakin meningkat pada bulan kedua, dengan penutupan maksimal mencapai 90%. Erosi permukaan tanah dapat direduksi hingga mendekati 100% dengan curah hujan ringan sampai dengan berat.

Kata-kata kunci: erosi; lereng jalan; *hydroseeding*; biji vegetasi; matras organik.

PENDAHULUAN

Ketidakstabilan lereng jalan merupakan masalah yang sering dijumpai di Indonesia. Pada waktu musim hujan sering terjadi peristiwa pengikisan tanah yang berlebihan, atau

yang sering disebut dengan erosi, yang mengakibatkan tanah di sekitar lereng menjadi rusak dan erosi yang terjadi terus-menerus dapat mengakibatkan bencana longsor (Sagitha et al., 2016).

Kestabilan lereng merupakan syarat mutlak yang harus diperhatikan bagi pengelola jalan. Erosi dan longsor dangkal sering terjadi pada lereng jalan yang mengharuskan untuk memotong perbukitan, terutama pada lereng tanah berpasir (*regosol* atau *psamment*), andosol (*andisols*), tanah dangkal berbatu (*litosol* atau *entisols*), dan tanah dangkal berkapur (*renzina* atau *mollisols*).

Kemiringan dan panjang lereng merupakan 2 variabel topografi yang paling berpengaruh dalam analisis erosi dan aliran permukaan. Semakin curam lereng, semakin mudah lereng tersebut tererosi (Wischmeier dan Smith, 1978).

Berdasarkan pengamatan di lapangan, kondisi lereng pada jalan akses Manado–Bitung STA 0+900 sampai dengan STA 0+(-)300 tidak ditumbuhi oleh vegetasi, dan hanya di bagian bawah lereng ditumbuhi ilalang. Hilangnya tanah lapisan atas yang subur menyebabkan lereng jalan tidak ditumbuhi oleh vegetasi, sehingga berpotensi terjadinya erosi. Selain itu, terlihat adanya erosi alur akibat limpasan air hujan pada permukaan lereng. Erosi alur merupakan akibat pengikisan tanah oleh aliran air yang membentuk parit atau saluran kecil. Aliran air telah membentuk bagian tersebut menjadi konsentrasi aliran air hujan di permukaan lereng (Arsyad, 2006). Aliran air menyebabkan pengikisan tanah pada lereng, yang selanjutnya membentuk alur-alur dangkal pada permukaan tanah, yang arahnya dari atas memanjang ke bawah. Di beberapa bagian, lereng sudah membentuk erosi parit. Bila dibiarkan tanpa penanganan, hal tersebut dapat memicu terjadinya longsor, yang berakibat terjadinya gangguan pada lalu lintas dan keselamatan pengguna jalan.

Pada kemiringan 45° sampai dengan 60° selimut pengendali erosi berupa *jutenet* dan *coirblanket* dapat mengurangi erosi permukaan sampai dengan 90%, karena berkurangnya kecepatan aliran limpasan air hujan serta permukaan tanah menjadi terlindungi dari gerusan air (Kalibová et al., 2016). Karena itu, perlu dilakukan penanganan baik secara mekanis, vegetatif, atau kombinasi keduanya. Salah satu upaya penanganan yang dapat dilakukan adalah dengan teknologi *hydroseeding*. Tujuan kajian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja penerapan teknologi *hydroseeding* yang dikombinasi dengan matras organik di lereng Jalan Bebas Hambatan Manado–Bitung.

MATERIAL HYDROSEEDING

Hydroseeding adalah teknik atau metode penanaman dengan menggunakan campuran utama antara air dan biji. Teknik atau metode ini merupakan proses pencampuran dan pengadukan benih, air, pupuk, mulsa, dan pembenah tanah atau perekat dalam suatu tangki, kemudian disemprotkan pada permukaan tanah atau lereng dengan *Hydroseeder* (Wagenbrenner et al., 2006). Ketika disemprotkan, mulsa bersama dengan pupuk dan benih rumput akan bertindak sebagai lapisan dasar penyerap, menjaga kelembaban yang mempercepat

perkecambahan benih rumput, dan pada saat yang sama membentuk penutup untuk mencegah erosi tanah pada lereng (Sharma dan Bhardwaj, 2017). *Hydroseeder* dilengkapi selang yang panjangnya 25 m hingga 50 m untuk memudahkan penyemprotan pada lereng jalan yang curam dan sulit dijangkau dengan teknik penanaman manual. Selain perlindungan lereng dari erosi, tanaman hasil *hydroseeding* juga tumbuh bersamaan sehingga menambah nilai estetis pada lereng jalan.

Jenis biji vegetasi yang banyak digunakan dalam teknologi *hydroseeding* pada lereng jalan adalah jenis rumput, seperti bahia, rodhes, dan signal. Sementara itu, contoh untuk jenis dan *legum cover crops* (LCC) adalah *Centrosema pubescens* (Cp), *Colopogonium mucunoides* (Cm), dan *Pueraria javanica* (Pj). Tanaman LCC ini dapat memperbaiki sifat kimia tanah, seperti pH, Al, dan N, serta dapat melindungi tanah dari erosi (Oktabriana dan Syofiani, 2017).

Mulsa yang sering digunakan dalam campuran *hydroseeding* adalah mulsa jerami, sekam padi, limbah kertas, dan limbah serutan kayu. Pemberian serutan kayu dengan *polyacrilamide* (PAM) dalam campuran *hydroseeding* dapat meningkatkan kestabilan tanah, porositas, dan C-organik, serta menurunkan bobot isi tanah (Sunandar dan Mulyani, 2017). Diameter mulsa serutan kayu yang disarankan adalah kurang dari 0,5 cm disesuaikan dengan *nozzle hydroseeder* agar tidak menyumbat pada saat proses penyemprotan berlangsung.

Pembenah tanah atau perekat (*soil conditioner*) dapat digunakan untuk mempercepat pemulihan kualitas tanah. Penggunaan pembenah tanah ini utamanya ditujukan untuk memperbaiki kualitas fisik, kimia, dan/atau biologi tanah, sehingga produktivitas tanah menjadi optimum. Pembenah tanah ada yang bersifat alami maupun bersifat buatan (sintetis). Berdasarkan senyawa atau unsur pembentuk utamanya, pembenah tanah bisa dibedakan sebagai pembenah tanah organik, pembenah tanah hayati, dan pembenah tanah mineral.

Penggunaan pembenah tanah yang bersumber dari bahan organik sebaiknya menjadi prioritas utama. Selain terbukti efektif dalam memperbaiki kualitas tanah dan produktivitas lahan, juga bersifat terbarukan, insitu, relatif murah, serta bisa mendukung konservasi karbon dalam tanah. Kelemahannya adalah dibutuhkan dalam dosis yang relatif tinggi. Beberapa pembenah mineral juga efektif dalam meningkatkan kualitas tanah, namun tetap harus disertai dengan penggunaan pembenah tanah organik. Penggunaan pembenah tanah sintetis perlu diuji terlebih dahulu dari segi dampak negatifnya terhadap lingkungan, selain pertimbangan harga, yang umumnya relatif mahal, meski dosis yang digunakan relatif rendah. Bahan pembenah organik yang banyak digunakan adalah kapur pertanian, fosfat alam, zeolit, aspal emulsi, lateks, atau skim lateks. Bahan pembenah tanah sintetis yang sudah banyak tersedia di pasaran adalah, *polyacrylamide* (PAM), *vinyl acetate malic acid copolymer* (VAMA), *sodium polyacrylonitrile* (HPAN), dan *hydrostock*. Sementara itu, pembenah tanah hayati adalah *bio soil neutralizer* (Dariah et al., 2015).

Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan, dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair. Pupuk ini dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Hartatik dan Widowati, 2015).

Kualitas air yang digunakan untuk penyiraman campuran material *hydroseeding* selama masa penanaman dan menjaga masa pertumbuhan rumput mengacu pada persyaratan menurut Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Air yang dapat digunakan adalah air dengan klasifikasi mutu air kelas 2, kelas 3, dan kelas 4 untuk tanaman pertanian.

Kompos merupakan bahan organik, seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, rumput-rumputan, dedak padi, batang jagung, sulur, carang-carang, serta kotoran hewan yang telah mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme pengurai, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah. Kompos mengandung hara-hara mineral yang esensial bagi tanaman dan dapat memperbaiki struktur tanah yang semula padat menjadi gembur, sehingga mempermudah pengolahan tanah (Setyorini et al., 2006). Kompos juga merupakan sumber hara makro dan mikromineral yang lengkap, meskipun dalam jumlah yang relatif kecil.

Matras organik atau Selimut Pengendali Erosi organik terbuat dari 100% serat alami sabut kelapa, dengan bagian atas dan bawah yang dapat terurai dijahit bersama sehingga membentuk jaring dengan ukuran 25 m x 2 m. Matras organik berfungsi untuk menahan pembibitan dan mencegah kehilangan tanah sampai vegetasi dapat berdiri sendiri. Selain itu, matras organik dapat mengurangi kecepatan penguapan air, sehingga kelembaban dan temperatur dapat dijaga dengan baik. Keuntungan lainnya adalah mempercepat pertumbuhan vegetasi sebelum matras tersebut terurai dan rusak sampai menjadi bagian tanah. Matras organik dihamparkan pada permukaan lereng yang telah disiapkan dan diangkur pada tanah dengan menggunakan angkur atau staples untuk menahan matras agar berada pada tempatnya (Kalibová et al., 2016). Setelah itu bisa dilakukan penanaman vegetasi jenis rumput atau *legum cover crop* dengan teknik *hydroseeding*.

Dari uraian pendahuluan dan permasalahan yang terjadi di atas dapat diduga bahwa:

- 1) Kombinasi PAM dan Lateks serta pemanfaatan matras organik dapat memengaruhi pertumbuhan vegetasi.
- 2) Kombinasi teknologi *hydroseeding* dan matras organik dapat meningkatkan kemampuan dalam menurunkan erosi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan suatu penelitian terapan, berupa uji coba lapangan dengan pembuatan prototipe teknologi *hydroseeding* dikombinasikan dengan matras organik di suatu lereng jalan. Lokasi yang dipilih adalah lereng jalan di Jalan Bebas Hambatan Manado–Bitung, STA 0+900 sampai dengan STA 0+(-300), dengan luas area 4.000 m² dan kemiringan 55°.

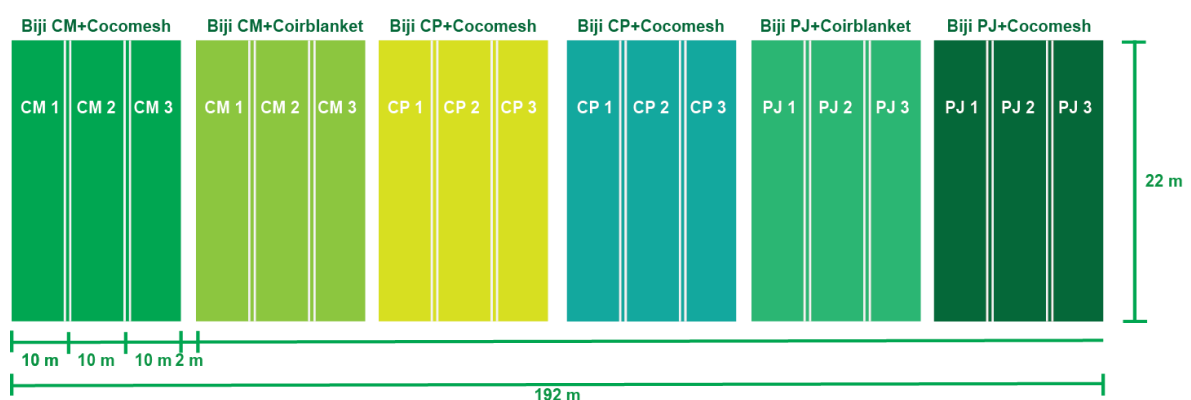
Kegiatan penerapan teknologi *hydroseeding* dilakukan melalui pendekatan petak uji coba dengan ukuran 22 m x 10 m untuk setiap perlakuan. Dasar penentuan luasan petak percobaan tersebut mengacu pada Universal Soil Loss Equation (USLE), dengan panjang

kemiringan lereng minimal adalah 72,6 ft atau 22 m, sedangkan lebar petak percobaan tidak ditentukan secara spesifik (Wischmeier dan Smith, 1978). Namun demikian, berdasarkan kajian Kunu (2012), petak percobaan yang digunakan untuk kajian erosi permukaan lereng di Gunung Nona Ambon menggunakan panjang 22 m dan lebar 2 m. Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Pramono et al. (2015) untuk mengetahui pengaruh tanaman setahun, ukuran petak yang digunakan adalah 22 m x 2 m, dan untuk evaluasi tahunan petak yang digunakan adalah 22 m x 4 m. Untuk pembuatan prototipe *hydroseeding*, penggunaan lebar petak 4 m dipandang kurang efektif. Hal ini disebabkan karena daya dan sebaran material *hydroseeding* yang disemprotkan melalui *nozzle* akan melebihi 4 m. Oleh karena itu, untuk kemudahan penyemprotan dan efektivitas material agar tidak terbuang disarankan lebar petak uji coba minimal 10 m.

Dalam kegiatan ini ada 2 variabel penelitian yang digunakan, yaitu penggunaan biji vegetasi dan matras. Biji vegetasi yang digunakan terdiri atas 3 jenis Lower Crop Community (LCC), yaitu: (i) *Pueraria javanica* (Pj), (ii) *Centrosoma pubescent* (Cp), dan (iii) *Colopogonium mucunoides* (Cm). LCC merupakan jenis tanaman yang dapat tumbuh dan menutup permukaan lereng, sehingga dapat berfungsi sebagai penanganan erosi permukaan.

Matras yang digunakan terdiri atas 2 jenis, yaitu: (i) *cocomesh* dan (ii) *coirblanket*. Matras tersebut berbahan dasar serabut kelapa yang dijalin membentuk anyaman seragam yang bersifat ramah lingkungan.

Masing-masing variabel dikombinasikan sehingga memperoleh 6 kombinasi. Berdasarkan uji statistika Gaspersz (1995), untuk memperoleh data yang akurat dan valid yang mewakili erosi permukaan yang terjadi di lereng tersebut setiap kombinasi perlakuan diulang minimal sebanyak 3 kali, sehingga jumlah total petak yang harus disiapkan adalah 18 petak, dengan ukuran masing-masing petak 22 m x 10 m. Berdasarkan pertimbangan alasan ini, diperoleh luasan uji coba yang dibutuhkan adalah 3.960 m² (18 petak x 220 m² = 3.960 m²) atau dibulatkan menjadi 4.000 meter² (lihat Gambar 1).



Gambar 1 Sketsa Petak Uji Coba Kombinasi Biji Vegetasi dengan Matras *Cocomesh* dan *Coirblanket*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan Lahan

Pekerjaan persiapan lahan merupakan tahap awal kegiatan ini. Pekerjaan utama dalam persiapan ini adalah pematokan areal penerapan, pembersihan lereng dari tanaman liar, dan pembersihan saluran dari sedimentasi. Sekitar 10% lereng yang ada ditumbuhi oleh tanaman liar, sedangkan sedimentasi menutupi sekitar 70% saluran yang ada. Kendala yang dihadapi pada tahap persiapan adalah kontur lereng yang terjal dan cuaca yang ekstrem. Dengan adanya pembersihan ini diharapkan lereng menjadi lebih aman dari limpasan air hujan dan mempermudah pekerjaan pada tahap selanjutnya. Selanjutnya, untuk menjaga keberadaan lereng dilakukan pembersihan saluran secara rutin, untuk menjaga agar lereng aman terhadap erosi dan limpasan air hujan (lihat Gambar 2).



Gambar 2 Persiapan Lahan, Pematokan, dan Pembersihan Saluran

Pemasangan Matras

Pekerjaan penanganan erosi diterapkan pada lereng yang rawan mengalami erosi permukaan atau memiliki sudut kemiringan di atas 45 derajat. Pekerjaan penanganan erosi hanya dilaksanakan pada permukaan lereng yang telah dinyatakan stabil, sebelum atau setelah penghamparan matras atau selimut. Penerapan teknologi *hydroseeding* pada studi ini mengkombinasikan antara matras *cocomesh* atau *coirblanket* dengan vegetasi. Kalibova et al. (2016) menyatakan bahwa vegetasi dapat mengurangi erosi pada lereng yang curam. Kombinasi matras pengendali erosi sangat efektif dalam mengurangi erosi permukaan pada lereng sampai dengan 99,4%, sebelum vegetasi menutupi permukaan lereng.

Matras *cocomesh* dan *coirblanket* merupakan material yang ramah lingkungan karena mudah terurai. Kualitas matras *cocomesh* dan *coirblanket* merupakan hal penting dalam kegiatan ini. Fungsi kombinasi *hydroseeding* dengan matras, selain mengurangi erosi permukaan lereng, dapat juga mengurangi kecepatan penguapan air, sehingga kelembaban dan temperatur dapat dijaga untuk mempercepat perkecambahan dan pertumbuhan vegetasi sebelum matras tersebut terurai dan menyatu dengan tanah.

Untuk memantau efektivitas pemasangan matras *cocomesh* dan *coirblanket* dalam upaya mengurangi erosi pada permukaan lereng, perlu dilakukan pengamatan setelah mema-

suki musim hujan. Kendala selama proses pemasangan adalah pengangkutan material menuju lereng atas, kondisi lereng yang curam, struktur tanah yang keras, dan kondisi iklim yang ekstrem, yang dapat menghambat proses pemasangan (lihat Gambar 3).



Gambar 3 Pemasangan Matras *Cocomesh* dan *Coirblanket*

Pencampuran dan Penyemprotan Material

Proses penyemprotan campuran material *hydroseeding* membutuhkan beberapa tahapan pekerjaan, yaitu: (1) persiapan material, alat, dan SDM, (2) pencampuran material *hydroseeding*, serta (3) proses penyemprotan itu sendiri (lihat Gambar 4). Tahapan-tahapan tersebut mengacu pada pedoman penerapan teknologi *hydroseeding* untuk pengendalian erosi permukaan lereng jalan yang telah disusun oleh Puslitbang Jalan dan Jembatan.



Gambar 4 Pencampuran dan Penyemprotan Material *Hydroseeding*

Pencampuran material *hydroseeding* adalah salah satu tahap penting dalam teknologi *hydroseeding*. Secara umum, pekerjaan pencampuran dan penyemprotan material *hydroseeding* merupakan bagian proses penanaman vegetasi yang sangat cepat dan tepat dalam

upaya pengendalian erosi permukaan. Material yang dicampurkan harus sesuai dengan kualitas, kuantitas, dan urutannya. Material *hydroseeding* yang sudah tercampur dengan homogen dapat disemprotkan pada luasan 250 m² hingga 300 m² dengan waktu penyemprotan selama 10 menit hingga 15 menit dan tenaga kerja yang relatif sedikit, yaitu 5 orang. Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik, dilakukan minimal 3 lapis penyemprotan dan proses penyemprotan material dilakukan pada awal musim hujan.

Pemeliharaan dan Penjagaan Masa Pertumbuhan

Pekerjaan pemeliharaan dan penjagaan masa pertumbuhan merupakan tahap akhir kegiatan penerapan teknologi *hydroseeding*, yang juga merupakan salah satu faktor penentu dalam pertumbuhan tanaman. Semakin baik cara pemeliharaan tanamannya, semakin tinggi pertumbuhan tanaman. Faktor-faktor lingkungan yang memengaruhi pertumbuhan tanaman adalah temperatur, ketersediaan air, energi matahari, mutu atmosfer, struktur dan komposisi udara tanah, reaksi tanah, serta organisme tanah. Pada umumnya kegiatan penjagaan masa pertumbuhan dan pemeliharaan meliputi penyiraman, pemupukan, pengendalian hama penyakit, dan penyulaman. Namun demikian, tidak semua kegiatan pemeliharaan ini perlu dilakukan, dan yang utama untuk dilakukan adalah penyiraman, penyulaman, dan pemupukan.



Gambar 5 Pemeliharaan dan Menjaga Masa Pertumbuhan Vegetasi

Keberhasilan pertumbuhan vegetasi yang ditanam melalui teknologi *hydroseeding* di lereng Jalan Bebas Hambatan Manado–Bitung tidak hanya bergantung pada proses penanaman, tetapi juga pada pemeliharaan. Tiga unsur utama dalam pemeliharaan yang tidak boleh dilewatkan adalah penyiraman, penyulaman, dan pemupukan (lihat Gambar 5). Beberapa kendala umum yang sering dihadapi selama proses pemeliharaan adalah sumber air yang jauh sehingga diperlukan waktu yang cukup lama, kontur lereng yang cukup terjal dan panjang yang mempersulit jangkauan penyiraman, serta biji vegetasi yang dimakan oleh burung. Selain itu, keberhasilan dapat terhambat jika dilakukan pada kondisi cuaca yang ekstrem, misalnya pada musim kemarau.

Monitoring dan Evaluasi

Pertumbuhan Vegetasi

Vegetasi merupakan lapisan pelindung atau penyangga antara atmosfer dan tanah. Bagian vegetasi yang ada di atas permukaan tanah, seperti daun dan batang, menyerap energi perusak hujan, sehingga mengurangi erosi (Arsyad, 2006). Bagian vegetasi yang ada di dalam tanah, yang terdiri atas sistem perakaran, meningkatkan kekuatan mekanik tanah (Morgan dan Rickson, 2011). Pertumbuhan vegetasi dipengaruhi oleh 2 faktor, yaitu faktor dalam dan faktor luar lingkungan. Pertumbuhan vegetasi dapat dimasukkan dalam faktor lingkungan, yaitu adanya peranan manusia dalam memperbaiki kondisi tanah, melalui pemberian mulsa, bahan pemantap tanah, pupuk, dan air, sehingga memengaruhi pertumbuhan vegetasi.

Vegetasi yang ditanaman melalui teknologi *hydroseeding* memiliki kelebihan dari segi kualitas pertumbuhan. Pada bulan pertama, proporsi penutupan lereng oleh vegetasi dapat mencapai minimal 50% hingga 60% untuk LCC Pj, 70% hingga 85% untuk LCC Cm, dan 75% hingga 80% untuk Cp, disertai dengan kondisi vegetasi yang baik, yang ditunjukkan oleh warna daun hijau dan tumbuh menjalar. Kualitas pertumbuhan ini akan semakin meningkat pada bulan kedua, dengan penutupan maksimal mencapai 90%. Kualitas ini tentunya didukung oleh waktu kecambah dan pertumbuhan tinggi vegetasi yang sesuai dengan sifat morfologis masing-masing vegetasi. Selain itu, pemanfaatan biji millet sebagai vegetasi perintis sangat bermanfaat dalam menjaga kelembaban dan temperatur tanah, sehingga pertumbuhan LCC menjadi lebih baik, seperti terlihat pada Gambar 6. Untuk memaksimalkan pertumbuhan vegetasi-vegetasi LCC Cm, Cp, dan Pj, penanaman sebaiknya dilakukan pada awal musim hujan.



Gambar 6 Monitoring Pertumbuhan Vegetasi pada Lereng

Monitoring Intensitas Hujan

Pada penelitian ini pengamatan curah hujan dilakukan secara visual dan digunakan data sekunder dari BMKG Manado untuk rentang waktu 5 tahun terakhir. Secara visual, selama studi ini dilaksanakan, yaitu bulan September hingga bulan November tahun 2018, curah hujan yang terjadi relatif tidak merata, atau hujan setempat, dengan periode yang

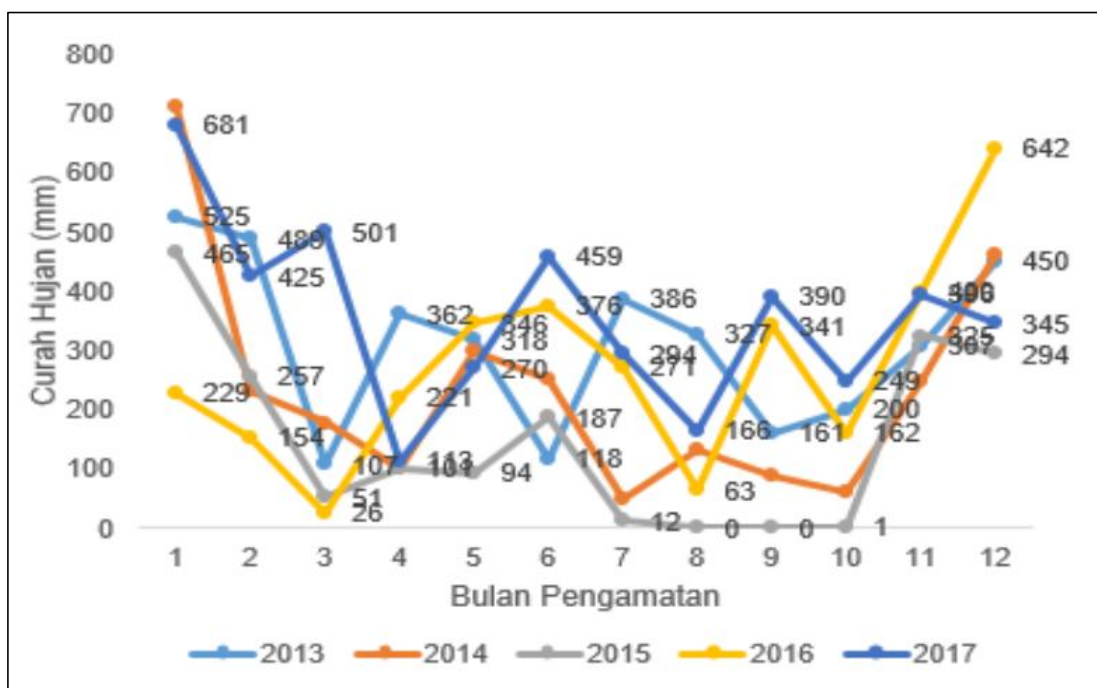
relatif singkat. Curah hujan mulai meningkat pada akhir bulan Oktober, dengan intensitas hujan dari ringan hingga berat. Data pengamatan visual curah hujan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Klasifikasi Curah Hujan Bulan September Hingga Bulan November Tahun 2018

No.	Bulan	Pengamatan Sesaat		Katagori (BMKG)
		Visual	Durasi (menit)	mm/jam
1	September	Kering	-	-
2	Oktober	Ringan	30	Ringan (1–5)
		Sedang	30–60	Sedang (5–10)
		Lebat	-	Lebat (10–20)
3	November	Ringan	30–60	Ringan (1–5)
		Sedang	60–120	Sedang (5–10)
		Lebat	60–120	Lebat (10–20)

Sumber: Pusjatan (2018)

Data sekunder curah hujan 5 tahun terakhir menunjukkan bahwa rentang curah hujan kumulatif pada bulan September berkisar antara 89 mm hingga 390 mm (rendah hingga tinggi), pada bulan Oktober antara 1 mm hingga 249 mm (rendah hingga menengah), dan pada bulan November antara 248 mm hingga 400 mm (menengah hingga tinggi). Dari data tersebut terlihat bahwa adanya pergeseran musim hujan, yang pada 5 tahun terakhir musim hujan masih terjadi pada bulan September, dan pada tahun 2018 pada bulan tersebut masih masuk dalam musim kemarau. Memasuki bulan Oktober 2018, curah hujan mulai terjadi, tetapi masih relatif rendah, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Sumber: BMKG (2018)

Gambar 7 Curah Hujan 5 Tahun Terakhir Stasiun Klimatologi Minahasa Utara

Pengaruh Vegetasi dan Intensitas Hujan terhadap Erosi Permukaan secara Visual

Hubungan antara intensitas curah hujan dan penutupan (kanopi) vegetasi jenis LCC dengan erosi dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3. Data tersebut memperlihatkan bahwa erosi permukaan dapat direduksi hingga mendekati 100% pada curah hujan ringan sampai dengan berat. Selain itu, kemampuan mereduksi tersebut meningkat dengan adanya pemasangan matras dan penggunaan lateks pada setiap perlakuan. Namun demikian, di beberapa area terlihat adanya jejak erosi yang berasal dari permukaan lereng yang tidak ditangani oleh teknologi *hydroseeding*, yang melimpah ke permukaan lereng yang ditangani. Permukaan lereng tersebut berada pada lereng level-level 4, 5, dan 6 (lihat Gambar 8).

Tabel 2 Hubungan Intensitas Hujan, Penutupan Vegetasi LCC, dan Erosi Permukaan secara Visual pada Bulan Oktober 2018

No.	Perlakuan	Pengamatan		Erosi Permukaan Secara Visual
		Persentase Penutupan Bulan Ke-1	Curah Hujan	
1	<i>Cocomesh + Calopogonium mucunoides (Cm)</i>	70–75	Ringan–sedang	Tidak terjadi (0%)
2	<i>Coirblanket + Calopogonium mucunoides (Cm)</i>	70–75	Ringan–sedang	Tidak terjadi (0%)
3	<i>Cocomesh + Centrosoma pubescent (Cp)</i>	75–80	Ringan–sedang	Tidak terjadi (0%)
4	<i>Coirblanket + Centrosoma pubescent (Cp)</i>	75–80	Ringan–sedang	Tidak terjadi (0%)
5	<i>Coirblanket + Pueraria javanica (Pj)</i>	50–60	Ringan–sedang	Tidak terjadi (0%)
6	<i>Cocomesh + Pueraria javanica (Pj)</i>	50–60	Ringan–sedang	Tidak terjadi (0%)

Sumber: Pusjatan (2018)



Gambar 8 Limpasan Erosi Permukaan dari Lereng yang Tidak Ditangani

Tabel 3 Hubungan Intensitas Hujan, Penutupan Vegetasi LCC, dan Erosi Permukaan secara Visual pada Bulan November 2018

No.	Perlakuan	Pengamatan		Erosi Permukaan Secara Visual
		Persen Penutupan Bulan Ke-2	Curah Hujan	
1	<i>Cocomesh + Calopogonium mucunoides (Cm)</i>	80–85	Ringan–sedang Sedang–lebat	Tidak terjadi (0%) Sedikit terjadi erosi yang berasal dari limpasan lereng bagian atas
2	<i>Coirblanket + Calopogonium mucunoides (Cm)</i>	80–85	Ringan–sedang Sedang–lebat	Tidak terjadi (0%) Sedikit terjadi erosi yang berasal dari limpasan lereng bagian atas
3	<i>Cocomesh + Centrosoma pubescent (Cp)</i>	85–90	Ringan–sedang Sedang–lebat	Tidak terjadi (0%) Sedikit terjadi erosi yang berasal dari limpasan lereng bagian atas
4	<i>Coirblanket + Centrosoma pubescent (Cp)</i>	85–90	Ringan–sedang Sedang–berat	Tidak terjadi (0%) Sedikit terjadi erosi yang berasal dari limpasan lereng bagian atas
5	<i>Coirblanket + Pueraria javanica (Pj)</i>	75–80	Ringan–sedang Sedang–lebat	Tidak terjadi (0%) Sedikit terjadi erosi yang berasal dari limpasan lereng bagian atas
6	<i>Cocomesh + Pueraria javanica (Pj)</i>	75–80	Ringan–sedang Sedang–lebat	Tidak terjadi Sedikit terjadi erosi yang berasal dari limpasan lereng bagian atas

Sumber: Pujatan (2018)

KESIMPULAN DAN SARAN

Pertumbuhan vegetasi, yaitu waktu kecambah dan penutupan, tidak dipengaruhi oleh kombinasi PAM dan Lateks serta pemanfaatan matras *cocomesh* dan *coirblanket*. Waktu kecambah vegetasi berbeda-beda bergantung pada jenis dan morfologi vegetasinya. Pada bulan pertama, proporsi penutupan vegetasi untuk *Calopogonium mucunoides* (Cm) mencapai 70% hingga 85%, untuk *Centrosoma pubescen* (Cp) mencapai 75% hingga 80%, dan untuk *Pueraria javanica* (Pj) mencapai 50% hingga 60%. Kualitas pertumbuhan ini akan semakin meningkat pada bulan kedua, dengan penutupan maksimal mencapai 90%.

Erosi permukaan tanah dapat direduksi hingga mendekati 100% dengan penerapan campuran *hydroseeding* menggunakan jenis vegetasi Cp, Cm, dan Pj yang diamati pada curah hujan ringan sampai dengan berat. Selain itu, kemampuan mereduksi teknologi *hydroseeding* meningkat dengan adanya pemasangan matras dan penggunaan lateks pada setiap perlakuan. Dengan demikian teknologi *hydroseeding* ini dapat diterapkan pada lereng jalan di lokasi-lokasi lain yang memiliki karakteristik tanah dan cuaca yang dengan lokasi studi ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada manajemen, para peneliti, perekayasa. dan teknisi yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Penerbit IPB Press.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N.L., Hartatik, W., dan Pratiwi, E. 2015. *Pembenah Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian*. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9 (2): 67–84.
- Gaspersz, V. 1995. *Teknik Analisis dalam Penelitian Percobaan*. Bandung: PT Tarsito.
- Hartatik, W., Husnain, dan Widowati, L.R. 2015. *Peranan Pupuk Organik dalam Peningkatan Produktivitas Tanah dan Tanaman*. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9 (2): 107–120.
- Kalibová, J., Jačka L., dan Petrů, J. 2016. *The Effectiveness of Jute and Coir Blankets for Erosion Control in Different field and Laboratory Conditions*. *Solid Earth*, 7 (2): 469–479.
- Kunu, P.J. 2012. *Efektivitas Indeks Erosivitas Hujan dalam Memprediksi Erosi Tanah di Pulau Ambon*. *Ekologi dan Sains*, 1 (1): 14–20.
- Morgan, R.P.C. dan Rickson, R.J. 2011. *Slope Stabilization and Erosion Control: A Bioengineering Approach: A Bioengineering Approach*. London: Taylor & Francis.
- Oktabriana, G. dan Syofiani, R. 2017. *Pemanfaatan Legum Cover Crop untuk Memperbaiki Sifat Kimia Tanah pada Lahan Bekas Tambang Emas di Kabupaten Sijunjung*. *Agrosains dan Teknologi*, 2 (2): 135–140.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001, tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air. Jakarta.
- Pramono, A.A., Siregar, I.Z., Palupi, E.P., dan Kusmana, C. 2015. *Hubungan antara Status Nutrisi dengan Produksi Buah dan Benih Surian ((A. Juss.) M. Roem) di Hutan Rakyat*. *Penelitian Hutan Tanaman*, 12 (3): 189–200.
- Sagitha, R.A., Jaya, F.S., dan Hartanto, D. 2016. *Peranan Bioengineering dalam Pemecahan Masalah Kestabilan Lereng*. Disertasi tidak diterbitkan. Semarang: Fakultas Teknik Sipil, Universitas Katolik Soegijapranata.
- Setyorini, D., Saraswati, R., Dan Anwar, E.K. 2006. *Kompos*. (Online), (http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/buku/buku%20pupuk%20hayatipupuk%20organik/02kompos_diahrasti.pdf), diakses 2 September 2019).
- Sharma, R., dan Bhardwaj, S. 2017. *Effect of Mulching on Soil and Water Conservation-A Review*. *Agricultural Reviews*, 38 (4): 311–315.

- Sunandar, A. dan Mulyani, S.Y. 2017. *Stabilisasi Tanah dengan Memanfaatkan Serutan Kayu dan Polyacrylamide untuk Lereng Jalan yang Mudah Tererosi*. *Jalan-Jembatan*, 34 (2): 91–103.
- Wagenbrenner, J.W., MacDonald, H., dan Rough, D. 2006. *Effectiveness of Three Post-fire Rehabilitation Treatments in the Colorado Front Range*. Hoboken, NJ: Wiley.
- Wischmeier, W.H. dan Smith, D.D. 1978. *Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning*. The USDA Agricultural Handbook No. 537. Beltsville, MD.