

PEMANFAATAN BAN BEKAS UNTUK PERKUATAN STRUKTUR JALAN PADA PELEBARAN JALAN SOROWAKO – MALILI: SEBUAH KAJIAN TENTANG KESTABILAN GEOTEKNIK

Utilization of Scrap-Tires for Retaining Structure on Road Widening at Sorowako – Malili Public Road: a Review on Geotechnical Stability

Wiyatno Haryanto¹, Nendi Rohaendi², Ridwan Banda³, Zufaldi Zakaria⁴

^{1,3}PT Vale Indonesia Tbk, Harapan Mine Office, DP. 51, Sorowako, Luwu Timur Regency
Sulawesi Selatan, Indonesia
Telp/Faks: (021) 524 9295
Email: wiyatno.haryanto@vale.com

²Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Geologi, Mineral dan Batubara, BPSDM-KESDM
Jln. Jenderal Sudirman No. 623 Bandung, Indonesia
Telp/Faks: (022) 6076756
Email: nendi.rohaendi@esdm.go.id

⁴Universitas Padjadjaran, Fakultas Teknik Geologi
Jln. Dipatiukur No. 35 Bandung, Jawa Barat, Indonesia
Telp/Faks: (022) 7796545

ABSTRAK

PT Vale Indonesia Tbk. adalah bagian dari Vale S.A. (Brazil) di bawah Vale Base Metal (Kanada) yang terletak di daerah Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Sebagai Perusahaan Modal Asing (PMA) dalam industri tambang yang bergerak pada bidang eksplorasi, penambangan, pengolahan, dan produksi *nickel mate* sebagai produk baku. Tulisan ini dimaksudkan untuk mengenalkan konsep 3R (*reuse, reduce, recycle*) sebagai konsep yang ramah lingkungan melalui pemanfaatan ban-ban bekas sebagai bahan konstruksi alternatif untuk tujuan rekayasa geoteknik. Kestabilan geoteknik dari struktur dinding penahan tanah dari tumpukan ban-ban bekas dianalisis untuk memperoleh faktor keamanan dan keandalan stuktur tersebut untuk diterapkan dalam proyek pelebaran jalan. Dalam operasi pertambangan, PT Vale Indonesia Tbk. mengonsumsi ban-ban untuk kebutuhan alat-alat berat seperti truk-truk pengangkut dan *wheel-loader*. Konsumsi ban untuk operasional pertambangan tersebut berfluktuasi antara 350–600 buah per tahun bergantung pada faktor-faktor teknis, seperti kondisi permukaan perkerasan jalan, geometri jalan, frekuensi pengereman, beban muatan, dan lain-lain. Penggunaan ban dalam jumlah yang cukup besar masih menjadi kendala dalam hal penyediaan disposal untuk tempat pembuangan ban-ban bekas tersebut. Sampai saat ini, ban-ban bekas selalu dibuang percuma ke suatu disposal yang seolah-olah sebagai sampah yang tidak berguna. Pemanfaatan ban bekas sebagai bahan untuk perkuatan struktur jalan adalah sebagai salah satu solusi teknis. Tentunya dibutuhkan analisis kestabilan geoteknik dari struktur dinding penahan tanah untuk mendapatkan nilai faktor keamanan serta penggunaan dalam jangka waktu yang lama. Hasilnya adalah bahwa pemanfaatan ban bekas untuk perkuatan struktur jalan telah memenuhi persyaratan teknis untuk penggunaan jangka panjang, yakni faktor keamanan sebesar 1,46 tanpa beban gempa dan 1.04 dengan beban gempa.

Kata Kunci: *ban bekas, bahan-bahan ramah lingkungan, struktur penahan tanah, kestabilan geoteknik*

ABSTRACT

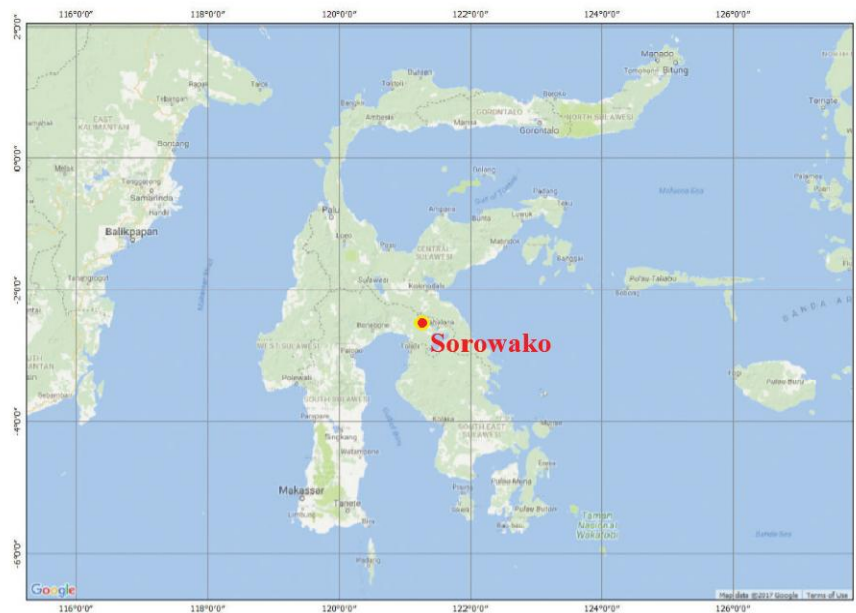
PT Vale Indonesia Tbk is a subsidiary of Vale S.A. (Brazil) under Vale Base Metal group (Canada) located at Sorowako village, East Luwu regency, South Sulawesi province, in Indonesia, a foreign investment company in mining industry that running to explore, mine, process, and produce nickel in mate as an intermediate product. This paper is intended to introduce the “reuse-reduce-recycle” (3R) idea as an environmentally friendly concept by means of utilizing the scrap tires as alternative construction material for geotechnical engineering purposes. In terms of mining operational, PT Vale Indonesia Tbk consumes prefabricated tires that required for heavy equipment such as hauling trucks and wheel-loaders. Tire consumption for the mining operational is fluctuated ranging of 350–600 ea. per annum depending on some technical factors in example pavement condition, road geometry, braking frequency, payloads, et cetera. The large number of the current tire consumption is remaining a big problem in terms of availability of disposal (waste dump) to disposing the scrap tires. So far, the scrap tires are disposed merely into the waste dump as if a less valuable waste material. There is an idea to use scrap tires as construction materials. Geotechnical stability of the retaining structure made of the scrap tires are analyzed to obtain safety factor and reliable of the structure to stabilize the widening road in durable manner. The result of the research is that the utilization of scrap tires has fulfilled safety factor for long term about 1.46 without load seismic and 1.04 with load seismic.

Keywords: scrap tires, environmentally friendly materials, retaining structure, geotechnical stability

PENDAHULUAN

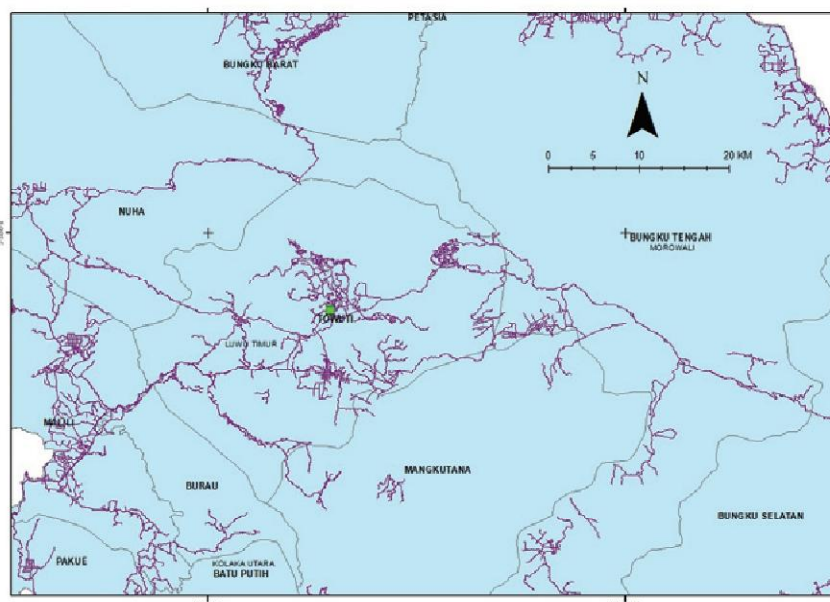
PT Vale Indonesia Tbk. (PT VI) adalah anak perusahaan Vale S.A. (Brazil) di bawah Vale Base Metal Group (Kanada). PT Vale terletak di Sorowako, Kabupaten Luwu Timur, Provinsi Sulawesi Selatan. PT Vale adalah perusahaan PMA yang memproduksi *nickel-mate* sebagai produk baku. Dalam operasional tambangnya, PT Vale Indonesia Tbk. menggunakan ban untuk kendaraan beratnya dengan kapasitas 160 tons (Caterpillar 777D serta Komatsu HD 785) dan *wheel-loader* dengan kapasitas 20 ton. Penggunaan ban untuk operasional berkisar antara 350-600 buah per tahun dari truk pengangkut. Adapun untuk *wheel-loaders* 20-40 buah per tahun. Konsumsi ban dalam jumlah besar ini menimbulkan masalah dalam hal pembuangan ban-ban bekas tersebut. Sampai sejauh ini, ban-ban bekas hanya dibuang percuma pada tempat pembuangan akhir dan diperlakukan sebagai sampah yang tidak berguna. Ada beberapa penelitian untuk pemanfaatan ban bekas ini, misalnya pemanfaatan serat polimer dari ban bekas untuk konstruksi jalan (Baricevic et al, 2017) dan pengaruh dari serat polimer terhadap kekuatan beton (Baricevic et al, 2018), termasuk pengaruh serat polimer untuk penguatan semen mortar (Onuaguluchi and Banthia, 2017). Akan tetapi, penelitian tentang sejauh mana faktor keamanan (*safety factor*) penggunaan ban bekas untuk penguatan jalan belum banyak dilakukan.

Pengelolaan sampah (*waste management*) pada industri tambang lebih menekankan pada pengelolaan hasil pengolahan bahan tambang dibandingkan dengan bahan-bahan lainnya (Scoble, Klein, and Dunbar, 2003). Namun, ternyata ban bekas ini dalam jumlah yang besar menjadi masalah tersendiri. Pemanfaatan ban bekas selaras dengan program 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) yang dapat meningkatkan nilai tambah sebagai bagian dari inovasi pembangunan berkelanjutan pada PT Vale Indonesia Tbk. (Aznar-Sanchez et al, 2018). Hal ini juga sejalan dengan praktik pertambangan yang baik (*Good Mining Practices*) dan PROPER (Penilaian Kinerja Lingkungan pada Perusahaan dengan konsep pertambangan yang ramah lingkungan), (Anonim, 2018).



**Gambar 1. Posisi tapak PT Vale Indonesia Tbk. di daerah Sorowako
(Sumber: Dokumentasi pribadi)**

Penggunaan ban bekas sebagai bahan kontruksi untuk penguatan struktur harus mempertimbangkan dimensi dari ban bekas. Harus mempertimbangkan juga kemampuan dari bahan tersebut terhadap biodegradasi, kimia, dan korosi, serta paparan radiasi sinar ultra violet dan radiasi matahari. Oleh karena itu, PT Vale Indonesia Tbk. menginisiasi untuk membuat struktur pelebaran jalan antara poros Sorowako – Malili dengan menggunakan ban bekas sebagai bahan perkuatan jalan. Hal ini juga terkait sebagai bagian dari pengelolaan jalan tambang (Thompson, 2003).



Gambar 2. Lokasi tempat perkuatan struktur jalan (kotak warna hijau. (Sumber: Dokumentasi pribadi)

Perkuatan struktur jalan dengan menggunakan ban bekas telah dilakukan sejak pertengahan Januari sampai akhir Februari 2018, terletak pada posisi $2^{\circ}34'39''$ LS dan $121^{\circ}22'21''$ BT dengan lebar 6.0 m dari jalan yang sudah ada dengan perbedaan ketinggian dari atas ke bawah kira-kira 15 m dan kemiringan 39.5° (83%). Pelebaran jalan ini menghabiskan sekitar 400 ban bekas, 9000 meter kubik beton, serta bahan lainnya.

METODOLOGI

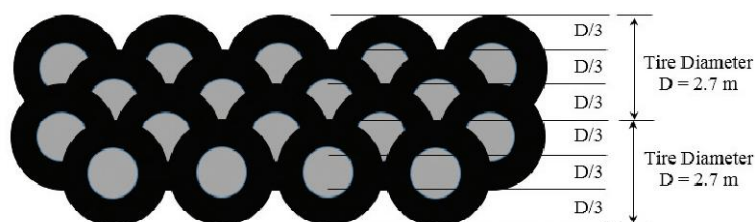
Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kestabilan geoteknik dari ban bekas yang dimanfaatkan sebagai material perkuatan struktur dinding penahan tanah melalui pendekatan metode keseimbangan batas. Penelitian ini juga menggunakan analisis multi-irisan untuk mendapatkan faktor keamanan struktur. Profil tanah, bahan timbunan, dan dinding muka (ban bekas) dimodelkan dengan memasukkan sifat-sifat geoteknik dan beban tambahan, seperti beban lalu lintas, kegempaan, dan keberadaan air tanah. Suatu kondisi yang dianggap kritis akan dijumpai pada saat tegangan efektif (teralirkan). Dengan begitu, garis freatik mewakili tekanan air pori tanah.

Faktor keamanan yang diperlukan bagi ban bekas yang berperan sebagai struktur dinding penahan tanah tanpa beban seismik dalam kondisi jangka panjang adalah minimum 1,5 dan dalam kondisi jangka pendek adalah minimum 1,3. Sementara itu, faktor keamanan yang dibutuhkan dengan memasukkan parameter beban seismik adalah minimum 1,0, baik pada kondisi jangka panjang maupun kondisi jangka pendek.

PEMBAHASAN

Untuk membangun struktur dinding penahan tanah dengan menggunakan bahan ban bekas, fase proyek dibagi menjadi dua tahapan: (1) desain teknik yang dimulai dengan survei topografi untuk memperbarui kondisi topografi yang ada. Penyelidikan lokasi untuk mendapatkan parameter geoteknik diikuti oleh desain teknik rinci, estimasi biaya, *bill of quantity*, *bill of material*, dan penjadwalan proyek; dan (2) tahap konstruksi dimulai dengan pembukaan lahan, pembuatan *stockpile* untuk material proyek dan tapak struktur penahan, *cut & fill*, penimbunan material (ban bekas, *reject material* +2" dan +18", dan beton). Penempatan posisi dasar fondasi dan batu *boulder* dengan ketebalan yang ditentukan untuk meningkatkan kestabilan tanah dan daya dukung fondasi dinding. Setelah itu, penempatan ban bekas di atas *boulder* sesuai dengan geometri desain berikut pengisian ruang kosong ban dengan bahan beton campuran. Penempatan *reject material* +2" di belakang ban bekas sebagai timbunan yang dipadatkan dan masing-masing lapisan dipisahkan oleh geotekstil tak-dianyam. Langkah selanjutnya yang terus dilakukan berulang adalah peletakan ban bekas dan penimbunan material di belakang dinding sampai mencapai ketinggian tanah tertentu seperti desain yang diusulkan.

Spesifikasi material dari struktur penahan terdiri dari ban bekas (tipe: 27.00R49) untuk digunakan sebagai dinding muka. Setelah diletakkan, masing-masing ban bekas memiliki dimensi diameter 2,70 m dan tebal 0,75 m yang diisi oleh beton campuran dengan material reject + 2" dengan membentuk struktur timbunan hingga mencapai ketinggian sekitar 15 m. Berat ban kosong individu adalah sekitar 0,65 ton. Setelah diisi dengan campuran beton menjadi sekitar 6,0 ton. Beton campuran dirancang dengan kualitas K-150 (kekuatan tekan minimum sekitar 150 kg/cm² atau setara dengan 15 MPa) menggunakan *reject material*, pasir, dan semen portland. Tata letak konfigurasi struktur penahan ban bekas ditunjukkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 3. Desain konfigurasi struktur dinding penahan tanah dari ban bekas.
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Desain profil dari ban bekas yang dihadapkan pada struktur penahan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 adalah mengadopsi konsep dinding timbunan tanah yang distabilkan secara mekanik (MSE). Terdapat tiga komponen dasar, seperti (1) timbunan tanah, biasanya dipilih bahan *granular* dengan kurang dari 15% melewati saringan No. 200, (2) tulangan, *strip* atau batangan logam, atau lembaran geotekstil, kisi-kisi kawat, atau *geogrid* (terbuat dari bahan plastik *polymer*) diikat ke unit-unit dinding, dan (3) unit dinding, tidak perlu. Akan tetapi, biasanya digunakan untuk mempertahankan penampilan dan menghindari erosi tanah antara bala bantuan (Bowles, 1996).

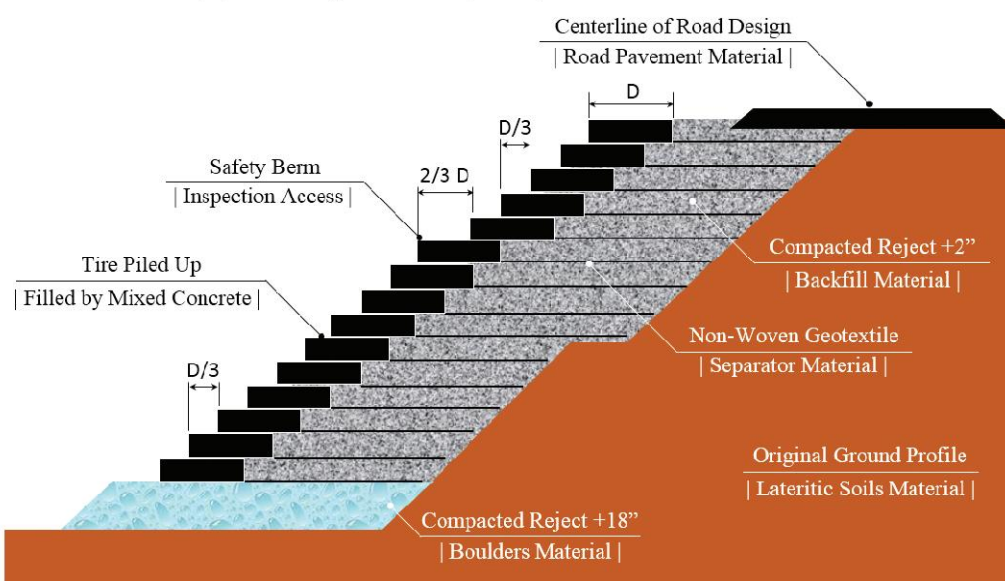
Timbunan tanah (*backfill*) pada desain struktur penahan permukaan bekas ban dibangun dengan *material reject +2"* dengan konsep mengering secara bebas (*free draining*). Dengan begitu, air tanah tidak dirancang terperangkap di dalam timbunan. Penguatan bahan timbunan menggunakan geotekstil tak-dianyam yang diletakkan di setiap lapisan pada setiap ketebalan 0,75 m. Ban bekas dipasang dan naik berjenjang dari bawah ke atas saling melapisi satu sama lain pada 2/3 bagian ban sebagai dinding muka. Stabilitas dari struktur ban bekas, terutama mengandalkan gravitasi dari ban yang diisi beton, gesekan antarmuka dari ban individual, dan sifat mekanis dari bahan urukan.

Tabel 1 berikut ini adalah sifat-sifat geoteknik dari ban bekas yang menghadapi struktur penahan untuk dimasukkan dalam analisis stabilitas lereng. Sifat mekanis dari ban bekas diisi beton (No.1) merupakan hasil asumsi, sementara struktur dinding lain (No.2 – 5) diadopsi oleh pengalaman empiris di lokasi.

Tabel 1. Sifat-sifat geoteknik struktur dinding penahan tanah dari ban bekas

No.	Deskripsi	Model	Parameter Geoteknik		
			c (kPa)	ϕ (°)	γ (kN/m ³)
1.	Ban bekas diisi dengan beton	Undrained	50	0	15
2.	Timbunan <i>reject material +2"</i>	Mohr-Coulomb	0	40	22
3.	Boulder yang dipadatkan	Mohr-Coulomb	0	45	22
4.	Tanah laterit	Mohr-Coulomb	15	25	17
5.	Bahan perkerasan jalan	Mohr-Coulomb	50	35	21

Catatan: c = kohesi, ϕ = sudut gesek dalam, dan γ = berat satuan isi



Gambar 4. Desain penampang struktur dinding penahan tanah dari ban bekas. (Sumber: Milik Sendiri)

HASIL

Kegiatan pembangunan struktur dinding penahan tanah dari bahan ban bekas pada pelebaran jalan umum Sorowako - Malili di km 08 + 200 telah selesai dikonstruksi pada akhir Februari 2018 dengan durasi sekitar dua bulan. Kegiatan pembangunan tersebut menghabiskan sekitar 400 ban bekas dari truk pengangkut Caterpillar 777D dan Komatsu 785 yang mampu mengurangi kebutuhan akan ketersediaan tempat pembuangan secara signifikan.

Pemanfaatan ban bekas juga mengurangi biaya konstruksi. Dinding muka konvensional seperti bronjong, blok beton segmental, pelamparan batu, atau lainnya dengan volume total sekitar 6.000 m³ dapat diganti dengan bahan ban bekas sebagai bahan yang tak berbiaya. Hal ini juga dapat meningkatkan nilai tambah dari ban bekas yang sebelumnya diperlakukan sebagai limbah yang tidak berguna. Selain itu, pemanfaatan ban bekas sebagai solusi alternatif untuk menyelaraskan dengan beberapa program di lingkungan pertambangan, seperti 3R, praktik penambangan yang baik (*good mining practice*), dan PROPER dengan konsep ramah lingkungan.

Pengisian bahan beton curah ke dalam ban bekas kosong menggunakan truk beton siap pakai dari *batching plant* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Sementara itu, *backhoe excavator* didedikasikan untuk memotong dan menimbun kembali lereng, pembentukan tanah pada geometri lereng, dan peletakan posisi ban bekas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.



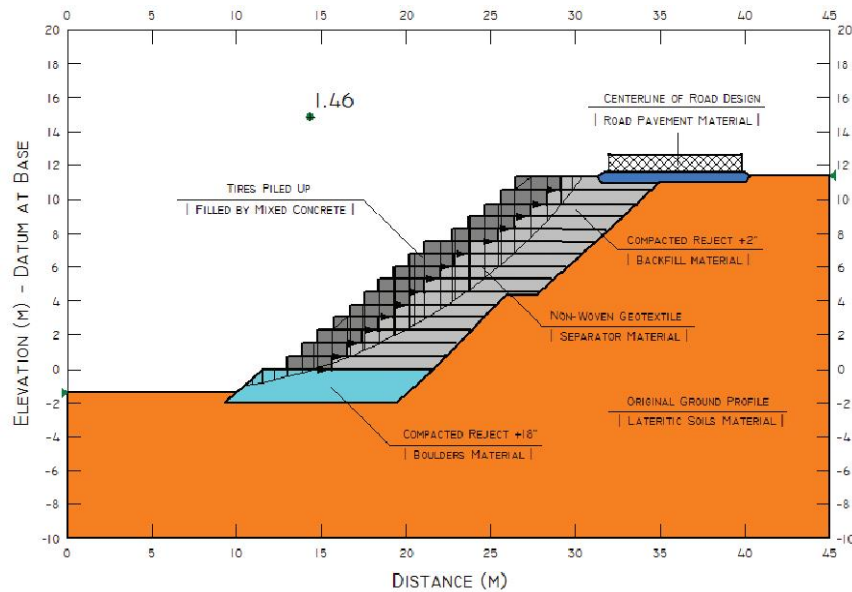
Gambar 5 Struktur dinding penahan tanah dari ban bekas dalam tahap konstruksi pada km 8 +200 (tampak samping) (Sumber: Dokumentasi pribadi)



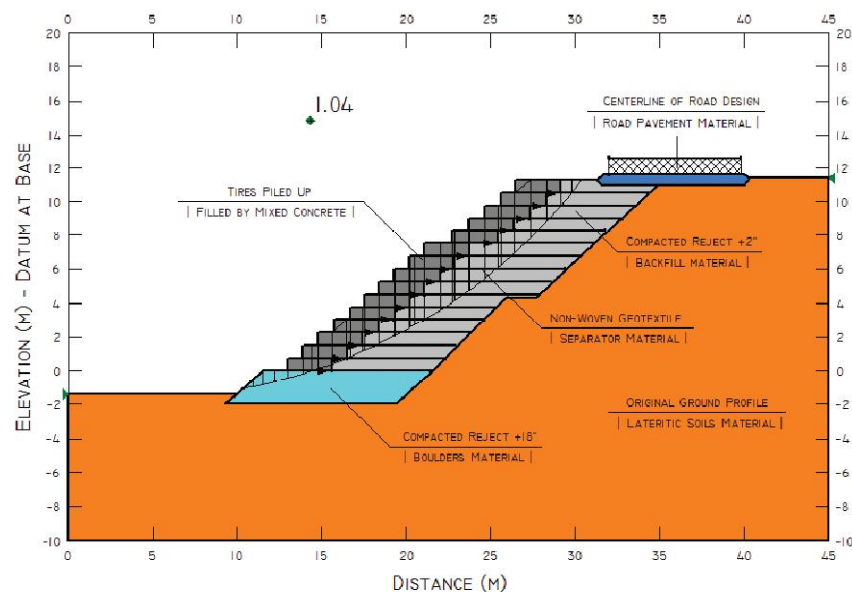
Gambar 6 Struktur dinding penahan tanah dan pekerjaan pelebaran jalan km 8 +200 (tampak atas) (Sumber: Dokumentasi pribadi)

Berdasarkan pemodelan simulasi dan geoteknik dengan dan tanpa beban gempa pada perkuatan struktur lereng yang menggunakan material ban bekas, seperti ditunjukkan dalam Gambar

7 dan 8, akan menghasilkan faktor keamanan yang berbeda. Faktor keamanan dari tanpa beban gempa (*seismic load*) adalah 1,46. Sementara faktor keamanan dengan beban gempa (*seismic load*) sebesar 0.2 g adalah sebesar 1,04 (memenuhi persyaratan teknis).



Gambar 7. Faktor keamanan adalah 1.46 tanpa beban seismik



Gambar 8. Faktor keamanan adalah 1.04 dengan beban seismik 0.2g

KESIMPULAN

Dari sudut pandang kajian geoteknik, hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan ban bekas untuk kebutuhan perkuatan struktur dinding penahan tanah telah memenuhi persyaratan faktor keamanan (FK). Pengamanan yang dimaksud, yakni untuk penggunaan jangka pendek tanpa beban gempa FK sebesar 1,46 dan dengan beban gempa FK sebesar 1,04. Hal ini telah sesuai dengan faktor keamanan yang dipersyaratkan sebagai struktur dinding penahan tanpa beban seismik sebesar 1,3. Sementara itu, faktor keamanan yang dibutuhkan dengan memasukkan parameter beban seismik adalah minimum 1.0, baik pada kondisi jangka panjang maupun kondisi jangka pendek.

Beberapa kemungkinan penggunaan lainnya dari ban bekas, selain untuk penguatan struktur yang perlu dikaji adalah faktor keamanan pelebaran jalan, reklamasi lahan, kestabilan lereng, penguatan lorong, dan sebagainya. Dalam pemanfaatan ban bekas untuk penguatan struktur sipil tentunya difokuskan dalam rangka pengurangan biaya dan percepatan waktu konstruksi. Bagi perusahaan tambang, keuntungan penggunaan ban bekas selain tersedianya dalam jumlah yang cukup juga karena tersedianya bahan-bahan lainnya yang dibutuhkan untuk konstruksi. Bahan yang dibutuhkan, misalnya pasir dan batu. Kemudahan aksesibilitas pada saat melakukan konstruksi di lokasi proyek yang berbiaya rendah. Dengan begitu, pemanfaatan ban bekas sebagai penguat struktur jalan, selain aman juga lebih ekonomis secara finansial dan lebih murah dibandingkan cara konvensional.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2018). Kepmen ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018 *tentang pedoman pelaksanaan kaidah pertambangan yang aik*.
- Aznar-Sánchez, J. A., García-Gómez, J.J., Velasco-Muñoz J.F., and Carretero-Gómez, A. (2018). *Mining waste and its sustainable management: advances in worldwide research. Minerals* 2018, 8, 284; doi:10.3390/min8070284, www.mdpi.com/journal/minerals.
- Baričević, A., Rukavina, M.J., Pezer, M., and Štirmer, N. (2018). *Influence of recycled tire polymer fibers on concrete properties. Cement and Concrete Composites*.
- Baricevic, A., Rukavina, M.J., Pezer, M., Stirmer, N., Serdar, M., Bjegovic, D., Dzaja, M., Held, M., and Ruzic, P. (2017). Properties of concrete reinforced with recycled tyre polymer fibers. *Proceedings of the 1st International Conference on Construction Materials for Sustainable Future, Zadar, Croatia, 19 - 21 April 2017*.
- Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design, Fifth Edition. McGraw Hill Companies, Inc., International Edition, ISBN 0-07-114052-2*.
- Onuaguluchi, O., and Banthia, N. (2017). Durability performance of polymeric scrap tire fibers and its reinforced cement mortar. *Material and Structures*.
- Scoble, M., Klein, B., and Dunbar, W.S. (2003). Mining waste: Trasnforming mining system for waste management. *International journal of Surface mining, Reclamation, and Environment*, Vol. 17 No. 2 pp. 123-135.
- Thompson, R. J. a. V., A.T. . (2003). Mine haul road maintenance management systems *The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*.