

## PEMBUATAN POLIMER LATEKS EMULSI UNTUK PENINGKATAN CBR TANAH SUB-GRADE PADA KONSTRUKSI JALAN

K. Moto<sup>1,2</sup>, V. Julian<sup>1,2</sup>, Syamsudin<sup>1</sup>, T. A. Wiradi<sup>1</sup> dan S. R. Wijaya<sup>1,2</sup>

1. Materials Technology, Departemen Fisika, FMIPA, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia

2. The Mochtar Riady Center for Nanotechnology and Bioengineering, Karawaci, Banten, Indonesia

E-mail: kebamoto@fisika.ui.ac.id

---

### Abstrak

Telah dilakukan pembuatan (sintesa) polimer lateks dengan cara polimerisasi emulsi yang aplikasinya untuk meningkatkan *California Bearing Ratio* (CBR) tanah pada *sub-grade* jalan. Polimer lateks yang dihasilkan dikarakterisasi dengan *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Kemudian dilakukan pengujian CBR pada tanah yang dipadatkan setelah dicampur dengan polimer tersebut. Pengukuran CBR dilakukan juga pada sampel yang direndam dalam air selama 4 hari. Diperoleh bahwa polimer lateks buatan ini memberikan hasil yang sangat memuaskan dibandingkan dengan polimer lateks lain (impor). Untuk polimer lateks yang didisain dengan Temperatur *glass* ( $T_g$ ) (teori) sekitar  $9.8^\circ - 19.6^\circ$  memberikan indikasi terbentuknya ikatan-ikatan C=O dan -C-O-C- pada energi serapan  $1732-1736\text{ cm}^{-1}$  sebagai gugus pengikat/*binder*. Hasil uji CBR memberikan nilai CBR sekitar 15-18 % terhadap tanah murni dengan pemadatan yang sama.

### Abstract

**Synthesize of emulsion polymer latex for sub-grade CBR improvement in the road construction.** Latex polymer for California Bearing Ratio (CBR) enhancement in sub-grade soil of road building has been prepared by emulsion polymerizations technique. The prepared polymer then characterize by Fourier Transform Infrared (FTIR). For application purpose, CBR test was done to the compacted polymer added-soil. The CBR test is done also for both soaked and unsoaked samples. It is found that our latex polymer is better then other imported latex polymer. For the latex polymer, which is design to have Temperatur *glass* ( $T_g$ ) around  $9.8-19.6^\circ$ , indicating the formation of C=O and -C-O-C- bonds at  $1732-1736\text{ cm}^{-1}$  energy absorption as binder groups. CBR test results show that our latex polymer has CBR value around 15-18 % compare to the soil without polymer binder.

*Keywords: latex polymer, CBR value, polymer binder*

---

### 1. Pendahuluan

Lateks polimer merupakan suatu bahan pilihan yang dapat digunakan untuk peningkatan *California Bearing Ratio* (CBR) [1]. Bahan ini sudah banyak digunakan oleh negara-negara di dunia ini, seperti Jepang, Amerika serikat, dan juga negara-negara di benua Eropa yang memiliki persediaan logam dan kayu sangat terbatas sehingga bahan polimer perlu dikembangkan [1]. Indonesia pun sudah banyak menggunakan lateks polimer ini sebagai penguat jalan [1-2], namun Indonesia belum mampu memproduksi bahan tersebut.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dilakukan penelitian awal pembuatan lateks polimer sebagai penguat *sub-grade* dengan bahan utama *Vinyl Acetate*

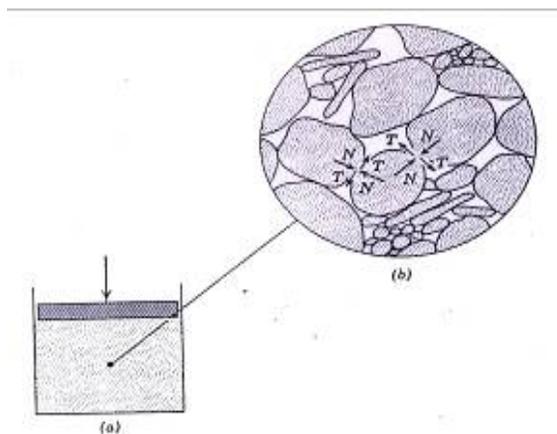
*Monomer* (VAM) yang di bentuk *co-polimer* dengan monomer-monomer lain, dengan menggunakan metoda polimerisasi emulsi.

Tanah dasar atau yang lebih dikenal dengan *sub-grade* merupakan bagian terpenting pada dasar konstruksi sebuah jalan karena bagian ini berfungsi sebagai penahan beban lalu lintas terbesar [3]. Pentingnya bagian ini, menyebabkan para peneliti California membuat suatu standardisasi untuk nilai pemadatan *sub-grade* ini, yang dikenal dengan istilah CBR (*California Bearing Ratio*). Kekerasan tanah *sub-grade* ini sangat mempengaruhi daya tahan jalan terhadap beban statik atau dinamik dari kendaraan yang berhenti atau berjalan di atas jalan tersebut. Gaya berat kendaraan akan tersebar lebih luas pada kedalaman beberapa puluh

sentimeter dari permukaan jalan yaitu di daerah *sub-grade* ini. Akibatnya, lapisan *sub-grade* sangat menentukan daya dukung jalan dan menentukan pula umur jalan [3].

Dalam usaha menaikkan kekerasan lapisan *sub-grade* pada umumnya dilakukan dengan pengurukan dengan tanah liat (kelas tanah yang gampang dipadatkan) lalu dipadatkan dengan mesin penggiling. Caranya, mesin pemadat dijalankan bolak-balik di atas daerah subgrade sebelum lapisan jalan yang lain dibangun. Pengerjaan ini akan berhenti sampai kepadatan tanah melampaui 97% kepadatan tanah asli (laboratorium). Jika tebal lapisan *sub-grade* beberapa meter, maka pemadatan tanah dengan metode ini memakan waktu yang lama serta biaya yang tinggi. Pengerjaan yang seperti ini dilakukan dengan pemadatan lapis demi lapis setebal 20 cm.

Kesulitan ini disebabkan mikrostruktur tanah sulit menutup pori-pori tanah yang terbentuk oleh pertemuan butiran tanah tempat rongga selalu terbentuk. Mikrostruktur tanah berbentuk butiran berpori-pori besar yang berada diantaranya. Pori-pori ini umumnya akan terisi oleh udara dan air [4] (lihat Gambar 1). Keberadaan pori-pori ini akan menyulitkan proses pemadatan karena tekanan udara pada pori tersebut melawan gaya pemadatan dari mesin. Hal ini juga tetap terjadi meskipun tanah yang dipadatkan terlebih dahulu dibasahi dengan air.



**Gambar 1.** Mikrostruktur tanah yang terdiri dari butiran-butiran dengan pori-pori yang terisi udara atau air [4]. (a) Tanah yang dipadatkan dengan gaya tertentu (b). Tanah yang dipadatkan bila dilihat struktur mikronya. Tampak bahwa terjadi interaksi gaya (N) aksi-reaksi antara butiran tanah dan juga terjadi penggelinciran butir tanah (*grain sliding*) dengan gaya T dalam proses pemadatan.

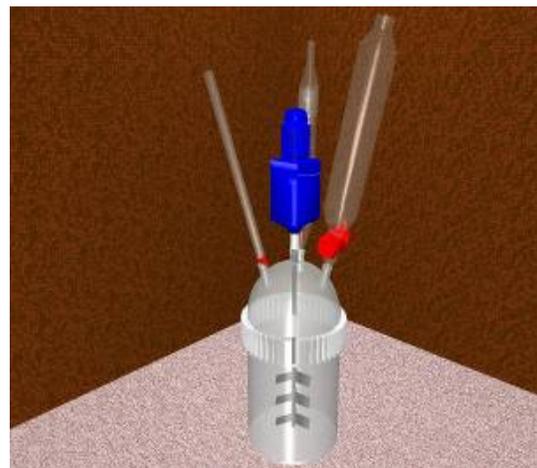
Kekuatan tanah akan maksimum bila pori-pori diisi dengan bahan yang dapat menggantikan udara dan sekaligus dapat merekat antara butiran yang satu dengan yang lainnya. Dan bahan tersebut adalah polimer binder yang berbentuk lateks emulsi.

## 2. Metode Penelitian

Bahan utama lateks polimer ini, menggunakan VAM (*Vinyl Acetate Monomer*) dan MMA (*Methacrylic Monomer*) yang di kopolimerisasi. Di samping monomer diperlukan juga surfaktan dan katalis. Proses polimerisasi diawali dengan mendropping monomer-monomer dan katalis ke dalam emulsifier (*reactor*) yang sudah mengandung surfaktan yang dilarutkan dalam air. Aging dilakukan untuk menyempurnakan proses, dan pembuatan diakhiri dengan *cooling* yang bertujuan untuk melepaskan monomer-monomer sisa. Bagan reaktor pembuatan polimer ditunjukkan pada Gambar 2.

Polimer emulsi yang sudah terbentuk diukur spektrum absorpsinya dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Tes ini memberikan informasi apakah polimer sudah terbentuk atau belum.

Kemudian untuk melakukan pengukuran CBR, tanah yang sudah dikeringkan dengan cara dipanaskan dalam oven dicampur dengan polimer sampai merata. Adonan ini lalu ditekan dengan gaya pemadatan untuk kemudian diukur CBR-nya. Dalam pencampuran, jumlah polimer yang dibutuhkan ditentukan dulu dengan cara menghitung kadar air optimum dalam tanah. Lalu jumlah air ini digantikan dengan polimer dengan jumlah yang sama dengan kadar air optimum. Pembacaan nilai CBR dilakukan untuk penetrasi 0.1" dan 0.2" pada saat kering (*soaked*) dan saat basah (*unsoaked*).



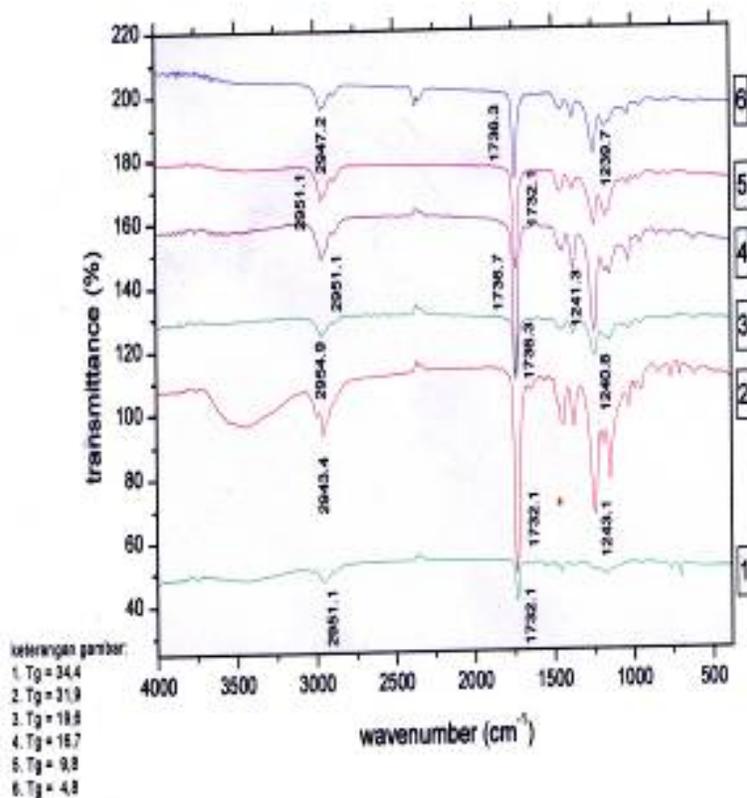
**Gambar 2.** Reaktor untuk pembuatan polimer latex emulsi di Group Materials Technology, Departemen Fisika FMIPA-UI.

**3. Hasil dan Pembahasan**

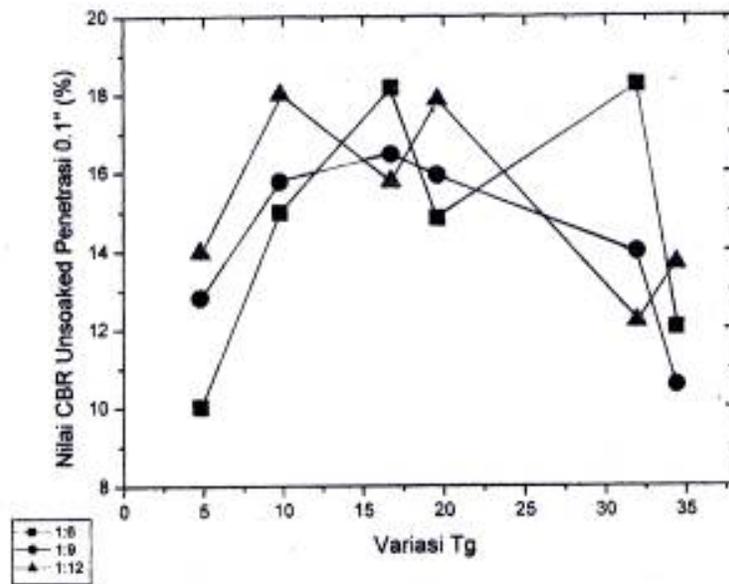
Gambar 3 menunjukkan hasil FTIR dari polimer lateks dengan variasi Tg (Temperatur *glass*). Tampak bahwa polimer lateks ini memiliki beberapa puncak absorpsi dan yang penting adalah puncak pada energi 1732,1-1736,3 cm<sup>-1</sup> dan 1239,7-1243,1 cm<sup>-1</sup>. Puncak-puncak dengan nilai tersebut merupakan puncak yang menggambarkan terbentuknya ikatan C=O dan -C-O-C- [5] secara berturut-turut. Ikatan-ikatan tersebut merupakan ikatan khas dari gugus-gugus yang bersifat perekat seperti PVAc [6]. Jadi dengan terbentuknya puncak yang tinggi dapat digambarkan bahwa banyak jumlah butiran polimer yang mengandung gugus perekat. Berdasarkan alasan tersebut, formula dengan Tg 16,7° (kurva nomor 4 Gambar 3) dijadikan formula tetap untuk penelitian selanjutnya. Sedangkan kurva 2 Gambar 3 tidak dapat dijadikan patokan karena pada proses pembuatannya ternyata terlalu banyak endapan yang terbentuk, dan hal ini sangat tidak dikehendaki dalam industri.

Gambar 4 menunjukkan grafik hasil uji CBR *unsoaked* (tidak terendam) pada penetrasi 0,1". Nilai CBR menandakan kekuatan tanah terhadap tekanan (beban). Berdasarkan grafik tersebut, nilai CBR dari lateks polimer yang dibuat mempunyai nilai rata-rata berkisar 16-18%. Nilai cukup tinggi bila dibandingkan dengan nilai CBR untuk lateks polimer impor yang dijadikan referensi yaitu berkisar 9,8-10,9% [7]. Sedangkan nilai CBR untuk tanah dengan air (tanpa polimer) adalah berkisar 6-10% [7].

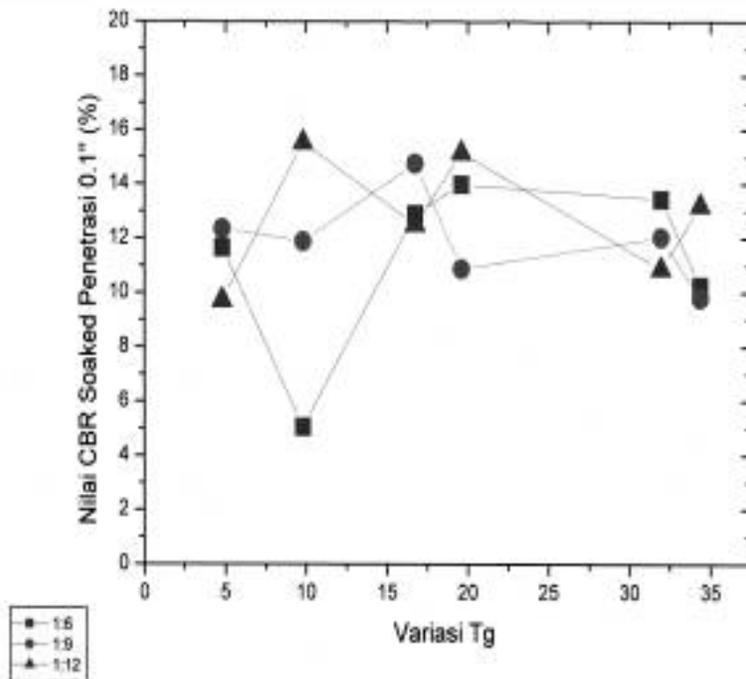
Gambar 5 menunjukkan grafik hasil uji CBR *soaked* (terendam) pada penetrasi 0,1". Berdasarkan grafik tersebut, nilai CBR dari lateks polimer yang dibuat mempunyai nilai rata-rata berkisar 13-15%. Nilai ini cukup tinggi bila dibandingkan dengan nilai CBR untuk lateks polimer impor yang dijadikan referensi yaitu berkisar 8,8-9,5% [7].



Gambar 3. Kurva FTIR terhadap variasi Tg (teoritik). Puncak absorpsi pada energi 1732 cm-1 merupakan puncak terpenting karena berkenaan dengan gugus pembawa sifat perekat.



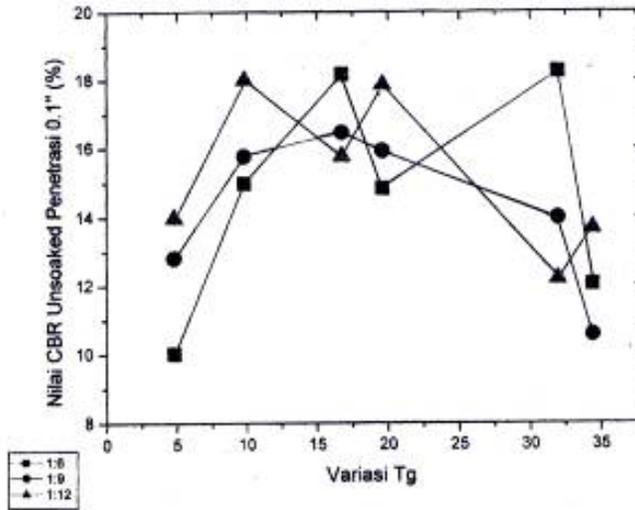
Gambar 4. Nilai CBR untuk sampel yang tidak direndam (*unsoaked*) yang didapat dari penetrasi jarum sedalam 0,1''



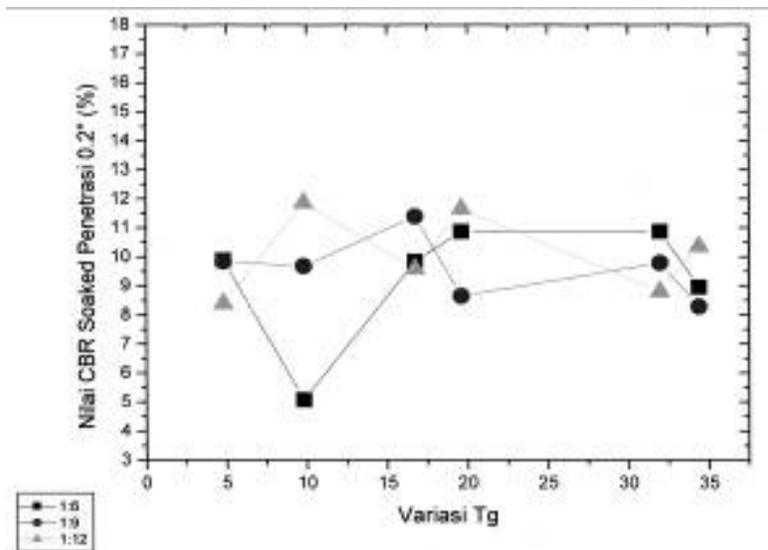
Gambar 5. Nilai CBR untuk sampel yang direndam dalam air selama 4 hari (*soaked*) yang didapat dari penetrasi jarum sedalam 0,1''

Gambar 6 menunjukkan grafik hasil CBR *unsoaked* pada penetrasi 0,2". Berdasarkan grafik tersebut, nilai CBR dari lateks polimer yang dibuat mempunyai nilai rata-rata berkisar 14-15%. Nilai cukup tinggi bila dibandingkan dengan nilai CBR untuk lateks polimer impor yang dijadikan referensi yaitu berkisar 8,9-9,6% [7].

Gambar 7 menunjukkan grafik hasil CBR untuk sampel yang direndam dalam air selama 4 hari (*soaked*) pada penetrasi 0,2". Berdasarkan grafik tersebut, nilai CBR dari lateks polimer yang dibuat mempunyai nilai rata-rata berkisar 10-11%. Nilai cukup tinggi bila dibandingkan dengan nilai CBR untuk lateks polimer impor yang dijadikan referensi yaitu berkisar 7,9-8,6% [7].



Gambar 6. Nilai CBR untuk sampel yang tidak direndam (*unsoaked*) yang didapat dari penetrasi jarum sedalam 0,2"



Gambar 7. Nilai CBR untuk sample yang direndam dalam air selama 4 hari (*soaked*) yang didapat dari penetrasi jarum sedalam 0,2"

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil FTIR, polimer binder mempunyai hasil terbaik pada Tg 16.73°, sehingga formula lateks polimer ini dijadikan formula tetap untuk pembuatan polimer lateks untuk aplikasi pada pengerasan tanah lapisan *sub-grade*.

Hasil CBR, polimer *binder* yang diaplikasikan kedalam tanah mempunyai hasil terbaik (mempunyai nilai CBR tinggi dan bersifat stabil) pada nilai Tg antara 9.8° - 19.6°, yaitu sekitar 15-18 % dibandingkan dengan tanah tanpa polimer.

#### Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada seluruh rekan kerja di Materials Technology Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

#### Daftar Acuan

- [1] D. Feldman, A. J. Hartomo, Bahan Polimer Konstruksi Bangunan, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 1995.
- [2] V. Ramakrishnan, Synthesis of Highway Practice 179: Transportation Research Board, National Research Council, Washington, 1992.
- [3] S. Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung, 1999.
- [4] T.W. Lambe, R.V. Whitman, Soil Mechanics (SI), John Wiley & Sons, New York, 1979.
- [5] J.R. Billmeyer, W. Fred, Textbook of Polymer Science, 3rd. Ed., John Wiley & Sons, New York, 1984.
- [6] R. D. Brain, Introduction to Instrumental Analysis, McGraw-Hill International Editions, New York, 1987.
- [7] Humbang Purba, Skripsi Sarjana, Departemen Fisika FMIPA, Universitas Indonesia, Indonesia, 2003.