

# ANALISIS MODULUS ELASTISITAS DAN KUAT TARIK PADA *POLYMER MODIFIED MORTAR* (PMM) DENGAN PENAMBAHAN SERAT CANTULA (*AGAVE CANTULA ROXB*)

“*Modulus of Elasticity Analysis and Tensile Strength of Polymer Modified Mortar (PMM) with Addition of Cantula Fiber (Agave Cantula Roxb)*”

Firman Pratama<sup>1)</sup>, Edy Purwanto<sup>2)</sup>, Stefanus Adi Kristiawan<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

<sup>2)3)</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Jln Ir Sutami 36 A, Surakarta 57126

e-mail : [mrfirmanpratama@gmail.com](mailto:mrfirmanpratama@gmail.com)

## ABSTRACT

The combination of building materials and textile technology in modern times continues to increase, so as to form textile reinforced concrete. Where the use of textile reinforced concrete can help bridges, pillars or reinforced concrete to withstand vibrations, sudden jerks and torque. But basically the weakness of reinforced concrete still tends to use steel reinforcement so it is susceptible to corrosion. Alternatives to overcome this situation by using natural alternative materials, one of which is cantula fiber (*Agave Cantula Roxb*) which is covered with polymer modified mortar. This study discusses the effect of modulus of elasticity on matrix variations in the form of polymer modified mortar (PMM) and textile reinforced concrete (TRC) by using variations of woven cantula fibers in the form of 10mm × 10mm, 10mm × 20mm, 10mm × 15mm, 20mm × 10mm and 15mm × 10mm and tensile strength on polymer modified mortar (PMM). The test is done by pulling the test object directly at the age of 28 days. The results of the test showed the highest increase in tensile strength in the PMM TRC 200 specimen (10 mm × 20 mm) with a tensile strength value of 1.50 MPa at 28 days. The greatest modulus of elasticity in TRC is found in PMM TRC 200 (10 mm × 20 mm) with an elastic modulus value of 262.2968 MPa and tensile strength value of 21.3508 MPa at 28 days.

**Keywords:** reinforcement ratio, textile reinforced concrete, cantula fiber.

## ABSTRAK

Kombinasi ilmu material bahan bangunan dan teknologi tekstil di zaman modern terus meningkat, sehingga terbentuk textile reinforced concrete. Dimana penggunaan textile reinforced concrete dapat membantu jembatan, pilar atau beton bertulang untuk menahan getaran, sentakan tiba-tiba dan torsi. Namun pada dasarnya kelemahan reinforced concrete masih cenderung menggunakan tulangan baja sehingga rentan terhadap korosi. Alternatif untuk mengatasi keadaan tersebut dengan penggunaan bahan alternatif alam, salah satunya adalah serat cantula (*Agave Cantula Roxb*) yang diselubungi dengan polymer modified mortar. Penelitian ini membahas pengaruh modulus elastisitas terhadap variasi matriks yang berupa polymer modified mortar (PMM) dan textile reinforced concrete (TRC) dengan menggunakan variasi anyaman serat cantula berupa 10mm × 10mm, 10mm × 20mm, 10mm × 15mm, 20mm × 10 mm dan 15mm × 10mm dan kuat tarik pada polymer modified mortar (PMM). Pengujian dilakukan dengan cara tarik langsung benda uji pada umur 28 hari. Hasil dari pengujian didapatkan kenaikan tertinggi kuat tarik pada benda uji PMM TRC 200 (10 mm × 20 mm) dengan nilai kekuatan tarik sebesar 1.50 MPa pada umur 28 hari. Nilai modulus elastisitas terbesar pada TRC terdapat pada PMM TRC 200 (10 mm × 20 mm) dengan nilai modulus elastisitas sebesar 262.2968 MPa dan nilai kuat tarik sebesar 21.3508 MPa pada umur 28 hari.

**Kata kunci:** reinforcement ratio, textile reinforced concrete, serat cantula.

## PENDAHULUAN

Kebutuhan beton dalam pekerjaan konstruksi semakin banyak. Secara umum beton bertulang merupakan material pokok utama sebagai struktur penguat. Keunggulan karakteristik seperti durabilitas, kuat tekan dan kekakuan yang tinggi dibandingkan dengan struktur bahan yang lainnya, membuat beton diminati untuk pekerjaan konstruksi. Akan tetapi pada dasarnya beton bertulang juga masih memiliki kelemahan yaitu kuat tarik yang rendah. Selain itu tulangan pada batang baja dapat juga berkorosif, sehingga dapat mempengaruhi kualitas beton.

*Textile Reinforced Mortar* (TRM), atau yang juga dikenal dalam literatur internasional sebagai *Textile Reinforced Concrete* (TRC) merupakan salah satu inovasi untuk memperkuat beton bertulang. *Textile Reinforced Concrete* terdiri dari tekstil, yaitu jerat kain yang terbuat dari anyaman, rajutan atau tenunan setidaknya dua arah yang diresapi dengan pengikat berupa mortar (Triantafillou dkk, 2007).

Pada *textile reinforcement* sering digunakan berupa material *non-nature*, yang berupa serat kaca tahan alkali (AR), aramid, basalt dan *carbon fabrics*. Oleh karena itu penelitian mencari solusi alternatif untuk *reinforcement* berbasis *nature*. Pada penelitian Raharjo (2015) menyatakan bahwa serat *Agave Cantula Roxb* merupakan serat alam yang memiliki kemampuan mekanik yang tinggi. Hasil survey dari Badan Penelitian dan Pengembangan Industri

Departemen Perindustrian Yogyakarta, menyatakan bahwa cantula mempunyai kandungan selulose 64,3% sehingga serat ini berpotensi sebagai bahan penguat komposit (Raharjo dkk., 2015). Kelebihan yang dimiliki oleh serat cantula itu sendiri diantaranya yaitu harga murah, dapat diuraikan oleh alam, mudah di dapat (*producible*), kuat, ringan dan kemampuan mekanik yang tinggi (Kurniawan Indra P, Wijang Wisnu Raharjo, 2015).

## TINJAUAN PUSTAKA

### Karakteristik *Textile Reinforced Concrete (TRC)*

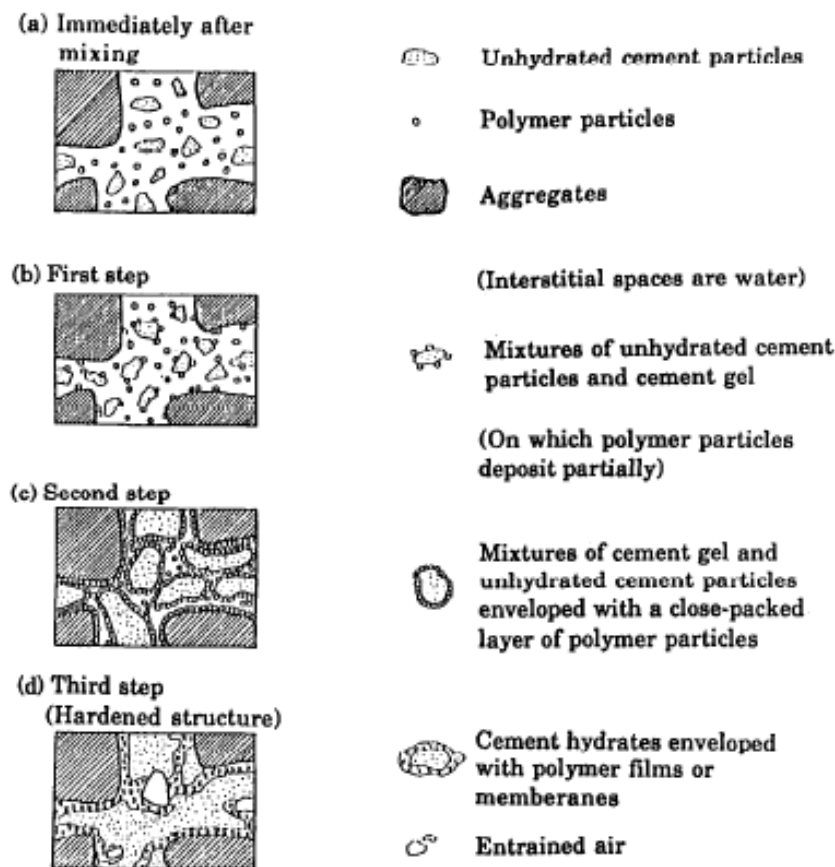
Pada dasarnya *Textile Reinforced Concrete (TRC)* berupa komposit yang terdiri dari tekstil dan *polymer modified mortar* yang berfungsi sebagai *reinforcement* dan beton digunakan sebagai matriks. *Reinforcement* pada tekstil memberikan dukungan dalam memperkuat struktur beton yang ada di dalam dengan memberikan dukungan kuat lentur, penambahan kekuatan penahan, dan tegangan geser.

Efek dari TRC sebagai perkuatan telah berhasil dibuktikan oleh beberapa proyek penelitian. Namun, penerapannya untuk sebagai teknisasi bahan dasar masih perlu banyak penyelidikan. Satu langkah penting untuk mencapai tujuan ini adalah dengan memodelkan perilaku mekanik TRC untuk aplikasi numerik ke dalam situasinya.

### Karakteristik *Polymer Modified Mortar (PMM)*

*Polymer modified mortar* merupakan kombinasi dari mortar dengan *polymer*, dalam penelitian ini *polymer* yang digunakan adalah *polyvinyl acetate*. Dalam beton terjadi reaksi pengikatan yang terjadi oleh reaksi hidrasi semen dan polimerisasi yang berasal dari *polyvinyl acetate* dalam beton. Dalam proses pengikatan semen dan pembentukan matriks polimer semen ada tiga tahapan, yaitu,

- Ketika polimer dicampur dengan semen segar atau beton, partikel polimer tersebar merata dalam fase pasta semen.
- Kerna perkembangan struktur gel semen, partikel polimer secara bertahap mengisi pori – pori kapiler. Efek dari ikatan kimia cenderung untuk di imbangi dengan meningkatkan *entraining air*.
- Pada akhirnya, air yang menguap karena hidrasi semen, polimer pada semen menyatu menjadi membran.



Gambar 1. Ilustrasi tahapan pengikatan polimer dan semen PMM

### Kuat Tarik Langsung

Uji tarik adalah suatu uji yang menunjukkan bagaimana benda uji bereaksi terhadap gaya tarik dan sejauh mana deformasi dari bahan tersebut. Uji kuat tarik langsung merupakan pengujian dimana beton diberi gaya aksial

hingga beton runtuh. Besarnya nilai kuat tarik langsung mortar pada benda uji digunakan persamaan 1 sebagai berikut.

$$f_c = \frac{P_{maks}}{A} \quad (1)$$

dimana :

- $f_c$  = Kuat tekan mortar (MPa)
- $P_{maks}$  = Beban tekan maksimum (N)
- $A$  = Luas permukaan benda uji ( $mm^2$ )

### Modulus Elastisitas

Tolak ukur yang umum dari sifat elastis suatu bahan adalah modulus elastisitas, yang merupakan perbandingan dari tekanan yang diberikan dengan perubahan bentuk persatuan panjang, sebagai akibat dari tekanan yang diberikan. Besarnya nilai modulus elastisitas diperoleh dari persamaan 2 sebagai berikut.

$$E = \frac{f}{\epsilon} \quad (2)$$

Dimana :

- $E$  = Modulus Elastisitas Beton Tekan (MPa)
- $F$  = Kuat Tarik Beton (MPa)
- $\epsilon$  = Regangan (mm)

## METODE

### Material

Material utama pada *textile reinforced concrete* berupa komposit yang terdiri dari tekstil yang berfungsi sebagai *reinforcement* dan *fine-grained concrete* digunakan sebagai matriks. Bahan-bahan yang perlu dipersiapkan untuk matriks dalam penelitian antara lain.

Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang memenuhi syarat lolos saringan 1,18 mm.

- 1) Semen dengan jenis *Pozzolan Portland Cement* (PPC).
- 2) Anyaman serat cantula, dengan variasi anyaman 10 mm x 10 mm, 10 mm x 15 mm, 10 mm x 20 mm, 15 mm x 10 mm dan 20 mm x 10 mm.
- 3) *Superplasticizer* yang digunakan adalah SIKACIM® *Superplasticizer* yang diproduksi oleh PT. Sika Indonesia. *Superplasticizer* ini untuk meningkatkan *flowability* pada mortar.
- 4) *Accelerator* SIKACIM® *Accelerator* digunakan untuk membuat benda uji. *Accelerator* berguna untuk mempercepat pengerasan pada mortar dan meningkatkan kekuatan mortar pada umur awal.
- 5) *Polymer Bonding Adhesive* dari PT Ingus Badak. Polimer berguna sebagai perekat antara mortar dengan serat cantula.

### Benda Uji

Benda uji yang digunakan pada penelitian ini berbentuk jam pasir dengan dimensi panjang 250 mm, tebal 10 mm dan lebar 50 mm. Pengujian benda uji dilakukan dengan cara tarik langsung pada umur 28 hari dengan menggunakan UTM. *Reinforcement* yang digunakan adalah anyaman serat cantula yang di tempelkan ke beton menggunakan *Polymer Modified Mortar* (PMM). Variasi matriks yang diuji berupa anyaman serat cantula pada *textile reinforced concrete* (TRC). Variasi anyaman serat cantula yang akan diteliti yaitu 10 mm x 10 mm, 10 mm x 15 mm, 10 mm x 20 mm, 15 mm x 10 mm dan 20 mm x 10 mm. Tiap variasi diatas dibuat masing masing 3 benda uji umur 28 hari, detail jumlah benda uji dapat dilihat pada **Tabel 1** dibawah ini.

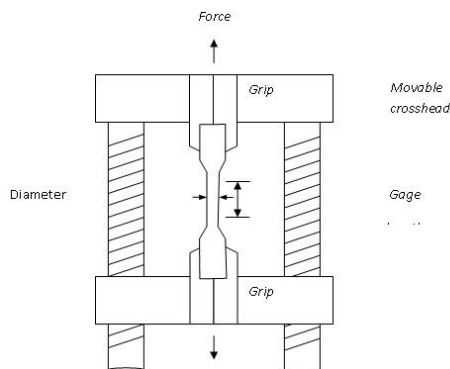
**Tabel 1.** Benda Uji Kuat Tarik PMM TRC

Kode	Jumlah
TRC 000	3
TRC 100	3
TRC 150	3
TRC 200	3
TRC 051	3
TRC 002	3
Jumlah	18

Pengujian kuat tarik ini dilakukan berdasarkan ASTM C-307-03 tetapi dengan modifikasi pada benda uji karena keterbatasan alat, alat yang dipakai adalah *Universal Testing Machine* (UTM).

### Setting Test Speciment

Benda uji yang telah dibuat selanjutnya akan diuji kuat tarik langsung hingga runtuh dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).



Gambar 2. Setting test speciment kuat tarik langsung

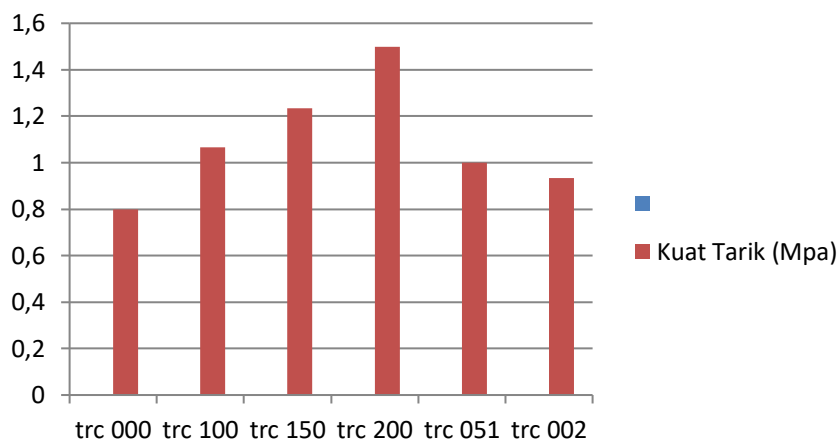
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Uji Kuat Tarik

Hasil uji kuat tarik menggunakan *Polymer Modified Mortar* (PMM) dengan bentuk jam pasir. Berikut adalah hasil uji kuat tarik pada **Tabel 2**

**Tabel 2** Hasil Uji Kuat Tarik Langsung *Polymer Modified Mortar* berserat cantula

Kode	Kuat Tarik (Ff) (MPa)
TRC 000	0.8
TRC 100	1,0667
TRC 150	1,2333
TRC 200	1,5
TRC 051	1,0
TRC 002	0,9334



Gambar 3. Diagram Hubungan kuat tarik langsung PMM antar variasi anyaman serat cantula

#### Perpanjangan Benda Uji

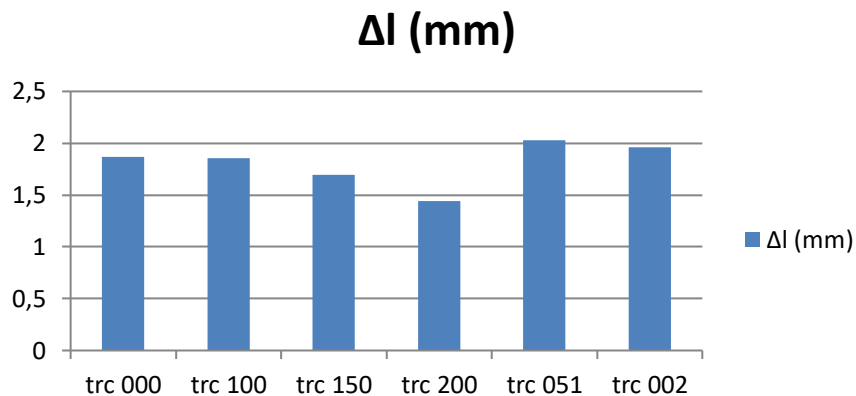
Pengujian kuat tarik langsung dilakukan dengan variasi umur 28 hari menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) sehingga didapatkan beban tarik langsung maksimum (Pmaks) dan pertambahan panjang ( $\Delta l$ ).

Dari hasil uji tarik diatas didapatkan nilai perpanjangan benda uji. Berikut ini adalah nilai perpanjangan benda uji pada **Tabel 3**

**Tabel 3** Nilai perpanjangan benda uji.

Kode	Kuat Tarik (MPa)	Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) (mm)
TRC 000	0.8	1.87
TRC 100	1,0667	1,8567
TRC 150	1,2333	1,6934

TRC 200	1,5	1,44
TRC 051	1,0	2,03
TRC 002	0,9334	1,96



**Gambar 4** Diagram Hubungan Perpanjangan Benda Uji antar Variasi Anyaman Serat Cantula

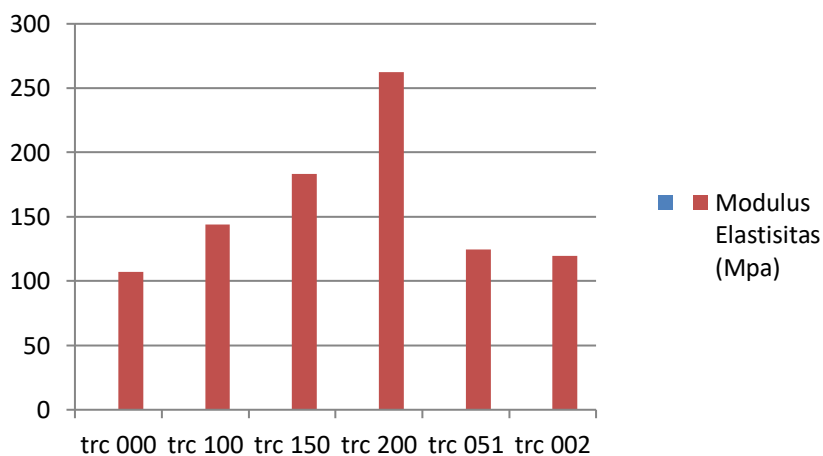
### Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas yang besar menunjukkan beton mampu menahan beban yang besar dengan kondisi regangan yang kecil.

Hasil analisis modulus elastisitas pada **Tabel 4** dibawah ini.

**Tabel 4** Nilai Modulus Elastisitas

KODE	Kuat Tarik (MPa)	Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) (mm)	Modulus (E) (Mpa)
TRC 000	0.8	1.87	106.9572
TRC 100	1,0667	1,8567	143.9205
TRC 150	1,2333	1,6934	183.3984
TRC 200	1,5	1,44	262.2968
TRC 051	1,0	2,03	124.3722
TRC 002	0,9334	1,96	119.4759



**Gambar 5** Diagram Modulus Elastisitas PMM TRC dengan variasi anyaman serat cantula

### Rekapitulasi Analisis Perhitungan

Setelah didapatkan hasil uji kuat tarik, pertambahan panjang dan nilai modulus elastisitas PMM maka dapat dilihat pada tabel rekapitulasi sebagai berikut,

**Tabel 5** Rekapitulasi Kuat Tarik, Pertambahan Panjang Benda Uji dan Moudulus Elastisitas

KODE	Kuat Tarik (MPa)	Pertambahan panjang ( $\Delta l$ ) (mm)	Modulus (E) (MPa)
TRC 000	0,8	1,87	106.9572
TRC 100	1,0667	1,8567	143.9205
TRC 150	1,2333	1,6934	183.3984
TRC 200	1,5	1,44	262.2968
TRC 051	1,0	2,03	124.3722
TRC 002	0,9334	1,96	119.4759

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai kuat tarik dan nilai modulus elastisitas pada *Polymer Modified Mortar* (PMM) dengan penambahan variasi anyaman serat cantula dapat disimpulkan :

- 1) Nilai kuat tarik optimum terjadi pada variasi anyaman serat cantula 10 mm x 20 mm (TRC 200) sebesar 1,5 MPa atau 87,5% lebih tinggi jika dibandingkan dengan PPM tanpa penambahan anyaman serat cantula.
- 2) Nilai pertambahan panjang optimum terjadi pada variasi anyaman serat 15 mm x 10 mm (TRC 051) yaitu sebesar 2,03 mm atau 8,5562% lebih tinggi jika dibandingkan dengan PMM tanpa penambahan anyaman serat cantula.
- 3) Nilai Modulus Elastisitas optimum terjadi pada variasi anyaman serat cantula 10 mm x 20 mm (TRC 200) sebesar 262,2968 MPa atau 145,2352 % lebih tinggi jika dibandingkan dengan PMM tanpa penambahan anyaman serat cantula.

### REFERENSI

- EFNARC. 2002. *Specification and Guidelines For Self-Compacting Concrete*. EFNARC Association House, UK.
- Triantafillou, P.E. 2007. Textile-Reinforced Mortar (TRM) versus FRP Confinement in Reinforced Concrete Columns. *ACI Structural Journal*.
- ASTM C-109. 2016. *Standart Test Methode for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. Or [50-mm] Cube Specimen)*. Annual Books of ASTM Standart USA.
- Ohama, Yoshihiko. 1995. *Handbook of Polymer-Modified Concrete and Mortars Properties and Pricess Technology*. USA : Noyes Publications.
- ASTM C-579-01. 2012. *Standart Test Methode for Compressive Strength of Chemical Resistance Mortar, Grout, Monolithic Surfacing and Polymer Concrete*. Annual Books of ASTM Standart USA.
- Raharjo, Wijang W. 2015 *Sifat tarik dan Lentur Komposit rHDPE / Serat Cantula dengan Variasi panjang Serat*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret
- Kartika, Febiana Yoda.2018. Pengaruh Volume *Fraction* dan Aspek Rasio Serat Agave Cantula Roxb Dengan *Polymer Modified Mortar* Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Tarik Langsung. Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta.