

Penggunaan Geotextile Sebagai Perkuatan Pada Silinder Beton Mutu Normal

Febrialdo Pratama Salinding^{*1}, Jonie Tanijaya ^{*2}, Benny Kusuma^{*3}

^{*1} Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia febrialdopratamasalinding@gmail.com

^{*2,3} Dosen Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia ² Jonie.tanijaya@gmail.com ² dan kusumab06@yahoo.com ^{*3}

Corresponding Author: febrialdopratamasalinding@gmail.com

Abstrak

Karena adanya transformasi beban suatu susunan pada infrastruktur bangunan dapat menerima beban diluar rencana awal, untuk itu perlu dilakukan perkuatan struktur agar struktur bangunan tetap aman. Dalam penelitian ini penggunaan serat woven & non woven pada beton baru diharapkan bisa menambah kuat tekan, kuat tarik belah dan modulus elastisitas terhadap beton konvensional. Mix design penelitian ini menggunakan metode American Concrete Institute (ACI). Sampel uji berjumlah 36 kemudian dibagi menjadi 3 variasi. Hasil penelitian ini telah menunjukkan penambahan kuat tekan, kuat tarik belah, dan modulus elastisitas. Kuat tekan untuk woven meningkat 29,485% dan non woven meningkat 7,296%, kuat tarik belah untuk woven meningkat 24,633% dan non woven meningkat 5,285%, modulus elastisitas untuk woven meningkat 20,924% dan non woven meningkat 9,356%. Untuk perbandingan kedua material, woven lebih kuat daripada non woven.

Kata kunci: Geotextile Woven, Non Woven, Beton

Abstract

Because of the transformation of the load of an arrangement on the building infrastructure can receive the load outside the original plan, for that it is necessary to strengthen the structure so that the structure of the building remains safe. In this study the use of woven & non-woven fibers in new concrete is expected to increase strong press, strong tensile and modulus elasticity to conventional concrete. The mix design of the study uses the American Concrete Institute (ACI) method. The test sample of 36 was then divided into 3 variations. The results of this study have shown the addition of strong press, strong pull, and modulus elasticity. Strong press for woven increased 29.485% and non-woven increased 7.296%, strong pull for woven increased 24.633% and non-woven increased 5.285%, modulus elasticity for woven increased 20,924% and non-woven increased 9.356%. For the comparison of both materials, woven is stronger than non-woven.

Keywords: Woven Geotextiles, Non Woven, Concrete

PENDAHULUAN

Perkembangan bahan-bahan konstruksi sangat diperlukan baik itu bahan alami maupun bahan buatan. Perkembangan bahan tersebut meningkat seiring dengan kebutuhan manusia baik itu sebagai bahan utama dalam suatu struktur maupun sebagai bahan pendukung. Berbagai macam bahan yang biasa dipergunakan dalam konstruksi seperti beton, baja, kayu dan tidak ketinggalan sekarang bahan-bahan dari polimer (*Plastics*). [1]

Beton serat (*fiber concrete*) ialah bagian komposit yang terdiri dari beton biasa dan bahan lain yang berupa serat. Jika serat yang dipakai mempunyai modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada beton, maka beton serat akan mempunyai kuat tekan, kuat tarik, maupun modulus elastisitas yang sedikit lebih tinggi daripada beton biasa (Tjokrodimuljo 1996). [2]

Glass Fiber Reinforced Polimer (GFRP) jenis *geotextile woven* dan *non woven* adalah material yang terbuat dari *fiber* (serat) material sintetis seperti glass, aramid atau carbon yang disatukan oleh zat matrik, seperti epoksi atau *polyester*. Pengembangan penggunaan *geotextile woven roving* pada rekayasa sipil terdiri dari dua bagian, pertama untuk rehabilitasi dan perbaikan struktur dan kedua untuk pembuatan konstruksi baru yang sepenuhnya menggunakan FRP jenis *geotextile woven* dan *non woven* ataupun komposit dengan beton. Penggunaan FRP jenis *geotextile woven* dan *non woven* dalam perkuatan struktur antara lain pada balok, pelat, jembatan, kolom.

Saat ini *Fiber Reinforced Polimer* (FRP) menjadi tren di dunia, baik di bidang transportasi, industri, infrastruktur, hingga permukiman. FRP dipilih sebagai alternatif material struktur karena rasio *strength* terhadap berat sendiri yang sangat tinggi disamping memiliki sifat lainnya seperti non konduktif, anti korosi, dan sebagainya. [3]

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat dari penggunaan *geotextile woven* dan *non woven* terhadap beton dengan parameter pengujian yaitu kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas.

1. Material yang digunakan

a) Agregat

Agregat yang mempunyai butiran-butiran yang besar disebut agregat kasar yang ukurannya lebih besar dari 4,75 mm atau tertahan pada saringan no. 4 yang berupa batu pecah (*split*) dan kerikil. Sedangkan butiran agregat yang kecil disebut agregat halus yang memiliki ukuran lebih kecil dari 4,75 mm atau lolos saringan no. 4 yang berupa pasir dan material halus lolos saringan lainnya. [4]

b) *Portland Composite Cement* (PCC)

Menurut ASTM C150, 1985, semen portland didefinisikan sebagai semen hidrolik yang dihasilkan dengan cara menggilingkan klinker yang terutama terdiri dari kalsium selikat hidrolik yang pada umumnya mengandung satu atau lebih bentuk kalsium sulfat sebagai bahan tambahan yang digiling bersama-sama dengan bahan utamanya. Semen sebagai pengikat hidrolis (bahan yang mengeras setelah bersenyawa dengan air) mengikat agregat agar terjadi suatu massa yang kompak/padat pada beton serta mengisi rongga-rongga diantara butiran agregat. [5]

c) Air

Air untuk pembuatan beton sebaiknya digunakan air bersih yang dapat diminum. Air yang diambil dari dalam tanah (misalnya air sumur) atau air yang berasal dari perusahaan air minum, pada umumnya cukup baik bila dipakai untuk pembuatan beton. [6]

d) *Geotextile/FRP*

Geotextile/FRP adalah inovasi perkuatan composite yang saat ini banyak digunakan sebagai perkuatan eksternal tambahan pada struktur karena sifatnya setelah dipasang pada struktur beton mampu menghilangkan kekurangan beton yang getas menjadi struktur yang *ductile*. (Parmo dan

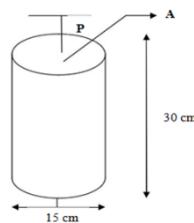
Taufikurrahman, 2014). Dalam penggunaanya, material ini diaplikasikan dengan bahan perekat seperti resin atau *epoxy*. Menurut Hartomo (2003), FRP memberikan keuntungan antara lain memberikan kuat tarik yang tinggi, sangat ringan, pelaksanaan lebih cepat, tidak memerlukan area kerja yang luas, dan tidak mengalami korosi. Kuat tarik FRP dapat mencapai 7-10 kali lebih tinggi dari baja. [7]

2. Sifat Mekanik Beton

a) Kuat Tekan Beton

Kuat tekan beton merupakan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan sampel uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan.

$$f'_c = \frac{P}{A} \quad (1)$$

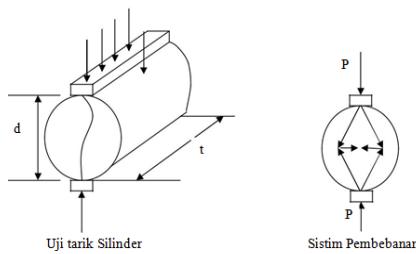


Gambar 1. Pengujian Kuat Tekan Beton

b) Kuat Tarik belah Beton

Kuat tarik belah beton adalah kuat tarik belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya. Untuk mengetahui kapasitas tarik belah (*tensile splitting test*) dengan menggunakan benda uji silinder berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. standar pengujian mengacu pada ASTM C 496/C 496M – 04e1 “*Standard Test Method for Splitting Tensile Strength of Cylindrical Concrete Specimens*”. [8] Kuat tarik belah dapat dihitung dengan rumus

$$f_t = \frac{2P}{\pi L d} \quad (2)$$



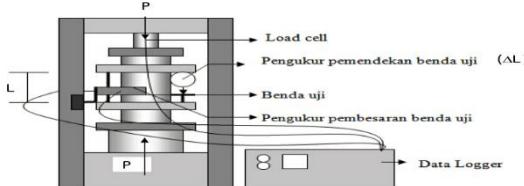
Gambar 2. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

c) Modulus Elastisitas Beton

Pengujian ini diterapkan pada beton dengan bentuk silinder ukuran 15cm x 30cm. Silinder yang diuji dipasang dial gauge untuk membantu dalam pengukuran pemendekan yang terjadi pada silinder tersebut. Modulus elastisitas yang besar menunjukkan kemampuan beton menahan beban yang besar dengan kondisi regangan yang terjadi kecil. Untuk beton normal biasanya memiliki modulus elastisitas antara 25 KN/mm² – 36 Kn/mm². [9]

Ukuran yang digunakan untuk menentukan kemampuan *geotextile* mengalami regangan akibat tegangan yang bekerja adalah modulus elastisitas *geotextile*. Besarnya modulus elastisitas *geotextile* tergantung dari jenis dan spesifikasi *geotextile* yang diberikan oleh pabrik pembuatnya [10]

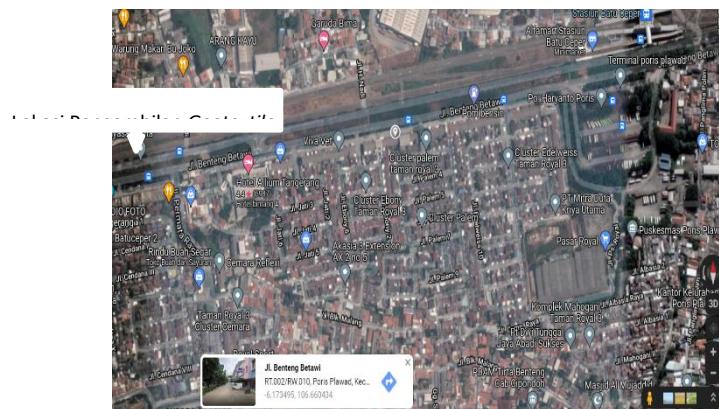
$$E_c = \frac{S_2 - S_1}{\epsilon_2 - 0,00005} \quad (5)$$



Gambar 3. Pengujian modulus elastisitas beton

METODOLOGI

Lokasi pengambilan *geotextile* berada pada pabrik PT. Index Bangun Mandiri, Jl. Benteng Betawi No.35, Kota Tangerang Banten.



Gambar 4. Tempat pengambilan *Geotextile*

1. Pemeriksaan karakteristik Material

Dalam pengujian ini agregat yang dipakai dalam campuran beton terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan karakteristik untuk mempertahankan kualitas beton itu sendiri. Pengujian bahan dilakukan atas agregat halus yaitu pasir meliputi pemeriksaan gradasi, berat jenis, serapan agregat, kadar lumpur dan kandungan zat organik. Untuk agregat kasar yaitu batu pecah dilakukan pemeriksaan gradasi, berat jenis, serapan air dan uji *Los Angeles Abrasion Test*. [11] [12]

Tabel 1. Spesifikasi karakteristik agregat halus

Karakteristik Agregat Halus	Interval Batas	Pedoman
Kadar lumpur, %	0,2 – 6	SNI 03-4142:1996
Kadar organik, warna	<No.3	2816:2014
Kadar air, %	3-5	SNI 03-1971:2011
Berat volume padat, kg/ltr	1,40-1,90	SNI 03-4804:1998
Berat volume gembur, kg/ltr	0,20-2,00	SNI 03-4804:1998
Penyerapan, %	0,20-2,00	SNI 1970:2008
Berat jenis (SSD)	1,6 – 3,2	SNI 1970:2008
Modulus kehalusan	2,20 – 3,10	SNI 03-1968:1990

Tabel 2. Spesifikasi karakteristik agregat kasar

Karakteristik Agregat Kasar	Interval Batas	Pedoman
Kadar Lumpur, %	0,2 – 1,0	SNI 03-4142-1996
Kadar Air, %	0,5 – 2,0	SNI 03-1971-2011
Berat volume padat, kg/ltr	1,40 – 1,90	SNI 03-4804-1998
Berat volume gembur, kg/ltr	1,40 – 1,90	SNI 03-4804-1998
Penyerapan, %	0,20 – 2,00	SNI 1969-2008
Berat jenis SSD	1,60 – 3,20	SNI 1969-2008

Tabel 3. Identifikasi Benda Uji

Aggregat yang digunakan	Jenis pengujian	Umur sampel	Bentuk benda uji	Jumlah benda uji
Woven	Kuat Tekan Beton	7 hari, 21 hari, 28 hari	Silinder 15cm×30cm	9
	Kuat Tarik Belah Beton	28 hari	Silinder 15cm×30cm	3
	Modulus Elastisitas Beton	28 hari	Silinder 15cm×30cm	3
Non Woven	Kuat Tekan Beton	7 hari, 21 hari, 28 hari	Silinder 15cm×30cm	9
	Kuat Tarik Belah Beton	28 hari	Silinder 15cm×30cm	3
	Modulus Elastisitas Beton	28 hari	Silinder 15cm×30cm	3
Konvensional	Kuat Tekan Beton	7 hari, 21 hari, 28 hari	Silinder 15cm×30cm	9
	Kuat Tarik Belah Beton	28 hari	Silinder 15cm×30cm	3
	Modulus Elastisitas Beton	28 hari	Silinder 15cm×30cm	3

2. Perawatan Beton

Perawatan beton merupakan salah satu metode untuk membantu proses hidrasi beton (Husni dan Hasibuan, 2019). Perawatan beton menjadi salah satu faktor yang sangat penting dalam penentuan kualitas beton. [12] Benda uji yang telah dilepas dari cetakannya dan diberikan tanda dirawat dengan cara merendamnya di dalam bak air sampai batas waktu pengujian kekuatan beton. Perawatan benda uji dilakukan berdasarkan SNI

2493:2011. Perawatan benda uji dilakukan dengan tujuan :

1. Mencegah terjadinya retak pada permukaan beton akibat pengapan air yang terlalu cepat pada beton.
2. Memperbesar kemungkinan tercapainya kekuatan beton yang disyaratkan dengan cara menstabilkan hidrasi semen.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

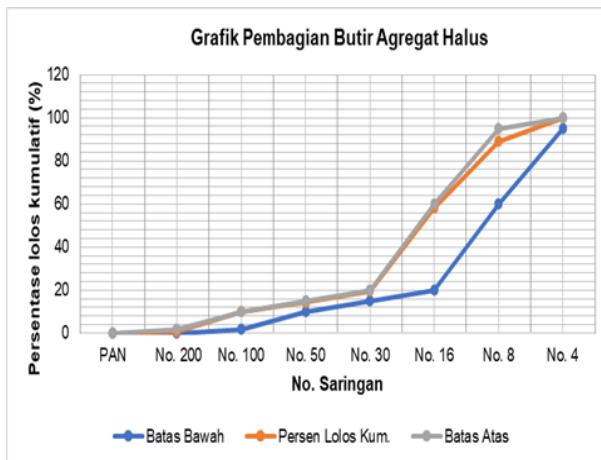
1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Material

Tabel 4. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Halus

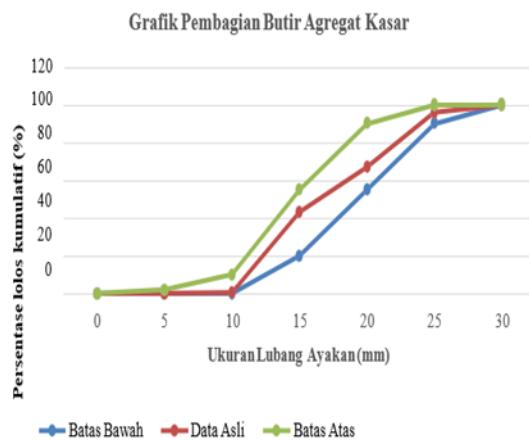
Karakteristik Agregat Halus	Hasil	Interval Batas	Keterangan
Kadar lumpur, %	5%	0,2 – 6	Memenuhi
Kadar organik, warna	No. 1	<No.3	Memenuhi
Kadar air, %	3,989%	3-5	Memenuhi
Berat volume padat, kg/ltr	1671,667 kg/m ³	1,40-1,90	Memenuhi
Berat volume gembur, kg/ltr	1565kg/m ³	0,20-2,00	Memenuhi
Penyerapan, %	1,1 %	0,20-2,00	Memenuhi
Berat jenis (SSD)	2,518	1,6 – 3,2	Memenuhi
Modulus kehalusan	3,090	2,20 – 3,10	Memenuhi

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat Kasar (Batu Pecah)

Karakteristik Agregat Kasar	Hasil	Interval Batas	Keterangan
Kadar Lumpur, %	0,26 %	0,2 – 1,0	Memenuhi
Kadar Air, %	0,705 %	0,5 – 2,0	Memenuhi
Berat volume padat, kg/ltr	1576 kg/liter	1,40 – 1,90	Memenuhi
Berat volume gembur, kg/ltr	1485,714 kg/liter	1,40 – 1,90	Memenuhi
Penyerapan, %	1,317 %	0,20 – 2,00	Memenuhi
Berat jenis SSD	2,613	1,60 – 3,20	Memenuhi



Gambar 5. Grafik Pembagian Butir Agregat Halus



Gambar 6. Grafik Pembagian Butir Agregat Kasar

1. Mix Design Beton dengan Metode ACI

Untuk menguji kuat tekan, kuat tarik, dan modulus elastisitas beton, digunakan benda uji silinder 15 x 30 cm yang diuji pada umur 28 hari dengan proporsi campurannya dirancang Berdasarkan perancangan adukan menurut American Concrete Institute (ACI). [13]

Tabel 6. Rekapitulasi *mix design* beton

Material	Berat (kg)
Agregat Kasar	1024,4 kg/m ³
Agregat Halus	649,644 kg/m ³
Air	445,727 kg/m ³
Semen	193 kg/m ³

2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

Tabel 7. Kuat Tekan Beton Normal

No.	Umur	Luas Penampang Silinder (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan Aktual (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan Aktual (MPa)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan 28 hari (MPa)
1			345	19.523		30.035	
2	7 hari	17671.459	350	19.806	19.617	30.471	30.18
3			345	19.523		30.035	
7			505	28.577		30.081	
8	21 hari	17671.459	515	29.143	28.86	30.677	30.379
9			510	28.86		30.379	
7			530	29.992		29.992	
8	28 hari	17671.459	555	31.407	31.029	31.407	31.029
9			560	31.69		31.69	

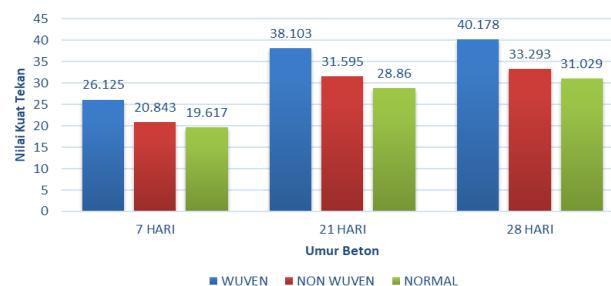
Tabel 7. Kuat Tekan Beton *Woven*

No.	Umur	Luas Penampang Silinder (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan Aktual (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan Aktual (MPa)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan 28 hari (MPa)
1			450	25.465		39.177	
2	7 hari	17671.459	470	26.597	26.125	40.918	40.192
3			465	26.314		40.482	
7			655	37.065		39.016	
8	21 hari	17671.459	685	38.763	38.103	40.803	40.108
9			680	38.48		40.505	
7			730	41.31		41.31	
8	28 hari	17671.459	690	39.046	40.178	39.046	40.178
9			710	40.178		40.178	

Tabel 8. Kuat Tekan Beton *Non Woven*

No.	Umur	Luas Penampang Silinder (mm ²)	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tekan Aktual (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan Aktual (MPa)	Kuat Tekan 28 hari (MPa)	Rata-Rata Kuat Tekan 28 hari (MPa)
1			380	21.504		33.082	
2	7 hari	17671.459	350	19.806	20.843	30.471	32.067
3			375	21.221		32.647	
7			560	31.69		33.357	
8	21 hari	17671.459	575	32.538	31.595	34.251	33.258
9			540	30.558		32.166	
7			580	32.821		32.821	
8	28 hari	17671.459	610	34.519	33.293	34.519	33.293
9			575	32.538		32.538	

Hubungan antara umur beton dengan kuat tekan beton



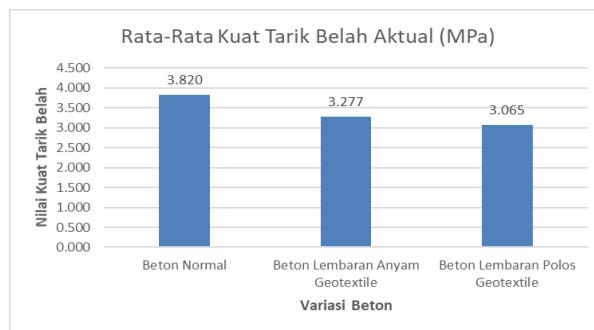
Gambar 7. Hubungan antara umur beton dengan nilai kuat tekan beton

Berdasarkan gambar diatas, beton dengan lembaran anyam menghasilkan kuat tekan yang nilainya lebih besar daripada beton dengan lembaran polos dan beton normal. Nilai yang diperoleh pada beton dengan lembaran anyam umur 28 H adalah 40.178 MPa, beton dengan lembaran polos yakni 33,293 MPa, dan beton normal yakni 31,029 MPa.

1. Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah

Tabel 9. Kuat Tarik Belah

No.	Kode Benda Uji	Beban Maksimum (kN)	Kuat Tarik Belah Aktual (MPa)	Rata-Rata Kuat Tarik Belah Aktual (MPa)
1	A 28 (1)	270	3.82	
2	A 28 (2)	255	3.608	3.82
3	A 28 (3)	285	4.032	
4	B 28 (1)	220	3.112	
5	B 28 (2)	245	3.466	3.227
6	B 28 (3)	230	3.254	
7	C 28 (1)	205	2.9	
8	C 28 (2)	225	3.183	3.065
9	C 28 (3)	220	3.112	



Gambar 8. Hubungan antara variasi dengan nilai kuat tarik belah

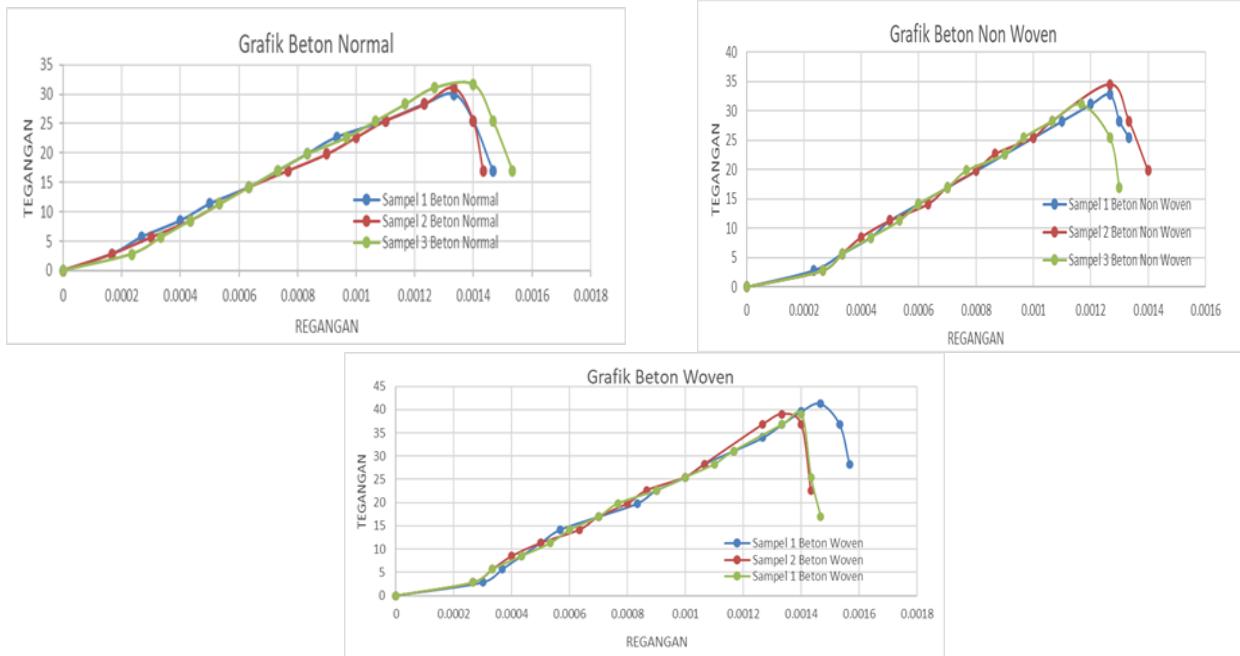
Berdasarkan gambar 8 disamping dapat disimpulkan bahwa penggunaan *geotextile* mempengaruhi kekuatan beton, dimana penggunaan lembaran anyam *geotextile* memiliki nilai kuat tarik yang tinggi yaitu 3,820 MPa dari beton yang menggunakan lembaran polos 3,227 Mpa dan beton konvensional 3,065 MPa.

3. Hasil Pengujian Nilai Modulus Elastisitas

Nilai modulus elastisitas yang diperoleh pada beton yang berumur 28 H adalah 27059,651 MPa dan nilai kuat tekan yang diperoleh pada beton yang berumur 28 H adalah 40,178 MPa. Sehingga hubungan antara kuat tekan beton dengan modulus elastisitas berbanding lurus.

Nilai Modulus Elastisitas tersebut didapat berpedoman pada SNI 2847:2013 diberikan korelasi antara modulus elastisitas dengan kuat tekan beton yangdinyatakan dengan : [14]

$$E_c = 4700\sqrt{(f'_c c)}$$



Gambar 9. Grafik Tegangan & Regangan

Sehingga nilai modulus elastisitas teoritisnya yaitu 29791,394 MPa, nilai tersebut lebih besar 1,022% dari modulus elastisitas yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium.

KESIMPULAN

1. Pada penelitian ini diperoleh bahwa lembaran anyam merupakan variasi tertinggi, dimana nilai kuat tekannya 40,178 MPa dengan persentase kenaikan 29,485% terhadap beton normal, nilai kuat tarik belah yaitu 3,820 MPa dengan persentase kenaikan 24,633 terhadap beton normal, nilai modulus elastisitas yaitu 27324,7 MPa dengan persentase kenaikan 20,924%.
2. Hubungan antara kuat tekan dan tarik belah pada variasi tertinggi yaitu 9,508% sehingga nilai tersebut memenuhi, dimana korelasi antara kuat tekan dan tarik belah berkisar 7% - 11% dengan rata-rata berkisar 10%. Hubungan antara kuat tekan dan modulus elastisitas pada variasi tertinggi adalah berbanding lurus dimana jika nilai kuat tekan meningkat, maka nilai modulus elastisitas pun akan meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. X. Ndale, "Penggunaan Geotextile Sebagai Bahan Bangunan," *Teknosiar*, vol. 13, no. 2, pp. 64-73, 2019.
- [2] K. Tjokrodimuljo, *Teknologi Beton*, Yogyakarta: Nafiri, 1996.
- [3] E. Widyaningsih, B. Herbudiman and S. Hardono, "Kajian Eksperimental Kapasitas sambungan Material Fiber Reinforced Polymer," *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, vol. 2, no. 3, pp. 29-38, 2016.
- [4] I. Sulianti, A. R. Shaputra and D. , "Analisis Pengaruh Besar Butiran Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Normal," *Jurnal Forum Mekanika*, vol. VII, no. 1, pp. 35-42, 2018.
- [5] A. Agung, "Kajian Kuat Tekan Beton Normal Menggunakan Standar SNI 7656-2012 dan ASTM C136-06," *Rang Teknik Jurnal*, vol. I, no. 2, pp. 142-148, 2018.
- [6] A. Asroni, *Teori Dan Desain Balok Pelat Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*, Surakarta: Muhammadiyah University Press, 2017.

- [7] A. U. Jamal, H. A. Bale and I. Haqiqi, "Perilaku Lentur Perbaikan Balok Beton Bertulang Dengan Variasi Lebar Carbon Fibre Reinforced Polymer," *Jurnal Teknisia*, vol. XX, no. 2, pp. 154-162, 2015.
- [8] A. Setiawan, *Perancangan Struktur Beton Bertulang*, Jakarta: Erlangga, 2016.
- [9] P. Gunawan , S. Prayitno and A. M. Isman , "Pengaruh Penambahan Serat Seng Pada Beton Ringan Dengan Teknologi Foam Terhadap Kuat Tekan, Kuat Tarik, Dan Modulus Elastisitas (190M)," *Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 (KoNTekS 7)*, vol. 1, pp. 153-160, 2013.
- [10] Y. Zaika and B. A. Kombino, "Penggunaan Geotextile Sebagai Alternatif Perbaikan Tanah Terhadap Penurunan Pondasi Dangkal," *Jurnal Rekaya Sipil*, vol. 4, no. 2, pp. 91-98, 2010.
- [11] J. J. Sudjati, A. Aditya and F. A. Ambarita, "Perbaikan Dan Perkuatan Lentur Balok Beton Bertulang Dengan Glass Fiber Tipe Woven Roving," *Konferensi Nasional Teknik Sipil 11 (KoNTekS 11)*, vol. 2, pp. (SK-17)-(SK-23), 2017.
- [12] C. Kamba, "Agregat Dari Material Lokal," in *Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi)*, Makassar, Tohar Media, 2021, pp. 35 - 46.
- [13] K. C. Budi, A. I. Candra, D. A. Karisma, S. Muslimin and S. , "Pengaruh Metode Perawatan Beton Dengan Suhu Normal Terhadap Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi," *Jurnal CIVILa*, vol. V, no. 2, pp. 460-467, 2020.
- [14] M. Suhardiman, "Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton," *Jurnal Teknik*, vol. 1, no. 2, pp. 88-95, 2011.
- [15] "Persyaratan Beton Struktural Untuk Bagunan Gedung," in *SNI 2847:2013*, Jakarta, Badan Standarisasi Nasional, 2013, p. 61.