

**TINJAUAN KUAT TEKAN DAN MODULUS ELASTISITAS BETON
MUTU NORMAL (f'_c 20 MPa, 22,5 MPa dan 25 MPa) DENGAN METODE
PEMBACAAN DATA MESIN *UNIVERSAL TESTING MACHINE* (UTM)
SISTEM DIGITAL DAN MANUAL**

Puput Retno Utami; Abdul Rochman

**Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Surakarta**

Abstrak

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia yang meningkat didukung adanya pembangunan Ibu Kota Negara (IKN) dan beberapa pembangunan infrastruktur pemerintah menjadikan penelitian mengenai karakteristik beton diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik beton yaitu kuat tekan dan modulus elastisitas pada beton normal dengan metode pembacaan data hasil pengujian UTM sistem digital dan manual. Perencanaan campuran beton berdasarkan *American Concrete Institute* (ACI) menggunakan bahan penyusun berupa agregat kasar, agregat halus, semen dan air dengan kuat tekan rencana 20 MPa, 22,5 MPa dan 25 MPa. Benda uji berupa silinder ukuran 150 mm x 300 mm. Sampel yang digunakan untuk pengujian ini yaitu 10 sampel untuk masing – masing mutu rencana. Hasil pengujian nilai kuat tekan beton dengan UTM digital dan UTM manual f'_{cr} 20 Mpa sebesar 20,041 MPa dan 20,903 MPa, f'_{cr} 22,5 MPa sebesar 23,395 MPa dan 23,964 MPa, f'_{cr} 25 MPa sebesar 27,664 MPa dan 27,133 MPa. Secara umum hasil pengujian kuat tekan dengan UTM manual lebih tinggi dari hasil pengujian dengan UTM digital. Nilai modulus elastisitas beton dengan pembacaan grafik hasil pengujian UTM digital dan UTM manual f'_{cr} 20 MPa sebesar 16301,317 MPa dan 15801,541 MPa, f'_{cr} 22,5 sebesar 22661,765 MPa dan 19906,802 MPa, f'_{cr} 25 MPa sebesar 23694,836 MPa dan 21623,260 MPa. Nilai modulus elastisitas dicari dengan rumus SNI 4700. $\sqrt{f'_c}$ berdasarkan nilai kuat tekan hasil pengujian UTM digital dan UTM manual f'_{cr} 20 MPa sebesar 19251,605 MPa dan 21478,819 MPa, f'_{cr} 22,5 MPa sebesar 22713, 691 MPa dan 22946,670 MPa, f'_{cr} 25 MPa sebesar 24720,325 MPa dan 24207,102 MPa. Secara umum nilai modulus elastisitas beton hasil pembacaan grafik UTM digital lebih mendekati dengan nilai modulus elastisitas dari rumus SNI 4700. $\sqrt{f'_c}$.

Kata kunci : Beton Normal, Karakteristik Beton, Kuat Tekan Beton, Modulus Elastisitas Beton, UTM Digital, UTM Manual.

Abstract

The increasing development of the construction industry in Indonesia, supported by the development of the National Capital City (IKN) and several government infrastructure developments, makes research into characteristics of concrete is necessary. This research into the characteristics of concrete, namely compressive strength and modulus elasticity of normal concrete using digital and manual system UTM test data reading methods. Concrete mix planning based on the American Concrete Institute (ACI) uses constituent materials in the form of coarse aggregate, fine aggregate, cement and water with a design compressive strength of 20 MPa, 22,5

MPa and 25 MPa. The test object is a cylinder measuring 150 mm x 300 mm. The samples use for this test were 10 samples for each plan quality. The results of testing the compressive strength values of concrete with digital UTM and manual UTM f'_{cr} 20 MPa is 20,041 MPa and 20,903 MPa, f'_{cr} 22,5 MPa is 23,395 MPa and 23,964 MPa, f'_{cr} 25 MPa is 27,664 MPa and 27,133 MPa. In general, the compressive strength test results with manual UTM are higher than the test results with digital UTM. The value of the modulus elasticity of concrete by reading graph of digital UTM and manual UTM test results f'_{cr} 20 MPa is 16301,317 MPa and 15801,541 MPa, f'_{cr} 22,5 MPa is 22661,765 MPa and 19906,802 MPa, f'_{cr} 25 MPa is 23694,836 MPa and 21623,260 MPa. The modulus of elasticity value is found using the SNI 4700. $\sqrt{f'_c}$ formula based on the compressive strength value of the digital UTM and manual UTM test results for f'_{cr} 20 MPa is 19251,605 MPa and 21478,819 MPa, f'_{cr} 22,5 MPa is 22713,691 MPa and 22964,670 MPa, f'_{cr} 25 MPa is 24720,325 MPa and 24207,102 MPa. In general, the modulus of elasticity value for concrete from reading the digital UTM graph is closer to the modulus of elasticity value from the SNI 4700. $\sqrt{f'_c}$ formula.

Keyword : Normal Concrete, Concrete Characteristics, Concrete Compressive Strength, Modulus Elasticity Of Concrete, Digital UTM, Manual UTM.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin mutakhir pada beberapa dekade terakhir secara tidak langsung memberikan dampak dalam bidang infrastruktur sehingga berkembang pesat. Perkembangan industri konstruksi mempengaruhi peningkatan penggunaan material konstruksi. Salah satu material utama yang paling banyak digunakan dalam industri konstruksi saat ini adalah material pembentuk beton. Dalam industri konstruksi perkembangan teknologi beton sebagai bahan struktur terus dilakukan penelitian untuk mendapatkan kualitas yang lebih baik tanpa mengabaikan nilai ekonomis. Menurut (SNI 2847:2019), beton merupakan campuran semen portland atau semen hidrolik lainnya, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambah yang membentuk masa padat. Beton dengan mutu yang baik perlu memperhatikan sifat dan karakteristik dari masing – masing penyusunnya.

Salah satu sifat penting yang harus dimiliki beton adalah kuat tekan atau kemampuan beton untuk menahan beban tekanan persatuan luas. Modulus elastisitas merupakan rasio tegangan normal terhadap tegangan terkait pada tegangan tekan di bawah proporsionalitas material (Christianto, Utami, & Yoana, 2023). Dalam penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan beton normal untuk menganalisa sifat mekanik dari beton tersebut dengan pembacaan data menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan sistem digital dan manual untuk mengetahui modulus elastisitas beton.

Penelitian kali ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil pengujian kuat tekan dan nilai modulus elastisitas dengan pembacaan data menggunakan mesin UTM sistem digital dan manual. Selanjutnya, akan dilakukan tinjauan mengenai tingkat ketelitian nilai modulus elastisitas yang didapatkan dari rumus pendekatan $4700 \cdot \sqrt{f'c}$ terhadap hasil pengujian laboratorium kuat tekan sesuai mutu beton yang telah direncanakan yaitu $f'c$ 20 MPa, $f'c$ 22,5 MPa, dan $f'c$ 25 MPa tanpa menggunakan bahan tambah (*admixture*).

2. METODE

Metode yang digunakan pada pengujian ini yaitu metode eksperimental dengan mengembangkan penelitian yang pernah dilaksanakan sebelumnya. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan mengembangkan gagasan mengenai penggunaan UTM digital untuk mencari nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton dengan pembacaan grafik hubungan tegangan dan regangan.

2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain, Semen jenis Portland Tipe 1 dengan merek dagang Semen Gresik. Agregat kasar dengan ukuran maksimum 40 mm yang berasal dari PT. Pancadarma Beton Readymix. Agregat halus berasal dari penambangan pasir gunung merapi yang didapatkan di PT. Pancadarma Beton Readymix. Air dari Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta.

2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain, Timbangan digital dengan ketelitian 5 gram dan 1 gram untuk menimbang material beton, *concrete mixer* untuk mencampur material menjadi beton segar, kerucut *abram's* digunakan pada pengujian *slump test* untuk mencari tingkat kekentalan beton segar, bekisting digunakan untuk mencetak sampel beton berbentuk silinder, *Universal Testing Machine* (UTM) sistem digital dan manual untuk pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas, *oven* digunakan untuk mengeringkan agregat sebelum maupun pada saat pengujian, dial untuk membaca penurunan akibat pembebanan, mesin *los angeles* untuk pengujian keausan agregat kasar, saringan digunakan untuk memastikan bahwa agregat yang digunakan memenuhi spesifikasi yang direncanakan.

2.3 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta. Tahapan penelitian ini dibagi menjadi 5 tahapan, yaitu :

Tahap 1 : melakukan persiapan alat, bahan dan material yang dibutuhkan dalam penelitian.

Tahap 2 : merupakan tahap pengujian pendahuluan bahan – bahan untuk pembuatan benda uji agar mengetahui kualitas bahan yang digunakan sesuai Standar Nasional Indonesia. Pengujian yang dilakukan antara lain pengujian kadar lumpur, kandungan bahan organik, berat jenis dan penyerapan air, analisa ayakan dan keausan.

Tahap 3 : perencanaan *mix design* berdasarkan *American Concrete Institute* (ACI) untuk pembuatan benda uji berdasarkan mutu rencana yaitu 20 MPa, 22,5 MPa dan 25 MPa. Sebelum benda uji dicetak dilakukan *slump test* untuk mengetahui kualitas beton segar. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder dengan dimensi 150 mm x 300 mm. Setelah benda uji mengeras dilakukan perawatan (*curing*) dengan merendam di bak selama 28 hari.

Perencanaan campuran dan jumlah benda uji yang dibutuhkan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1 Komposisi bahan campuran beton

Mutu (MPa)	Semen	Kerikil	Pasir	Air
25	21.67	58.77	37.55	10.19
22,5	21.22	58.77	37.95	10.19
20	20.57	58.77	38.52	10.19
Total	63.46	176.31	114.02	30.56

Tabel 2 Rincian jumlah benda uji

Mutu Beton	Uji UTM Manual	Uji UTM Computerized	Jumlah
f'_c 20 MPa	5 Sampel	5 Sampel	10 Sampel
f'_c 22,5 Mpa	5 Sampel	5 Sampel	10 Sampel
f'_c 25 MPa	5 Sampel	5 Sampel	10 Sampel
Total benda uji			30 Sampel

Tahap 4 : melakukan pengujian terhadap benda uji yaitu pengujian kuat tekan dan modulus elastisitas beton menggunakan UTM sistem manual dan digital.



Gambar 1 Pengujian dengan UTM digital



Gambar 2 Pengujian dengan UTM manual

Tahap 5 : analisa data berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil analisa data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Agregat Halus

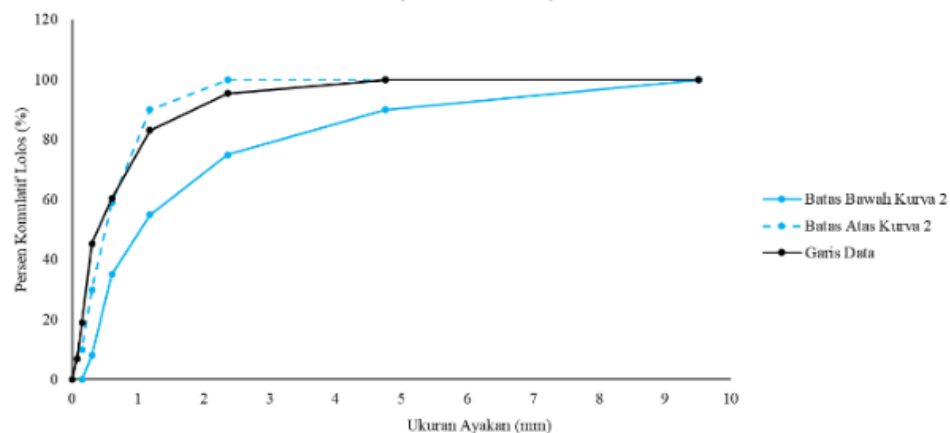
Hasil pengujian agregat halus pada penelitian ini disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Hasil pengujian agregat halus

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SNI	Keterangan
Kadar Lumpur	3,41 %	< 5%	Memenuhi
Kandungan Bahan Organik	Nomor 1	No. 1 – 2	Memenuhi
Berat Jenis Bulk	2,68	-	Tidak ada ketentuan dalam standar SNI
Berat Jenis SSD	2,75	-	Tidak ada ketentuan dalam standar SNI
Berat Jenis Semu	2,88	-	Tidak ada ketentuan dalam standar SNI
Penyerapan Air	2,67 %	< 3%	Tidak Memenuhi
Modulus Halus Butir	2,9	1,5 – 3,8	Memenuhi

Pemeriksaan gradasi agregat halus menunjukkan agregat halus masuk dalam wilayah II dengan keterangan pasir agak kasar. Grafik gradasi agregat halus dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.

Grafik Hubungan antara Ukuran Ayakan dengan Presentase Kumulatif Lolos (Grafik Gradasi Pasir)



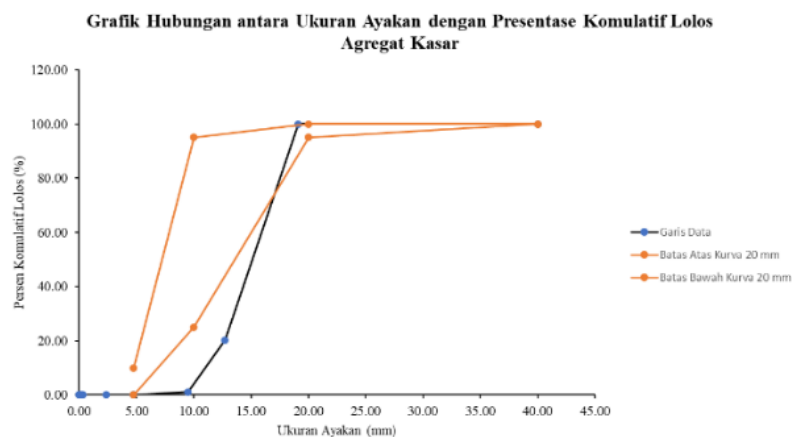
Gambar 3 Grafik gradasi agregat halus

3.2 Pengujian Agregat Kasar

Hasil pengujian agregat kasar pada penelitian ini disajikan pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Hasil pengujian agregat kasar

Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Standar SNI	Keterangan
Berat Jenis SSD	2,41	-	Tidak ada ketentuan dalam SNI
Berat Jenis Semu	2,58	-	Tidak ada ketentuan dalam SNI
Berat Jenis Bulk	2,30	-	Tidak ada ketentuan dalam SNI
Penyerapan Air	4,60%	< 5%	Memenuhi
Keausan	35,7%	< 40%	Memenuhi
Modulus Halus Butir	6,8	5 – 8	Memenuhi



Gambar 4 Grafik gradasi agregat kasar

Pemeriksaan gradasi agregat kasar menunjukkan bahwa agregat kasar termasuk kedalam gradasi dengan ukuran agregat 20 mm. Berdasarkan perencanaan penggunaan agregat kasar dengan ukuran maksimal 40 mm, maka agregat kasar dapat digunakan.

3.3 Pemeriksaan Nilai *Slump*

Pemeriksaan nilai *slump* pada beton merupakan metode yang umum digunakan untuk mengetahui tingkat kekentalan beton segar. Perencanaan campuran beton memiliki nilai *slump* antara 75 mm – 150 mm. Hasil pemeriksaan nilai *slump* dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5 Hasil *slump test*

Pengujian	Mutu Rencana (MPa)	Ukuran Maksimum Agregat	Nilai <i>Slump</i> (mm)	<i>Slump</i> Rencana (mm)	Keterangan
Kuat Tekan	20	40 mm	100	75 - 150	Memenuhi
dan	22,5	40 mm	110	75 - 150	Memenuhi
Modulus Elastisitas	25	40 mm	85	75 - 150	Memenuhi

3.4 Pengujian Berat Isi

Pengujian berat isi beton dilakukan pada benda uji umur 28 hari setelah melewati masa pengeringan udara selama ± 24 jam. Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan kualifikasi beton terhadap berat isi beton normal berdasarkan SNI 03-2847-2002 yaitu 2200 – 2500 kg/m³. Hasil pengujian berat isi beton ditunjukkan pada Tabel 6 – Tabel 11 berikut.

Tabel 6 Berat isi beton f'_{cr} 20 MPa untuk UTM digital

Sampel	Volume Benda Uji Silinder (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - rata Berat Isi Beton (kg/m ³)
Sampel A	0.00530	12.185	2298.433	2299.942
Sampel B	0.00530	12.460	2350.306	
Sampel C	0.00530	12.260	2312.580	
Sampel D	0.00530	11.765	2219.209	
Sampel E	0.00530	12.295	2319.182	

Tabel 7 Berat isi beton f'_{cr} 22,5 MPa untuk UTM digital

Sampel	Volume Benda Uji Silinder (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - rata Berat Isi Beton (kg/m ³)
Sampel A	0.00530	11.900	2244.674	2256.935
Sampel B	0.00530	12.295	2319.182	
Sampel C	0.00530	11.885	2241.845	
Sampel D	0.00530	12.315	2322.955	
Sampel E	0.00530	11.430	2156.019	

Tabel 8 Berat isi beton f'_{cr} 25 MPa untuk UTM digital

Sampel	Volume Benda Uji Silinder (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - rata Berat Isi Beton (kg/m ³)
Sampel A	0.00530	12.350	2329.557	2314.467
Sampel B	0.00530	12.560	2369.169	
Sampel C	0.00530	12.695	2394.633	
Sampel D	0.00530	12.070	2276.741	
Sampel E	0.00530	11.675	2202.233	

Tabel 9 Berat isi beton f'_{cr} 20 MPa untuk UTM manual

Sampel	Volume Benda Uji Silinder (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - rata Berat Isi Beton (kg/m ³)
Sampel F	0.00530	11.990	2261.651	2305.035
Sampel G	0.00530	12.195	2300.319	
Sampel H	0.00530	12.405	2339.931	
Sampel I	0.00530	12.395	2338.045	
Sampel J	0.00530	12.115	2285.229	

Tabel 10 Berat isi beton f'_{cr} 22,5 MPa untuk UTM manual

Sampel	Volume Benda Uji Silinder (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - rata Berat Isi Beton (kg/m ³)
Sampel F	0.00530	11.910	2246.560	2234.677
Sampel G	0.00530	11.915	2247.504	
Sampel H	0.00530	11.675	2202.233	
Sampel I	0.00530	11.445	2158.848	
Sampel J	0.00530	12.290	2318.239	

Tabel 11 Berat isi beton f'_{cr} 25 MPa untuk UTM manual

Sampel	Volume Benda Uji Silinder (m ³)	Berat Benda Uji (kg)	Berat Isi Beton (kg/m ³)	Rata - rata Berat Isi Beton (kg/m ³)
Sampel F	0.00530	12.315	2322.955	2303.526
Sampel G	0.00530	12.165	2294.661	
sampel H	0.00530	12.335	2326.727	
Sampel I	0.00530	12.115	2285.229	
Sampel J	0.00530	12.130	2288.059	

3.5 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan beton dilakukan terhadap benda uji silinder dengan ukuran 150 mm x 300 mm pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta dengan menggunakan alat uji *Universal Testing Machine* (UTM) sistem digital dan manual. Hasil pengujian kuat tekan beton disajikan pada Tabel 12 – Tabel 17 berikut.

Tabel 12 Kuat tekan beton f'_{cr} 20 MPa dengan UTM digital

Sampel	Luas Bidang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	f'_c Rata - rata (MPa)	f'_c Rencana (MPa)	Selisih (%)
Sampel A	17672	228416	12.925 *	20.041	20.000	0.203
Sampel B	17672	201524	11.404 *			
Sampel C	17672	343876	19.459			
Sampel D	17672	236676	13.393 *			
Sampel E	17672	364436	20.622			

* Data tidak digunakan dalam analisa

Tabel 13 Kuat tekan beton f'_{cr} 22,5 MPa dengan UTM digital

Sampel	Luas Bidang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	f'_c Rata - rata (MPa)	f'_c Rencana (MPa)	Selisih (%)
Sampel A	17672	376948	21.330	23.395	22.500	3.977
Sampel B	17672	449920	25.459			
Sampel C	17672	187948	10.635 *			
Sampel D	17672	299008	16.920 *			
Sampel E	17672	165436	9.361 *			

* Data tidak digunakan dalam analisa

Tabel 14 Kuat tekan beton f'_{cr} 25 MPa dengan UTM digital

Sampel	Luas Bidang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	f'_c Rata - rata (MPa)	f'_c Rencana (MPa)	Selisih (%)
Sampel A	17672	494592	27.987	27.664	25.000	10.658
Sampel B	17672	486832	27.548			
Sampel C	17672	485236	27.458			
Sampel D	17672	188844	10.686 *			
Sampel E	17672	327772	18.548 *			

* Data tidak digunakan dalam analisa

Tabel 15 Kuat tekan beton f'_{cr} 20 MPa dengan UTM manual

Sampel	Luas Bidang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	f'_c Rata - rata (MPa)	f'_c Rencana (MPa)	Selisih (%)
Sampel F	17672	404000	22.861	20.903	20.000	4.516
Sampel G	17672	360000	20.371			
Sampel H	17672	381000	21.560			
Sampel I	17672	338000	19.126			
Sampel J	17672	364000	20.598			

Tabel 16 Kuat tekan beton f'_{cr} 22,5 MPa dengan UTM manual

Sampel	Luas Bidang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	f'_c Rata - rata (MPa)	f'_c Rencana (MPa)	Selisih (%)
Sampel F	17672	272000	15.392 *	23.964	22.500	6.509
Sampel G	17672	340000	19.239			
Sampel H	17672	482000	27.275			
Sampel I	17672	482000	27.275			
Sampel J	17672	390000	22.069			

* Data tidak digunakan dalam analisa

Tabel 17 Kuat tekan beton f'_{cr} 25 MPa dengan UTM manual

Sampel	Luas Bidang (mm ²)	Beban Maksimum (N)	Kuat Tekan (MPa)	f'_c Rata - rata (MPa)	f'_c Rencana (MPa)	Selisih (%)
Sampel F	17672	482000	27.275	27.133	25.000	8.533
Sampel G	17672	428000	24.219			
sampel H	17672	488000	27.614			
Sampel I	17672	446000	25.238			
Sampel J	17672	502000	28.407			

Pada tabel diatas menunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton untuk setiap penggunaan UTM digital dan UTM manual pada f'_{cr} 20 MPa sebesar 20,041 MPa dan 20,903 MPa, f'_{cr} 22,5 MPa sebesar 23,395 MPa dan 23,964 MPa, f'_{cr} 25 MPa sebesar 27,664 MPa dan 27,133 MPa.. Secara umum nilai kuat tekan hasil pengujian dengan UTM manual lebih tinggi daripada UTM digital. Faktor yang menyebabkan penggunaan UTM manual lebih tinggi daripada UTM digital karena penggunaan alat dan pembacaan dial beban secara manual yang bisa menyebabkan *human error* sehingga kurang maksimal dan tepat terhadap kuat tekan maksimum yang dihasilkan.

3.6 Pengujian Modulus Elastisitas

Pengujian modulus elastisitas beton dilakukan dengan pembacaan data hasil pengujian kuat tekan menggunakan UTM digital dan UTM manual. Setelah nilai modulus elastisitas dari pembacaan grafik tegangan dan regangan diperoleh kemudian dibandingkan dengan nilai modulus elastisitas dengan menggunakan rumus SNI 4700 $\sqrt{f'c}$. Hasil pengujian modulus elastisitas dapat dilihat pada Tabel 18 – Tabel 23 berikut.

Tabel 18 Nilai modulus elastisitas beton f'_{cr} 20 MPa dengan UTM digital

Sampel	Ukuran	Ec	Ec	Ec	Ec	Selisih (%)
	Maksimum	Perhitungan	Rumus SNI	Perhitungan	Validasi SNI	
	Agregat Kasar (mm)	Pembacaan Grafik (MPa)	$4700\sqrt{f'c}$ (MPa)	Rata - rata (MPa)	Rata - rata (MPa)	
Sampel A	40 mm	17282.051	16897.137 *			
Sampel B	40 mm	9556.842	15871.810 *			
Sampel C	40 mm	13566.102	17159.828	16301.317	19251.605	15.325
Sampel D	40 mm	13433.443	17200.331 *			
Sampel E	40 mm	19036.533	21343.383			

* Data tidak digunakan dalam analisa

Tabel 19 Nilai modulus elastisitas beton f'_{cr} 22,5 MPa dengan UTM digital

Sampel	Ukuran	Ec	Ec	Ec	Ec	Selisih (%)
	Maksimum	Perhitungan	Rumus SNI	Perhitungan	Validasi SNI	
	Agregat Kasar (mm)	Pembacaan Grafik (MPa)	$4700\sqrt{f'c}$ (MPa)	Rata - rata (MPa)	Rata - rata (MPa)	
Sampel A	40 mm	22833.404	21712.633			
Sampel B	40 mm	22490.127	23714.749			
Sampel C	40 mm	9278.873	15327.333 *	22661.765	22713.691	0.229
Sampel D	40 mm	15720.670	19332.946 *			
Sampel E	40 mm	10182.716	14380.003 *			

* Data tidak digunakan dalam analisa

Tabel 20 Nilai modulus elastisitas beton f'_{cr} 25 MPa dengan UTM digital

Sampel	Ukuran	Ec	Ec	Ec	Ec	Selisih (%)
	Maksimum	Perhitungan	Rumus SNI	Perhitungan	Validasi SNI	
	Agregat	Pembacaan Grafik	$4700\sqrt{f_c}$	Rata - rata	Rata - rata	
	Kasar (mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
Sampel A	40 mm	23155.556	24864.288			
Sampel B	40 mm	25114.508	24668.509			
Sampel C	40 mm	22814.444	24628.179	23694.836	24720.325	4.148
Sampel D	40 mm	9982.278	15364.040	*		
Sampel E	40 mm	19965.161	20241.673	*		

* Data tidak digunakan dalam analisa

Tabel 21 Nilai modulus elastisitas beton f'_{cr} 20 MPa dengan UTM manual

Sampel	Ukuran	Ec	Ec	Ec	Ec	Selisih (%)
	Maksimum	Perhitungan	Rumus SNI	Perhitungan	Validasi SNI	
	Agregat	Pembacaan Grafik	$4700\sqrt{f_c}$	Rata - rata	Rata - rata	
	Kasar (mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
Sampel F	40 mm	19063.132	22472.205			
Sampel G	40 mm	15283.931	21213.203			
Sampel H	40 mm	16254.497	21823.153	15801.541	21478.819	26.432
Sampel I	40 mm	14415.193	20554.805			
Sampel J	40 mm	13990.949	21330.729			

Tabel 22 Nilai modulus elastisitas beton f'_{cr} 22,5 MPa dengan UTM manual

Sampel	Ukuran	Ec	Ec	Ec	Ec	Selisih (%)
	Maksimum	Perhitungan	Rumus SNI	Perhitungan	Validasi SNI	
	Agregat	Pembacaan Grafik	$4700\sqrt{f_c}$	Rata - rata	Rata - rata	
	Kasar (mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
Sampel F	40 mm	12858.791	18439.089	*		
Sampel G	40 mm	13651.580	20615.528			
Sampel H	40 mm	22180.248	24545.875	19906.802	22946.670	13.248
Sampel I	40 mm	23851.010	24545.875			
Sampel J	40 mm	19944.372	22079.402			

* Data tidak digunakan dalam analisa

Tabel 23 Nilai modulus elastisitas beton f'_{cr} 25 MPa dengan UTM manual

Sampel	Ukuran	Ec	Ec	Ec	Ec	Selisih (%)
	Maksimum	Perhitungan	Rumus SNI	Perhitungan	Validasi SNI	
	Agregat	Pembacaan Grafik	$4700\sqrt{f'_c}$	Rata - rata	Rata - rata	
	Kasar (mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
Sampel F	40 mm	22224.805	24545.875			
Sampel G	40 mm	20561.425	23130.067			
Sampel H	40 mm	20475.444	24698.178	21623.260	24207.102	10.674
Sampel I	40 mm	19484.131	23611.438			
Sampel J	40 mm	25370.494	25049.950			

Hasil nilai modulus elastisitas dari penelitian ini menunjukkan, secara umum nilai modulus elastisitas hasil pembacaan grafik tegangan dan regangan dari UTM digital mendekati nilai modulus elastisitas hasil dari rumus SNI $4700\sqrt{f'_c}$ daripada UTM manual.

3.7 Pengaruh penggunaan *Universal Testing Machine* (UTM) sistem Digital dan Manual

Pengaruh penggunaan *Universal Testing Machine* (UTM) digital dan manual terhadap nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton menunjukkan perbandingan yang disajikan pada Tabel 24 berikut.

Tabel 24 Perbandingan nilai kuat tekan dan modulus elastisitas beton dengan UTM digital dan manual

Pengujian		Mutu	UTM		Selisih	
		MPa	Digital	Manual	%	
Kuat Tekan		20	20.041	20.903	4.304	
		22,5	23.395	23.964	2.435	
		25	27.664	27.133	1.920	
Modulus Elastisitas	Grafik	Pembacaan	20	16301.317	15801.541	3.066
			22,5	22661.765	19906.802	12.157
			25	23694.836	21623.260	8.743
	4700.√f'c	Rumus SNI	20	19251.605	21478.819	11.569
			22,5	22713.691	22946.670	1.026
			25	24720.325	24207.102	2.076

Tabel tersebut menunjukkan jika adanya sedikit perbedaan hasil yang diperoleh ketika menggunakan dua jenis *Universal Testing Machine* (UTM) yaitu sistem digital dan manual. Hasil

nilai kuat tekan dengan UTM digital dan manual pada f'_{cr} 20 MPa terdapat selisih sebesar 4,304%, f'_{cr} 22,5 MPa terdapat selisih sebesar 2,435%, f'_{cr} 25 MPa terdapat selisih 1,920%. Pada nilai modulus elastisitas hasil pembacaan grafik tegangan dan regangan dengan UTM digital dan manual diperoleh selisih sebesar 3,066%, 12,157% dan 8,743% untuk setiap mutu rencana. Jika nilai modulus elastisitas dihitung dengan rumus SNI 4700 $\sqrt{f'_c}$ dengan kuat tekan hasil pengujian dengan UTM digital dan manual diperoleh selisih sebesar 11,569%, 1,026 % dan 2,076% untuk setiap mutu rencana.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian kuat tekan dan modulus elastisitas beton normal dengan UTM digital dan manual yang telah dilakukan , maka dapat ditarik kesimpulan :

- 1) Nilai kuat tekan hasil pengujian dengan UTM Manual lebih tinggi daripada UTM Digital.
- 2) Nilai modulus elastisitas hasil pembacaan grafik tegangan dan regangan dari UTM Digital mendekati nilai modulus elastisitas hasil dari rumus SNI 4700 $\sqrt{f'_c}$ daripada UTM Manual.

4.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

- 1) Perhatikan pada saat pengangkatan beton dari perendaman, pastikan saat menyimpan sampel beton ke tempat yang kering udara sehingga beton tidak lembab dan sudah kering agar mutu yang dihasilkan tercapai sesuai mutu rencana.
- 2) Perhatikan pada saat pembuatan beton dan pemadatan beton pada saat memasukkan kedalam silinder beton dan pastikan beton segar dalam keadaan homogen sebelum pemadatan.
- 3) Pastikan pada saat pembacaan dial pada UTM Manual teliti dan perhatikan kecepatan pembebanan yang diberikan, perhatikan sampel beton pada saat pengujian dengan UTM Digital, apakah sudah diletakkan pada bantalan bawah dengan benar dan stabil.

PERSANTUNAN

Ucapan terimakasih kepada Laboratorium Teknologi Beton Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah mempermudah proses penelitian hingga dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2009). *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*. United States: Laurentian University.
- Christianto, D., Utami, T. A., & Yoana, M. (2023, Februari). Sifat Mekanik Beton Tanpa Agregat Kasar. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 6(1).
- Elisabeth, S., Pandaleke, R., & Wallah, S. (2020, Januari). Pengujian Modulus Elastisitas Pada Beton Dengan Menggunakan Tras Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus. *Jurnal Sipil Statik*, 8(1).
- Gora, J., & Piasta, W. (2022). Test Result of the Modulus of Elasticity of Concrete with Various Coarse Aggregates and Standard Recommendations. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 232-243.
- Habibilah, B., & Widodo, S. (2022). Experimental Test on Plyended Polyesterene Additional as a Partial Substitute of Fine Aggregate. *Journal of Engineering and Applied Technology*.
- Halim, A., & Cakrawala, M. (2023). Analisis Perbandingan Perhitungan Nilai Modulus Elastisitas Antara Rumus Empiris SNI, ACI dan ASTM Pada Beton Abu Vulkanik dan Sika dengan Penambahan Serat Sedotan. *The 6th Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)*.
- Junnaidy, R., Nur, R., & Masdar, A. (2021, November). Rancangan Beton Normal f'c 19,3 Mpa Menggunakan Agregat Kasar Ukuran Butiran Maksimum 40 mm Dengan Vaariasi Campuran Agregat Halus. *Sigma Teknika*, 8(2).
- Layang, S., & Perkasa, P. (2022, Januari). Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton Normal Yang Menggunakan Agregat Kasar Gabungan. *Jurnal Teknik Sipil Unaya*, 8(1).
- Mia, Miah, & Hasan. (2015). Relationship Between Modulus of Elasticity and Strength of Brick Aggregate Concrete.
- Rochman, A. (2021). *Teknologi Beton*. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Setiaji, D. H., Riyanto, S., & Novianto, D. (2021, Juni). Pengaruh Limbah Ban Karet Sebagai Sunstitusi Pasir Terhadap Kuat Tekan dan Modulus Elastisitas Beton. *Jurnal Online Skripsi*, 2(2).
- SK SNI T-15-1991-03. (1991). *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.
- SNI 03-2834-2000. (2000). *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-6820-2002. (2002). *Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan Adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1969:2008. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air agregat kasar*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1970:2008. (2008). *Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1974-2011. (2011). *Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2816:2014. (2014). *Metode Uji Bahan Organik dalam Agregat Halus Untuk Beton*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2847:2013. (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2847:2019. (2019). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Tjokrodimuljo, K. (1992). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.

- Tjokrodimuljo, K. (1996). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Keluarga Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Gadjah Mada.
- Tjokrodimuljo, K. (2007). *Teknologi Beton*.
- Zalukhu, D. (2021). Pengaruh Penggunaan Pecahan Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Normal.
- Zebua, A. (2022). Analisis Kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan Limbah Pecah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Kasar.

