

PENGARUH LIMBAH TERAK BAJA SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN BETON

April Gunarto^{*1}, Agata Iwan Candra², Ki Catur Budi³, Sumargono⁴, Sudjati⁵.

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kadiri

april_gunarto@unik-kediri.ac.id^{*1}, iwan_candra@unik-kediri.ac.id², catur_budi@unik-kediri.ac.id³, sumargono@unik-kediri.ac.id⁴, sudjati@unik-kediri.ac.id⁵.

ABSTRAK

Beton merupakan material yang sangat penting dan paling dominan digunakan pada struktur bangunan. Beton terdiri dari campuran semen, agregat, air dan bahan tambah. Bahan tambah limbah terak baja memiliki peran penting dalam pembuatan beton karena mampu mengubah sifat beton agar sesuai dengan kebutuhan. Limbah terak baja merupakan salah satu bahan tambah beton yang mampu mengurangi penggunaan pasir dan menghasilkan beton dengan konsistensi tertentu. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan limbah terak baja sebagai bahan tambah pasir. Metode yang digunakan yaitu metode eksperimental dengan berdasarkan penelitian terdahulu. Benda uji yang digunakan berbentuk silinder berdiameter 15 cm dengan tinggi 30 cm. Variasi presentase penambahan limbah terak baja yaitu normal, 20% dan 50% dari berat pasir yang digunakan. Dari hasil pengujian beton normal diperoleh nilai rata-rata 22,08 Mpa, persentase 50% menghasilkan kuat tekan rata-rata 21,32 Mpa, dan prosentase 100% menghasilkan kuat tekan 22,93 Mpa. Maka hasil dari pengujian kuat tekan beton mengalami kenaikan pada presentase limbah asbes 100%.

Kata Kunci: Kuat Tekan Beton, Uji Slump, Limbah Terak Baja, Agregat Halus, Beton Normal,

1. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman di era globalisasi, manusia dituntut untuk mengeluarkan ide-ide inovatifnya dalam mengembangkan teknologi yang telah tercipta. (Chan & Chu, 2004) Salah satu perkembangan teknologi dibidang konstruksi bangunan adalah teknologi beton. (Hardjasaputra et al., 2013) Untuk menjadikan mutu beton meningkat dapat dilakukan dengan cara menambahkan campuran proporsi beton normal dan bahan tambahan (Admixture). Di dalam ilmu teknik khususnya teknik sipil, inovasi sangat dibutuhkan untuk memecahkan permasalahan yang ada. (Mulyati & Adman, 2019) Contohnya seperti permasalahan mengenai dampak lingkungan yang ditimbulkan dari eksploitasi material alam secara besar-besaran dan terus menerus. Namun ada salah satu kelemahan beton yaitu berat jenis yang dimiliki cukup tinggi sehingga mengakibatkan semakin besar beban mati pada suatu struktur. (Wang et al., 2019) Oleh karena itu, untuk menjawab tantangan akan kebutuhan, diantaranya menciptakan beton yang bersifat ramah lingkungan dan memiliki berat jenis yang rendah (beton ringan), maka manusia di tuntut untuk menciptakan inovasi baru terkait beton ringan. (Zhang & Zhang, 2019)

Salah satu penentu kuat tekan beton adalah kekuatan agregat dan kekuatan matrix pengikatnya. (Shin et al., 2019) Untuk menambah mutu dan kekuatan beton bisa dengan cara melakukan Penambahan mineral additive kedalam campuran beton. Mineral additive merupakan bahan-bahan tambahan yang mudah didapatkan disekitar kita. (Ratnawulan et al., 2018) Beberapa contoh bahan mineral additive antara lain serbuk kaca, serbuk biji besi, serbuk granit, batu kapur, dll. Pada penelitian kali ini menggunakan limbah terak baja sebagai pengganti pasir. (Agata Iwan Candra et al., 2020) Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain lain. Dalam berjalannya waktu dan banyaknya tuntutan dilapangan mempengaruhi perkembangan pada teknologi beton. Salah satu tuntutan tersebut adalah bagaimana menciptakan beton yang memiliki berat jenis lebih ringan dari pada beton biasa. Dalam perkembangannya, beton mulai menggunakan bahan substitusi untuk mensiasi sifat beton yang memiliki berat jenis tinggi guna mengurangi berat jenisnya. Bahan substitusi merupakan bahan yang dapat menggantikan material beton

baik itu agregat halus, agregat kasar, maupun semen dengan bahan material lain, seperti semen actort dengan terak baja, batu pecah (agregat kasar) dengan limbah genting dan lain-lain. Metode substitusi material beton memiliki manfaat salah satunya adalah dapat menggunakan limbah yang mudah didapat seperti limbah sisa pemakaian yang penulis contohkan adalah terak baja.(A I Candra, 2020) Di era sekarang ini sudah banyak bangunan yang menggunakan bahan dinding bata ringan, sehingga dirasa tidak terlalu sulit untuk menemukan limbah bata ringan bekas pembangunan gedung-gedung atau bangunan lain.(S Winarto, 2020) Dan disinilah penulis rasa perlu adanya pembahasan tentang pemanfaatan limbah bata ringan secara maksimal.(Ridwan et al., n.d.) Dengan sifat strukturnya maka bata ringan bisa dijadikan sebagai substitusi agregat halus. Maka dari itu, perlu adanya penelitian masalah beton. (Cahyo, 2020)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Beton

Beton (*Concrete*) adalah bahan bangunan yang diperoleh dari hasil pencampuran antara semen, air, agregat halus, agregat kasar dengan perbandingan tertentu dan kadang-kadang ditambah bahan campuran.(Du, 2019) Menurut Chu-Kia Wang & Charles G. Salmon (Desain Beton Bertulang : 1985) Beton Polos dida at dengan mencampurkan semen, agregat halus, agregat kasar, air dan kadang-kadang campuran lain

2.2. Klasifikasi Beton

Klasifikasi beton menurut kelasnya dibagi menjadi 3 yaitu :

- a. Beton kelas I adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan non struktural. Untuk pelaksanaannya tidak diperlukan keahlian khusus. Pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan ringan terhadap mutu bahan-bahan, sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Mutu kelas I dinyatakan dengan Bo.(Mallisa, 2017)
- b. Beton kelas II adalah Beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural secara umum. Pelaksanaannya memerlukan keahlian yang cukup dan harus dilakukan di bawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Beton kelas II dibagi dalam mutu-mutu standar B1, K 125, K175, dan K225. Pada mutu B1, pengawasan mutu hanya dibatasi pada pengawasan terhadap mutu bahanbahan sedangkan terhadap kekuatan tekan tidak disyaratkan pemeriksaan. Pada mutu-mutu K125, K175 dengan keharusan untuk memeriksa kekuatan tekan beton secara kontinu dari hasilhasil pemeriksaan benda uji.(Pujiyanto, 2011)
- c. Beton kelas III adalah beton untuk pekerjaan-pekerjaan struktural yang lebih tinggi dari K225. Pelaksanaannya memerlukan keahlian khusus dan harus dilakukan dibawah pimpinan tenaga-tenaga ahli. Disyaratkan adanya laboratorium beton dengan peralatan yang lengkap yang dilayani oleh tenaga-tenaga ahli yang dapat melakukan pengawasan mutu beton secara kontinu.

2.3. Material Penyusun Beton

Material penyusun beton sangat mempengaruhi kuat tekan beton bahan penyusun beton sendiri meliputi,semen, agregat, air serta tanpa bahan tambah dimana setiap bahan tambah mempunyai fungsi yang berbeda-beda.(Zulkarnain et al., 2020)

a. Semen

Semen adalah bahan bangunan bersifat hidrolis yaitu bersifat perekat, mengeras bila bereaksi dengan air, tahan dan stabil dalam air yang diperoleh dari hasil penghalusan butiran - butiran klinker (clinker) dengan tambahan gypsum. Semen ini merupakan bahan berupa serbuk atau butiran yang sangat halus dengan ukuran berkisar (45-75) μm , berwarna abu-abu kehijauan dan tidak stabil secara termodinamis, yaitu cenderung bereaksi dengan air untuk membentuk produk hidrasi yang stabil. Semen ini merupakan produk pabrik dari bahan-bahan baku alami yang memerlukan teknologi tinggi dan biaya yang besar pula untuk memprosesnya.(Zhang & Zhang, 2019)

b. Air

Menurut Tjokrodimuljo (1996), air diperlukan untuk berreaksi dengan semen, serta untuk menjadi bahan pelumas antara butir-butir agregat agar dapat mudah dikerjakan dan dipadatkan. Untuk bereaksi dengan semen, air yang diperlukan hanya sekitar 25% berat semen saja, namun dalam kenyataannya

nilai faktor air semen yang dipakai sulit kurang dari 0,35. (Breu et al., 2008) Kelebihan air ini dipakai sebagai pelumas. Tambahan air untuk pelumas ini tidak boleh terlalu banyak karena kekuatan beton akan rendah serta betonnya porous. Air yang memenuhi persyaratan sebagai air minum memenuhi syarat pula untuk bahan campuran beton. Secara umum, air yang dapat dipakai untuk bahan pencampur beton ialah air yang bila dipakai akan dapat menghasilkan beton dengan kekuatan lebih dari 90% kekuatan beton yang memakai air suling. (Chai Lee et al., 2019)

c. Agregat

Agregat adalah butiran mineral yang merupakan hasil dari disintegrasi alami batu atau disebut juga dalam bentuk pemecah batu dengan batu alam. gregat adalah pengisi beton, tetapi peran agregat dalam beton sangat penting. Total konten beton adalah sekitar 70% -75% dari volume beton. (Iwan & Siswanto, 2018) Agregat memiliki banyak pengaruh pada sifat-sifat beton, sehingga pemilihan agregat merupakan bagian penting dari pembuatan beton. Pada umumnya, agregat yang digunakan mengandung senyawa inert, dimana senyawa inert adalah senyawa yang tidak bereaksi secara kimiawi. (Benjamin A., 2006)

d. Agregat Halus

“Pasir adalah salah satu jenis agragat yang dibutuhkan untuk bahan pembuatan beton yang berukuran mulai dari 0,0625 hingga 2 mm. Pasir terbentuk karena adanya proses pelapukan fisik dan kimia pada batuan. Menurut PBI 1971 (NI-2) pasal 33, syarat-syarat agregat halus (pasir) adalah sebagai berikut :

- i. Agregat halus terdiri dari butiran tajam dan keras, bersifat kekal dalam arti tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca, seperti panas matahari dan hujan.
- ii. Agregat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% terhadap jumlah berat agregat kering. Apabila kandungan lumpur lebih dari 5%, agregat halus harus dicuci terlebih dahulu.
- iii. Agregat halus tidak boleh mengandung bahan-bahan organik terlalu banyak. Hal demikian dapat dibuktikan dengan percobaan warna dari Abrams Harder dengan menggunakan larutan NaOH.
- iv. Agregat halus terdiri dari butiran-butiran yang beranekaragam besarnya dan apabila diayak dengan susunan ayakan yang ditentukan dalam pasal 3.5 ayat 1 (PBI 1971), harus memenuhi syarat sebagai berikut :
 - 1) Sisa di atas ayakan 4 mm, harus minimum 2% berat.
 - 2) Sisa di atas ayakan 1 mm, harus minimum 10% berat.
 - 3) Sisa di atas ayakan 0,25 mm, harus berkisar antara 80%-90% berat”.

Fungsi dari agregat halus adalah untuk menyediakan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci (*interlocking*) dan gesekan antar butiran. Untuk hal ini maka sifat eksternal yang diperlukan adalah bentuk menyudut (*angularity*) dan kekasaran permukaan butiran (*particle surface roughness*)”.

e. Agregat Kasar

Agregat kasar (*Coarse Aggregate*) biasa dikatakan kerikil karena disintegrasi dari batu alam atau dalam bentuk batu pecah, dengan butiran antara 4,76 mm – 150 mm. Jenis – jenis agregat kasar yang umum adalah:

1. Batu pecah alami: Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
2. Kerikil alami: Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
3. Agregat kasar buatan: Terutama berupa slag atau shale yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
4. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat: Agregat kasar yang diklasifikasi disini misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit

f. Limbah Terak Baja

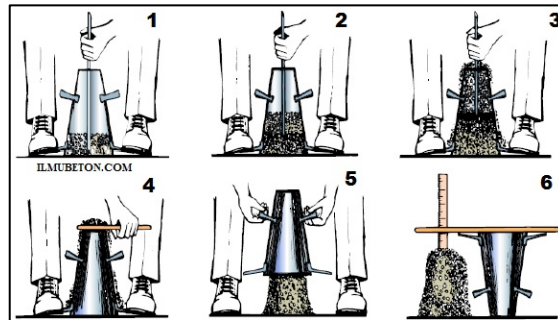
Definisi terak baja / slag adalah produk non metal yang merupakan material berbentuk halus, granular hasil pembakaran yang kemudian didinginkan, misalnya dengan mencelupkannya kedalam air. terak adalah bahan sisa dari pengecoran besi (pig iron), dimana prosesnya memakai dapur (furnace) yang bahan bakar. (Suryo et al., 2018)



Gambar 1. Limbah Terak Baja

g. Uji Slump Beton

Slump merupakan besarnya nilai keruntuhan beton secara vertikal yang diakibatkan beton belum memiliki batas *yield stress* yang cukup untuk menahan berat sendiri karena ikatan antar partikelnya masih lemah sehingga tidak mampu untuk mempertahankan ikatan semulanya. (SNI 1972, 2008) Uji Slump adalah suatu uji empiris / metode yang digunakan untuk menentukan konsistensi/kekakuan (dapat dikerjakan atau tidak) dari campuran beton segar (*fresh concrete*) untuk menentukan tingkat *workability* nya.



Gambar 2. Uji Slump

h. Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji ini bertujuan untuk mempermudah proses pengujian beton dalam bentuk tertentu seperti silinder. Benda uji silinder yang digunakan dalam penelitian ini berdiameter 150 mm dan tinggi 300 mm. (By & Patil, n.d.)

i. Perawatan Beton

Perawatan beton sangat diperlukan pada awal yaitu masa perkembangan kekuatannya. (SNI DT-91-0008-2007, 2007) (Baja et al., 2016) Ada tiga kondisi yang diperlukan untuk mendapatkan perawatan yang baik, yakni:

- Ketersediaan kelembaban yang terus-menerus.
- Suhu yang mendukung ($23^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$).
- Waktu (semakin lama semakin baik).

Dalam penelitian ini, perawatan dilakukan dengan merendam beton yang telah mengering kedalam kolam yang berisi air selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari perawatan

j. Uji Kuat Tekan

Kekuatan beton dianggap sebagai karakteristik paling penting dalam beberapa kasus. Beton lebih kuat dalam menahan tekanan tekan daripada tegangan lainnya, dan umumnya mendapat manfaat dari sifat ini ketika merencanakan struktur beton. (SNI 1970, 2008) kuat tekan beton adalah ukuran beban unit luas yang menyebabkan spesimen uji beton hancur ketika dimuat dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin press. Pengujian kekuatan tekan beton dilakukan dengan menggunakan mesin tekan. Benda uji diletakkan pada bidang tekan pada mesin secara sentris. (Estuyulianto et al., 2012) Pembebanan dilakukan secara perlahan sampai beton mengalami kehancuran. (Teknik & Undana, 2014)

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

Dengan keterangan :

- f_c' = Kuat tekan beton (Mpa)
P = Berat beban maksimum (N)
A = Luas permukaan benda uji (mm²)

3. METODELOGI

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri dengan metode yang digunakan yaitu metode eksperimen dan studi teori-teori penelitian sebelumnya. Penelitian dilakukan dengan pembuatan beton normal dan beton modifikasi dengan penambahan campuran limbah terak baja. Penelitian ini dimulai dengan persiapan alat dan bahan kemudian dilakukan pengujian terhadap bahan yang akan digunakan untuk membuat beton. Setelah dilakukan pengujian bahan dan hasilnya memenuhi persyaratan, maka campuran direncanakan dan benda uji beton dibuat dan kemudian benda uji tersebut diawetkan..(Raharja, 2013) Perawatan (curing) beton pada suhu normal 20° - 30 °C dilakukan dengan cara memasukkan beton ke dalam air bersih bersuhu 20° - 30 °C selama 28 hari, lalu diuji kuat tekan beton dengan menggunakan mesin tekan.(Solikin & Susilo, 2016)

3.1. Prosedur Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi: persiapan material, uji material, mix design, kemudian dilakukan pembuatan beton segar, pengujian slump, pembuatan benda uji, perawatan beton, dan uji kuat tekan.(Tata & Sultan, 2016) Pengujian kuat tekan beton dimaksudkan mencari perbandingan kuat tekan rencana yang sebesar $f_c' = 20$ MPa dengan kuat tekan yang dihasilkan, untuk menjadi patokan di lapangan. Selanjutnya nilai-nilai tersebut dianalisa. Variasi umur perawatan yang digunakan adalah 14 hari, dan 28 hari. Presentase campuran yang digunakan adalah normal, 20%, 50%.(Heldita, 2018)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Uji Material.

Material dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Semen portland, air, batu pecah, pasir dan limbah terak baja. Sebelum digunakan untuk membuat benda uji, material dan bahan di atas terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan karakteristiknya. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Kadiri.

Tabel 1. Pemeriksa Agregat Halus

NO	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1	Kadar Air	2% - 5%	1,01%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	Maks 5%	1,00%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,61	Memenuhi
	b. Padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,63	Memenuhi
4	Absorpsi	Maks 2%	1,01%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a Bj. Curah	1,6 - 3,3	2,64	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan	1,6 - 3,3	2,67	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1,6 - 3,3	2,71	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	1,5-3,8	2,45	Memenuhi

Sumber : Pemeriksaan Agregat Halus

Tabel 1 menunjukkan bahwa hasil pengujian agregat halus telah memenuhi syarat yang telah ditentukan.

Tabel 2. Pemeriksa Agregat Kasar

NO	Karakteristik	Spesifikasi	Hasil Uji	Keterangan
1	Kadar Air	0,5% - 2%	1,01%	Memenuhi
2	Kadar Lumpur	0,2% - 1%	1,00%	Memenuhi
3	Berat Volume			
	a. Lepas	1,6 - 1,9 kg/liter	1,68	Memenuhi
	B. Padat	1,6 - 1,9 kg/liter	1,78	Memenuhi
4	Absorpsi	Maks 4%	1,01%	Memenuhi
5	Berat Jenis			
	a Bj. Curah	1,6 - 3,3	2,15	Memenuhi
	B. Bj. Kering Permukaan	1,6 - 3,3	3,24	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1,6 - 3,3	2,2	Memenuhi
6	Modulus Kehalusan	6,0 - 7,1	6	Memenuhi

Sumber : Pemeriksaan Agregat Kasar

Tabel 2 menunjukkan bahwa hasil pengujian agregat kasar telah memenuhi syarat yang telah ditentukan.

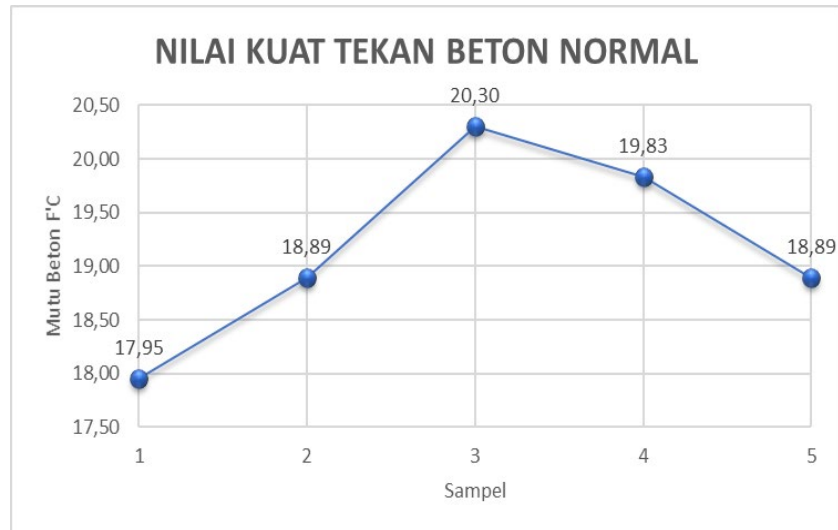
4.2. Hasil Uji Kuat Tekan

Hasil pengujian kuat tekan beton setelah beton berumur 28 hari untuk setiap variasi campuran adukan beton dan setiap benda uji, diperlihatkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

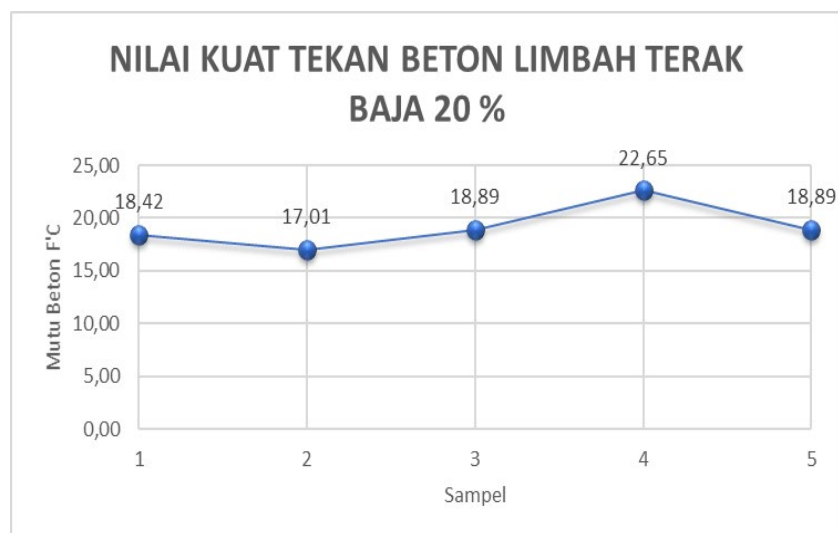
Sempel	BT-N	BT-F 20%	BT-F 50%
1	17,95	18,42	16,54
2	18,89	17,01	17,01
3	20,30	18,89	17,95
4	19,83	22,65	17,48
5	18,89	18,89	20,30
Rata-Rata	19,17	19,17	17,85

Sumber : Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton



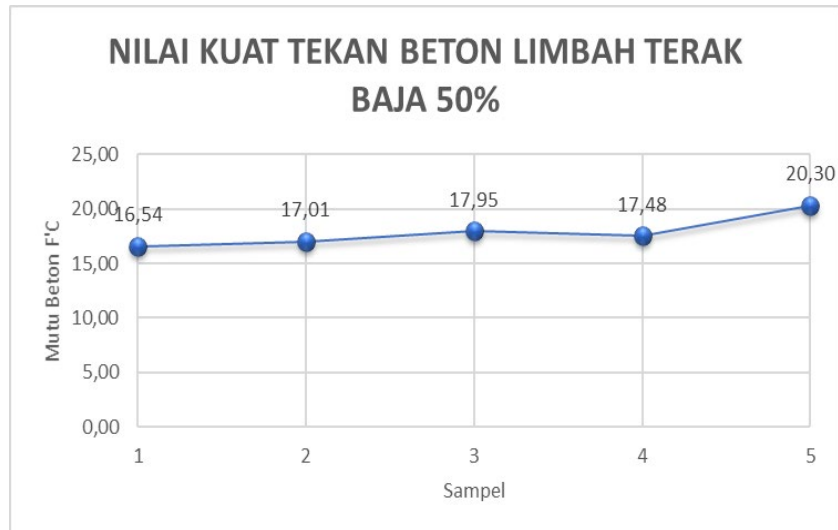
Gambar 3. Grafik Nilai Kuat Beton Normal

Dari grafik pada Gambar 3. dapat dilihat bahwa kuat tekan rata-rata beton normal yaitu F_c' 19,17 MPa



Gambar 4. Grafik Kuat Tekan Beton Limbah Terak Baja 20%

Gambar 4. menunjukkan bahwa kuat tekan limbah terak baja pada sampel 4 lebih tinggi daripada yang lainnya dengan nilai 22,65

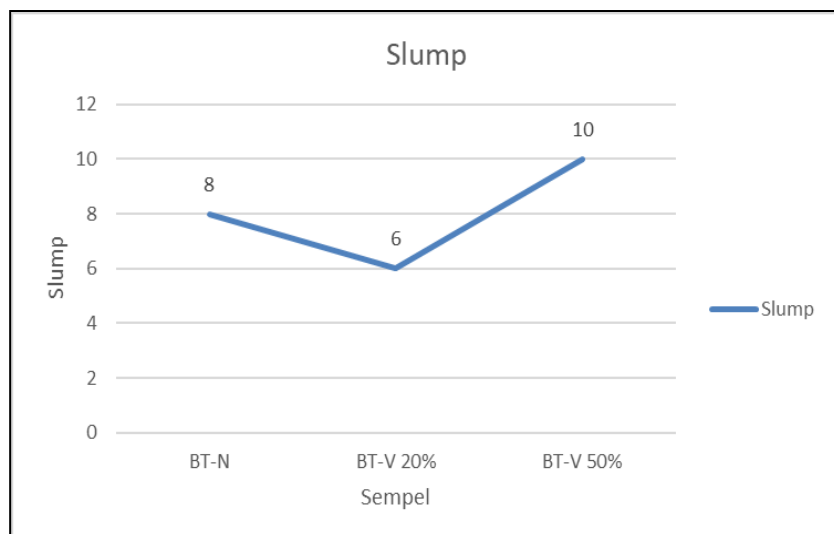


Gambar 5. Grafik Nilai Kuat Tekan Beton Limbah Terak Baja 50%

Gambar 5 diatas menunjukkan bahwa kuat tekan tertinggi dicapai pada sampel ke 5 dengan hasil 20,30

4.3. Hasil Uji Slump

Grafik hasil pengujian slump dari setiap variasi penambahan limbah terak baja dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Grafik Hasil Pengujian Slump

5. KESIMPULAN dan SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan proses pengujian keseluruhan material maka dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan campuran normal dan variasi penambahan limbah terak baja pada umur 28 hari, memiliki rata-rata hasil kuat tekan yang berbeda. Nilai kuat tekan rata-rata beton normal yaitu 19,17 Mpa, sedangkan nilai kuat tekan rata-rata yang menggunakan variasi penambahan limbah asbes presentase 20% sebesar 19,17 Mpa, dan nilai rata-rata kuat tekan beton dengan presentase limbah asbes 50% adalah sebesar 17,85
2. Bahwa nilai slump yang di dapatkan untuk beton normal dengan nilai 8 cm, beton campuran limbah asbes 20% dengan nilai 6cm, dan untuk campuran limbah terak baja 50% dengan nilai 10cm.

5.2 SARAN

Dari hasil penelitian didapat, maka saran yang bisa disampaikan yaitu :

1. Diharapkan pada penelitian ini kita semua dapat memakai atau menerapkan dari hasil uji di lapangan dengan menggunakan limbah terak baja.
2. Dan untuk eksperimen selanjutnya diharapkan untuk menggunakan limbah terak baja sebagai agregat halus.

DAFTAR PUSTAKA

- Baja, P. S., Sintetik, S., Alami, S., Sampebulu, V., & Mushar, P. (2016). *Analisis Pengaruh Metode Perawatan Beton (Dry and Wet Curing) terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur Beton dengan*.
- Benjamin A., G. (2006). Material Property Characterization of Ultra-High Performance Concrete. *Fhwa, FHWA-HRT-06-103*, 186.
- Breu, F., Guggenbichler, S., & Wollmann, J. (2008). Ultra-High Strength Concrete Mixtures Using Local Materials. *Vasa*, 575, 1–13. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- By, P., & Patil, C. S. (n.d.). *Lab Manual of Concrete Technology*.
- Cahyo, Y. (2020). *The Effect of Stirring Time and Concrete Compaction on K-200 Concrete Press Strength*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042033>
- Candra, A I. (2020). *Correlation of Concrete Strength and Concrete Age K-300 Using Sikacim ® Concrete Additive and Master Ease 5010 Correlation of Concrete Strength and Concrete Age K-300 Using Sikacim ® Concrete Additive and Master Ease 5010*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042032>
- Candra, Agata Iwan, Wahyudiono, H., Anam, S., & Aprillia, D. (2020). KUAT TEKAN BETON Fc ' 21 , 7 MPa MENGGUNAKAN WATER REDUCING AND HIGH RANGE ADMIXTURES. *Jurnal CIVILA*, 5(1), 330–340.
- Chai Lee, J., Shafiqh, P., & Kim Lee, S. (2019). High Strength Concrete Incorporating Oil-Palm-Boiler Clinker as Coarse Lightweight Aggregate. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 601(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/601/1/012017>
- Chan, Y. W., & Chu, S. H. (2004). Effect of silica fume on steel fiber bond characteristics in reactive powder concrete. *Cement and Concrete Research*, 34(7), 1167–1172. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2003.12.023>
- Du, W. (2019). Study on Preparation of Ultra-high Strength and High Performance Concrete from Diatomite and Its Mechanical Properties. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 376(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/376/1/012054>
- Estuyulianto, F., Mukti, M. H., & Sipil, T. (2012). *Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi pada Kuat Tekan Beton Campuran 1 pc : 2 ps : 3 kr*. April, 74–79.
- Hardjasaputra, H., Indrawati, V., & Djohari, I. (2013). Pengaruh penggunaan serat polypropylene dan micro steel fiber pada ketahanan api dari ultra high performance concrete (UHPC) untuk bangunan infrastruktur (021M). *KoNTekS 7 UNS*, 7(KoNTekS 7), 24–26.
- Heldita, D. (2018). *KUAT TEKAN BETON (Agregat Kasar Ex Desa Sungai Kacil , Agregat Halus Ex Desa Karang Bintang , Abu Sekam Padi Ex Desa Berangas)*. 8(1), 46–52.
- Iwan, A., & Siswanto, E. (2018). *Menggunakan Hydroton Dan Master Ease 5010*. 3(2), 162–165.
- Mallisa, H. (2017). *Kinerja Agregat Alam Untuk Beton Mutu Tinggi*. May 2009.
- Mulyati, M., & Adman, A. (2019). Pengaruh Penambahan Cangkang Kemiri dan Sikacim Concrete Additive terhadap Kuat Tekan Beton Normal. *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 6(2), 38–45. <https://doi.org/10.21063/jts.2019.v602.01>
- Pujianto, A. (2011). Beton Mutu Tinggi dengan Admixture Superplastisizer dan Aditif Silicafume. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 14(2), 177–185.
- Raharja, S. et al. (2013). Pengaruh Penggunaan Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi. *E-Jurnal Matriks Teknik Sipil*, 1(4), 503–510.
- Ratnawulan, R., Fauzi, A., & Hayati, A. E. S. (2018). Characterization of Silica Sand Due to the Influence of Calcination Temperature. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 335(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/335/1/012008>
- Ridwan, A., Candra, A. I., & Gardjito, E. (n.d.). *Experimental Study Additional Brantas Sands Of Clay Density*. 6–11.
- S Winarto. (2020). *ANALYSIS CAUSES CONCRETE DAMAGE AND PREVENTION*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1569/4/042031>
- Shin, H. O., Yoo, D. Y., Lee, J. H., Lee, S. H., & Yoon, Y. S. (2019). Optimized mix design for 180 MPa ultra-

- high-strength concrete. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(5), 4182–4197. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.07.027>
- SNI 1970. (2008). Standar Nasional Indonesia Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- SNI 1972. (2008). Cara Uji Slump Beton. *Badan Standar Nasional Indonesia*.
- SNI DT-91-0008-2007. (2007). *Concrete Unit Price for Building and Housing Construction (in Indonesian)*.
- Solikin, M., & Susilo. (2016). Pengaruh Pemakaian Abu Sekam Padi Sebagai Cementitious Terhadap Perkembangan Kuat Tekan Beton. *The 3rd University Research Coloquium 2016*, 35–40.
- Suryo, A. S., Rahmawati, A., & Toyo, R. (2018). Tinjauan Terak Baja Sebagai Bahan Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tarik Beton, Dengan Metode Perbandingan 1 : 1,5 : 2,5. *Indonesian Journal Of Civil Engineering Education*, 4(1), 96–103. <https://doi.org/10.20961/ijcee.v4i1.22730>
- Tata, A., & Sultan, M. A. (2016). Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Campuran Bahan Baku Beton Terhadap Sifat Mekanis Beton. *SIPILsains*, 06, 23–30.
- Teknik, J., & Undana, F. S. T. (2014). *PENGARUH MASA PERAWATAN (CURING) MENGGUNAKAN AIR LAUT TERHADAP KUAT TEKAN DAN ABSORPSI BETON. III*(2), 103–110.
- Wang, J., Ou, Z., Liu, J., Xiong, Z., Wang, J., Wang, Y., Luo, W., & Liu, Y. (2019). Study on durability of ultra high performances concrete with aeolian sand. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 300(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/300/2/022017>
- Zhang, X., & Zhang, H. (2019). Experimental Research on Ultra-High Performance Concrete (UHPC). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 562(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/562/1/012045>
- Zulkarnain, F., Hadipramana, J., & Krisnianda. (2020). Analysis of concrete mixtures with marble waste material as cement substitution and glass waste as sand substitution on concrete compressive strength. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 771, 012058. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/771/1/012058>