

PENAMBAHAN LIMBAH BOTTOM ASH SEBAGAI SUBSTITUSI PASIR DAN FLY ASH SEBAGAI SUBSTITUSI SEMEN PADA CAMPURAN BETON

Aslam A.W¹, A. Sulfanita², Hendro³, Hakzah⁴, Hamsyah⁵
¹Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare,
email: aryawiranugraha22@gmail.com
^{2,3,4,5}Teknik Sipil Muhammadiyah Parepare ,

ABSTRAK

Penggunaan limbah bottom ash sebagai substitusi pasir dan fly ash sebagai substitusi semen pada campuran beton merupakan bagian dari pengembangan teknologi bahan dalam konstruksi beton.. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah bottom ash sebagai substitusi pasir dan fly ash sebagai substitusi semen dan kelayakan kuat tekan beton. Metode penelitian ini menggunakan metode eksperimen kuantitatif yang dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Universitas Muhammadiyah Parepare. Variasi substitusi limbah FABA yang digunakan adalah 5%, 10%, dan 15% dari berat semen. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7, 14 dan 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa substitusi FABA berpengaruh terhadap kuat tekan beton, dimana pada umur 7 hari meningkat dari 12,55 MPa (beton normal) menjadi 21,23 MPa (FABA 5%) dan 21,89 MPa (FABA 10%). Pada umur 14 hari mencapai 29,63 MPa dan 29,54 MPa dibanding beton normal 22,84 MPa, dan pada umur 28 hari mencapai nilai optimal sekitar 33 MPa untuk FABA 5% dan 10%, jauh melampaui beton normal yang hanya mencapai 25,76 MPa. Namun, substitusi 15% memberikan dampak negatif dengan kuat tekan hanya mencapai 27,74 MPa pada umur 28 hari.

Kata kunci : Bottom Ash, Fly Ash, Substitusi Semen, Substitusi Pasir, Kuat Tekan.

@2021 Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Limbah *Bottom Ash* Dan *Fly Ash* ketersediaannya melimpah *Fly Ash* merupakan sisa hasil pembakaran batu bara berupa abu terbang di atas tungku pembakaran sedangkan *bottom ash* berupa endapan hasil pembakaran batu bara yang terletak di dasar tungku pembakaran. Limbah *fly ash* dan *bottom ash* tersebut memerlukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang [1]. Komposisi pembakaran batubara menghasilkan 80-90% *Fly Ash* dan *Bottom Ash* 10- 20%. Pemanfaatan *Fly ash* sangat luas misalnya dalam bidang konstruksi, tambang, sub-base jalan, pertanian, cat, komposit pengganti kayu dan sebagai adsorben berbiaya rendah untuk menghilangkan senyawa organik [2]. Dalam industri batuan yang berupa agregat memiliki kualitas yang sesuai standar yang di isyaratkan oleh SNI atau Bina Marga [3].

Commented [A1]: Abstrak type UPPERCASE, font 11pt, tidak bold. Spacing Single (1), space paragraph before 6pt dan after 12pt, Center text

Commented [A2]: Style. Jangan dihapus atau di tulis kembali

Commented [A3]: Line kosong diatas pendahuluan dibuat spacing befor 24pt.

Note. Penulisan artikel ini menggunakan format page setup : One Columns. Dengan Margin Top and left 2cm dan Right 1,5cm dan bottom 2,5cm.

Bottom ash (abu dasar) merupakan limbah proses pembakaran batubara yang mempunyai ukuran partikel lebih besar dan lebih berat dari pada *Fly ash* (abu terbang), sehingga *bottom ash* akan jatuh Pada dasar tungku pembakaran (boiler) dan terkumpul pada penampung debu (ash hopper) lalu dikeluarkan dari tungku dengan cara disemprot dengan air untuk kemudian dibuang [1]. *Bottom Ash* merupakan hasil sampingan dari pembakaran batu bara, ukurannya yang lebih besar dari *fly ash* mengakibatkan *bottom ash* jatuh ke dasar tungku pembakaran. Bentuk fisik *bottom ash* seperti pasir sungai alami yang memiliki gradasi dari butiran halus sampai kasar. Campuran beton dengan menggunakan *bottom ash* sebagai bahan pengganti agregat. Untuk mengatasi kedua isu tersebut, penelitian tentang “Pengaruh Penambahan Limbah *Bottom Ash* Sebagai Substitusi Pasir Dan *Fly Ash* Sebagai Substitusi Semen Pada Campuran Beton” ini mengeksplorasi penggunaan limbah *bottom ash* dan *fly ash* sebagai substitusi semen dalam campuran beton.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut dapat dibuat suatu rumusan masalah, yaitu:

- 1) Bagaimana pengaruh penambahan limbah *bottom ash* sebagai substitusi pasir dan *fly ash* sebagai substitusi semen pada campuran beton?
- 2) Bagaimana kelayakan penambahan limbah *bottom ash* sebagai substitusi pasir dan *fly ash* sebagai substitusi semen terhadap kuat tekan beton?

2 Tinjauan Pustaka

Beton merupakan batuan yang dibuat dari campuran semen, air dan agregat, baik agregat halus (pasir) maupun agregat kasar (kerikil). Selain itu, terkadang dalam campuran beton juga diberi bahan tambah yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia tambahan, serat, sampai bahan buangan non kimia pada perbandingan tertentu. Campuran tersebut apabila dituang ke dalam cetakan kemudian dibiarkan akan mengeras seperti batuan. Pengerasan tersebut terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara air dan semen sebagai perekat dengan agregat sebagai bahan pengisi, sehingga butiran-butiran agregat saling terikat dengan kuat dan terbentuklah masa yang kuat.[4]

Campuran tersebut bila dibiarkan akan mengalami pengerasan sebagai akibat reaksi kimia antara semen dan air yang berlangsung selama jangka waktu yang panjang atau dengan kata lain campuran beton akan bertambah keras sejalan dengan umurnya [5].

2.1 Abu Terbang (*Fly ash*)

Abu terbang (*fly ash*) adalah bahan abu-abu berbutir halus yang dihasilkan oleh pembakaran batubara. Pada dasarnya *fly ash* mengandung unsur kimia seperti silikon dioksida (SiO_2), aluminium oksida (Al_2O_3), besi oksida (Fe_2O_3) dan kalsium oksida (CaO), selain itu juga mengandung unsur tambahan lainnya yaitu magnesium oksida (MgO), titanium oksida (TiO_2), alkalin (Na_2O dan K_2O), belerang trioksida (SO_3), fosfor oksida (P_2O_5) dan karbon [6].

2.2 Abu Dasar (*Bottom ash*)

Abu dasar (*bottom ash*) adalah material yang tidak terbakar dengan sempurna dari pembakaran suatu material, seperti pada pembakaran batubara. *Bottom ash* ini diperoleh setelah pembakaran selesai. *Bottom ash* biasanya melekat pada dasar dan dinding tungku. Dengan kata lain, *bottom ash* merupakan limbah dari proses pembakaran batu bara pada PLTU dan mempunyai ukuran partikel lebih besar serta lebih berat dari *fly ash*, sehingga memungkinkan *bottom ash* dapat jatuh ke dasar tungku pembakaran (*boiler*) dan terkumpul pada penampung debu (*ashhoper*) [7].

2.3 Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah salah satu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu. Alat yang digunakan dalam pengujian kuat tekan beton adalah *compression testing machine*. Kuat tekan merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan mutu beton dan mutu yang ditentukan oleh agregat. Faktor yang mempengaruhi kuat tekan beton adalah:

- 1) Faktor air semen
- 2) Umur beton Jenis semen
- 3) Efisiensi dari perawatan (*curing*)

Cara Uji Kuat Tekan Beton, perhitungan kuat tekan beton untuk benda uji berbentuk silinder ditetapkan dengan persamaan sebagai berikut [8]:

$$F_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan :

F_c : Kuat Tekan Beton (kg/cm²)

P : Beban yang bekerja (kg)

A : Luas penampang benda (cm²)

3 Metodologi Penelitian

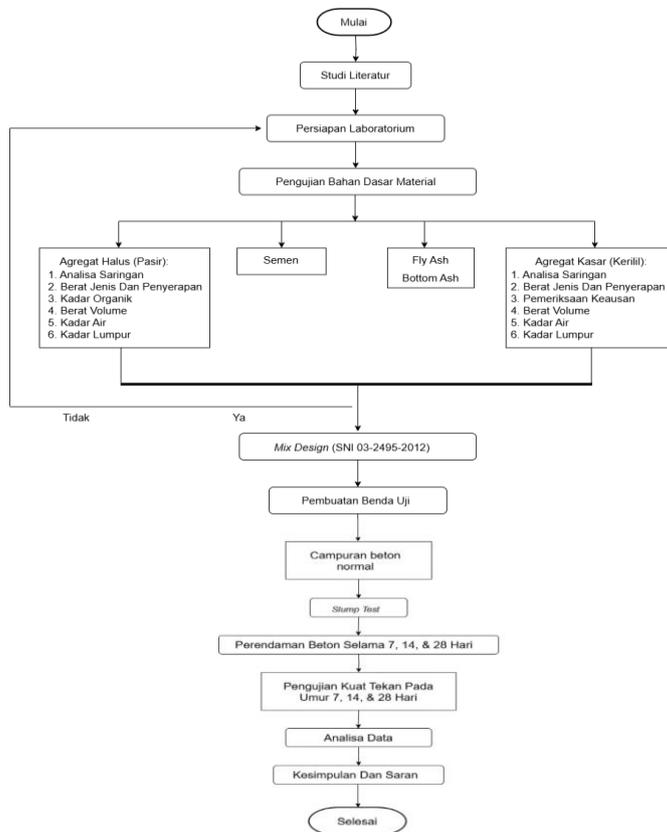
3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian kuantitatif yang merupakan metode penelitian yang banyak menuntut penggunaan angka, mulai dari pengumpulan data, penafsiran terhadap data tersebut, serta penampilan dari hasilnya disertai gambar, tabel, atau grafik. Kemudian data hasil penelitian dianalisis sesuai dengan prosedur pengujian laboratorium.

3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare, Jl. Jend. Ahmad Yani No. Km. 6, Kel. Bukit Harapan, Kec. Soreang kota parepare.

3.3 Diagram Alir



Gambar 1 Diagram alir

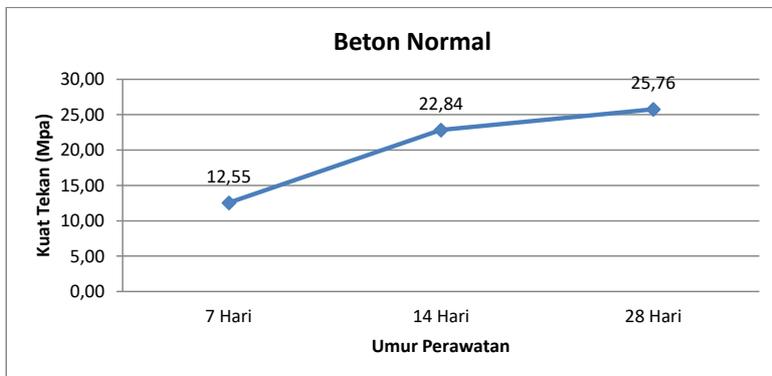
4 Hasil Dan Pembahasan

4.1 Beton Normal

Tabel 1 Rekap hasil kuat tekan beton normal.

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,996	221,7	12,55
2	14 Hari	11,874	403,3	22,84
3	28 Hari	12,068	455,0	25,76

Terdapat tiga sampel uji beton normal dengan silinder 150 x 300 mm, kuat tekan rata-rata 12,55 Mpa selama 7 hari, 22,84 Mpa selama 14 hari, dan 25,76 Mpa selama 28 hari.



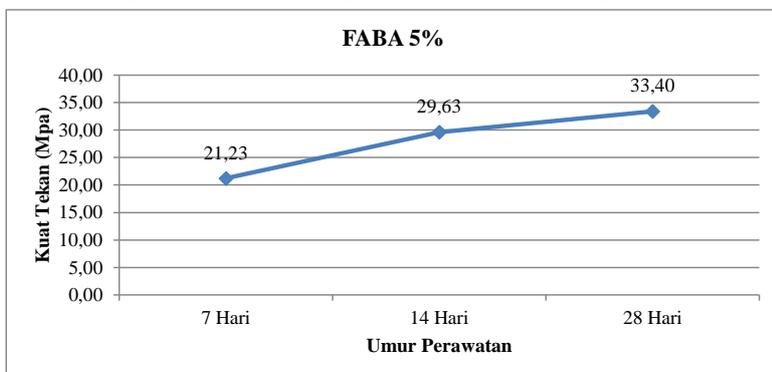
Gambar 2 Grafik pengujian kuat tekan beton normal

4.2 Beton Fly Ash dan Bottom Ash 5%

Tabel 2 Rekan hasil kuat tekan beton FAB A 5%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,928	375,0	21,2
2	14 Hari	11,902	523,3	29,6
3	28 Hari	11,889	590,0	33,4

Pada pengujian sampel uji beton dengan penambahan Faba 5% dengan silinder 150 x 300 mm dihasilkan sampel kuat tekan rata-rata 21,2 Mpa selama 7 hari, 29,6 Mpa selama 14 hari, dan 33,4 Mpa selama 28 hari.



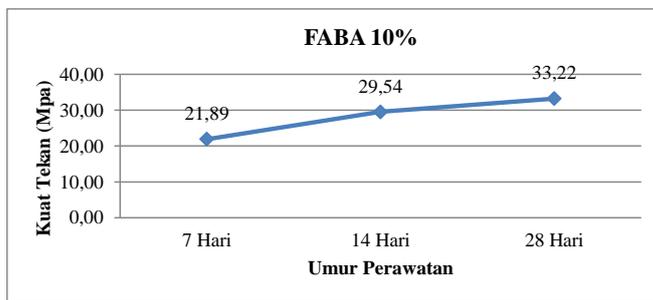
Gambar 3 Grafik pengujian kuat tekan beton FAB A 5%

4.3 Beton Fly Ash dan Bottom Ash 10%

Tabel 3 Rekan hasil kuat tekan beton FABA 10%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	12,042	386,7	21,89
2	14 Hari	11,859	521,7	29,54
3	28 Hari	11,863	586,7	33,22

Pada pengujian sampel uji dengan beton Faba 10% dengan silinder 150 x 300 mm dihasilkan sampel kuat tekan rata-rata 21,89 Mpa selama 7 hari, 29,54 Mpa selama 14 hari, dan 33,22 Mpa selama 28 hari.



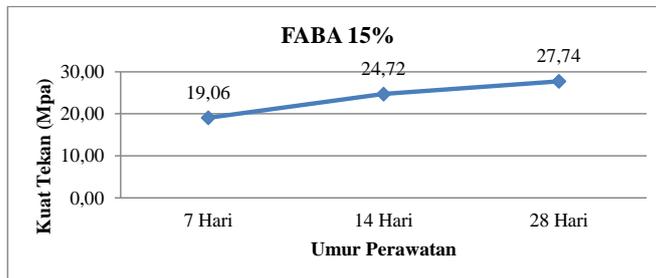
Gambar 4 Grafik pengujian kuat tekan beton FABA 10%

4.4 Beton Fly Ash dan Bottom Ash 15%

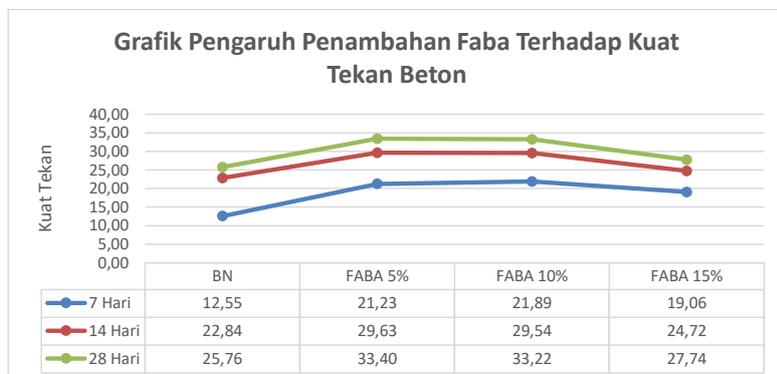
Tabel 4 Rekan hasil kuat tekan beton FABA 15%

No.	Umur	Berat (Kg)	Beban (KN)	Kuat Tekan f'c (MPa)
1	7 Hari	11,799	336,7	19,06
2	14 Hari	11,816	436,7	24,72
3	28 Hari	12,051	490,0	27,74

Pada pengujian sampel uji dengan beton SF 12% dengan silinder 150 x 300 mm dihasilkan sampel kuat tekan rata-rata 19,06 Mpa selama 7 hari, 24,72 Mpa selama 14 hari, dan 27,74 Mpa selama 28 hari.



Gambar 5 Grafik pengujian kuat tekan beton FABA 15%



Gambar 6 Grafik gabungan pengaruh penambahan Faba Terhadap Kuat Tekan

Penambahan bahan tambah Faba (Bottom Ash dan Fly Ash) berpengaruh terhadap peningkatan kuat tekan beton, terutama dalam rentang kadar 5% hingga 10%. Pada umur 7 hari, beton tanpa Faba (BN) memiliki kuat tekan 12,55 MPa, sementara beton dengan Faba 5% dan 10% mencapai 21,23 MPa dan 21,89 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa Faba dapat mempercepat peningkatan kekuatan awal beton, diduga karena perannya sebagai bahan pengisi yang meningkatkan kepadatan atau sebagai katalis dalam reaksi hidrasi semen. Namun, kadar Faba 15% hanya menghasilkan 19,06 MPa, mengindikasikan bahwa penambahan berlebih justru mengurangi efektivitasnya. Hal ini dapat terlihat pada umur 14 dan 28 hari, di mana Faba 5% dan 10% tetap unggul, sementara Faba 15% tertinggal.

Perkembangan kuat tekan beton dari waktu ke waktu juga menunjukkan pola yang menarik. Pada umur 14 hari, beton BN meningkat menjadi 22,84 MPa, sedangkan Faba 5% dan 10% mencapai sekitar 29,63 MPa dan 29,54 MPa. Kenaikan ini lebih lambat dibandingkan periode 7 hari, tetapi tetap signifikan. Namun, pada kadar 15%, kuat tekan hanya mencapai 24,72 MPa, jauh di bawah performa Faba 5-10%. Hal ini menguatkan dugaan bahwa kelebihan Faba dapat mengganggu keseimbangan campuran dan juga tidak mencapai kuat tekan rencana sebesar 25 MPa, misalnya dengan meningkatkan porositas atau mengurangi ikatan antar partikel. Pada umur 28 hari, beton BN mencapai 25,76 MPa, sementara Faba 5% dan 10% stabil di atas 33 MPa. Kuat tekan maksimum ini menunjukkan bahwa Faba 5% sampai 10% tidak hanya mempercepat pengerasan awal, tetapi dapat juga menjaga konsistensi kekuatan hingga tahap akhir.

Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Faba pada kadar 5% sampai 10% memberikan manfaat tertinggi. Kadar ini mampu meningkatkan kepadatan matriks beton melalui sifat pozolanik Faba, sehingga mengurangi porositas dan meningkatkan daya tahan. Sebaliknya, kadar 15% justru menurunkan performa akibat ketidakseimbangan rasio bahan dalam campuran, yang berpotensi menyebabkan segregasi atau retak mikro. Dengan itu, penggunaan Faba perlu dikontrol secara ketat untuk memastikan efisiensi dan keamanan struktural. Rekomendasi praktisnya adalah menggunakan Faba dalam rentang waktu 5% sampai 10% untuk memaksimalkan kekuatan beton tanpa risiko overdosis, sekaligus memanfaatkan keunggulannya dalam mempercepat pengerasan awal.

5 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian mengenai pengaruh penambahan limbah bottom ash sebagai substitusi pasir dan fly ash sebagai substitusi semen pada campuran beton, ditemukan bahwa kombinasi kedua material ini mampu meningkatkan kuat tekan beton secara signifikan, terutama pada rentang 5-10%. Pada umur 7 hari, beton dengan campuran FABA 5% dan 10% mengalami peningkatan kuat tekan yang cukup besar dibandingkan beton normal, yakni dari 12,55 MPa menjadi 21,23 MPa dan 21,89 MPa, menunjukkan efektivitas kombinasi bottom ash dan fly ash dalam mempercepat pengerasan awal beton. Tren peningkatan ini berlanjut hingga umur 14 hari, di mana beton dengan FABA 5% dan 10% mencapai 29,63 MPa dan 29,54 MPa, jauh lebih tinggi dibandingkan beton normal yang hanya mencapai 22,84 MPa, meskipun laju peningkatannya lebih lambat dibandingkan periode sebelumnya. Pada umur 28 hari,

kuat tekan beton dengan FABA 5% dan 10% mencapai nilai optimal sekitar 33 MPa, melampaui beton normal yang hanya mencapai 25,76 MPa, menegaskan bahwa kombinasi ini tidak hanya efektif dalam tahap awal pengerasan tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan daya tahan beton dalam jangka panjang. Namun, penambahan FABA hingga 15% menunjukkan hasil yang kurang optimal, dengan kuat tekan hanya mencapai 27,74 MPa pada umur 28 hari, mengindikasikan adanya batasan optimal dalam penggunaan kombinasi bottom ash dan fly ash. Dengan demikian, substitusi bottom ash dan fly ash dalam rentang 5-10% terbukti efektif dalam meningkatkan kepadatan matriks beton, mengurangi porositas, serta meningkatkan daya tahan beton, sementara penggunaan di atas 10% berpotensi mengganggu keseimbangan campuran dan menyebabkan masalah seperti segregasi atau retak mikro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Pagau, J. Tanijaya, and D. Sandy, "Pengaruh Fly Ash Dan Bottom Ash Sebagai Bahan Substitusi Pada Beton," *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 4, pp. 306–313, 2020.
- [2] A. Dwinta, "Kajian efektivitas dan efisiensi pemanfaatan limbah batu bara dalam pembuatan paving block ramah lingkungan," *J. Tek. Sipil Dan Teknol. Konstr.*, vol. 9, no. 2, 2023.
- [3] Hakzah, A. Sulfanita, and Y. Yulianti, "Studi Kelayakan Sifat Fisik Agregat Untuk Struktur Perkerasan Jalan," *J. Karajata Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2021.
- [4] Haris, "Volume 4 Nomor 1 2020| 39," vol. 4, pp. 39–52, 2020.
- [5] I. A. Wicaksono, "Tinjauan Permeabilitas Beton Kedap Air Sistem Integral dengan Bahan Tambah Cebex-031 dan Conplast-X421M," *Tugas Akhir. Jur. Tek. Sipil Fak. Tek. Univ. Sebel. Maret Surakarta*, 2005.
- [6] S. P. R. Wardani, "Pemanfaatan limbah batubara (Fly Ash) untuk stabilisasi tanah maupun keperluan teknik sipil lainnya dalam mengurangi pencemaran lingkungan," 2008.
- [7] S. U. Dewi and F. Prasetyo, "Analisa Penambahan Bottom Ash Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton," *J. Infrastructural Civ. Eng.*, vol. 2, no. 02, pp. 31–45, 2021.
- [8] Badan Standardisasi Nasional, "Cara uji kuat tekan beton dengan benda uji silinder," *Badan Standardisasi Nasional, Jakarta*, 1974, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/57886647/SNI-1974-2011-.pdf>

Commented [A4]: Style Judul Daftar Pustaka ditulis UPPERCASE tanpa dicetak tebal. Center Text.

Keseluruhan penulisan daftar pustaka format layout 1 column. Dengan font TNR 11pt.

HANYA Literatur atau referensi yang sitasi pada artikel ini yang di cantumkan. Format Penulisan Pustaka seperti dicontohkan. Penulisan daftar pustaka dimulai dengan abjad huruf nama penulis. Paragraph Justify (rata full) dengan Left Indent 1cm. spacing paragraph after 6pt. Diharuskan penulisan daftar pustaka menggunakan Mendeley