

Studi Eksperimental Penambahan Limbah Bubut Sebagai Bahan Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton

Puja Nifta Hadi¹ dan Agustinus Agus Setiawan^{2*}

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Pembangunan Jaya, Tangerang Selatan, Indonesia

²Center for Urban Studies, Universitas Pembangunan Jaya, Tangerang Selatan, Indonesia, agustinus@upj.ac.id

Abstract : *This study has an objective to determine the effect of lathe waste addition to compressive strength of concrete. The lathe waste added as a partial substitution of fine aggregate, the lathe waste used in this experiment is the one retained on sieve number 200 (0,075 mm). The sample used in this study is cylindrical concrete specimens with diameter 150 mm and height 300 mm. Concrete mixtures that given partial materials of lathe waste vary from 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. The result of this study shows that as the percentage of lathe waste increased, the compressive strength has a downward trend. Addition of lathe waste decreased the compressive strength of concrete up to 64,21 %.*

Keywords : *concrete, lathe waste, compressive strength*

Abstrak : Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah mesin bubut terhadap kuat tekan beton. Limbah mesin bubut ditambahkan secara parsial untuk menggantikan agregat halus, di mana limbah mesin bubut yang digunakan adalah yang tertahan pada saringan nomor 200. Sampel pada penelitian ini berbentuk silinder beton dengan ukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Campuran beton yang diberikan bahan parsial serpihan aluminium bervariasi mulai dari 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya persentase parsial limbah mesin bubut, kuat tekan beton juga cenderung menurun. Penambahan limbah mesin bubut ini dapat menurunkan kuat tekan beton hingga 64,21%.

Kata Kunci : beton, limbah mesin bubut, kuat tekan

PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan manusia di bidang infrastruktur adalah berupa konstruksi bangunan gedung. Konstruksi bangunan gedung memiliki beberapa komponen penting, seperti struktur bawah, struktur tengah, dan struktur atas. Struktur bangunan merupakan salah satu faktor terpenting dalam konstruksi, karena dikaitkan dengan keamanan penggunaannya, sehingga diperlukan kualitas struktur yang kuat dan efisien. Struktur juga dapat mendukung keberadaan komponen non-struktur, seperti façade, interior, dan detail arsitektur.

Salah satu material atau bahan konstruksi yang jamak digunakan di bidang konstruksi adalah material beton bertulang. Teknologi beton sedang dikembangkan hari demi hari, sehingga ada lebih banyak inovasi untuk meningkatkan kualitas beton. Akhir-akhir ini, banyak bahan yang digunakan untuk menjadi pengganti

campuran beton normal. Substitusi bahan tersebut ke dalam campuran beton diharapkan mampu memperbaiki sifat-sifat mekanis dari beton. Salah satu bentuk limbah padat yang diperkirakan dapat menggantikan bahan penyusun beton, adalah limbah mesin bubut.

Bengkel bubut adalah bisnis yang bergerak di bidang otomotif. Bengkel bubut menghasilkan limbah logam atau besi dari mesin yang diperbaiki. Limbah ini merupakan hasil dari pengikisan mesin yang diperbaiki, menghasilkan serpihan logam atau besi yang halus. Sampah dibuang begitu saja, tanpa ada yang memanfaatkannya. Gambar 1 menunjukkan limbah dari proses pekerjaan pembubutan besi. Dari hasil pengamatan visual limbah ini memiliki kemiripan dengan agregat ringan dalam beton, yang biasanya diisi oleh pasir alam.



Gambar 1. Limbah Bubut Besi

Penelitian mengenai pengaruh penambahan limbah bubuk pada beton dilakukan oleh Kumaran et.al. [1], pada penelitian ini tersebut limbah bubuk ditambahkan secara bervariasi, yaitu sebanyak 1%, 1.5%, dan 2% dari total berat beton. Hasil penelitian ini menunjukkan adanya peningkatan kuat tekan hingga 11.25% pada sampel dengan limbah bubuk sebanyak 1.5%. Selain itu pada uji kuat tarik belah beton dengan campuran limbah bubuk mengalami peningkatan hingga 14.75%, dan 18% pada uji kuat lentur.

Sementara itu Firdous et.al. [2] melakukan penelitian tentang analisis karakteristik kekuatan beton bertulang dengan serpihan limbah mesin bubuk dan lumpur dari pengolahan limbah industri, atau *effluent treatment plant* (ETP). Lumpur yang digunakan diambil dari hasil pengolahan limbah titania atau titanium dioksida (TiO_2). Lumpur tersebut akan digunakan untuk menggantikan agregat halus secara parsial, dengan persentase 0%, 6%, 12%, 18%, dan 24% dari berat agregat halus, disertai penambahan limbah mesin bubuk sebanyak 2% dari berat agregat halus. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa kuat tekan maksimum diperoleh pada sampel dengan 12% lumpur ETP, dan kuat tarik belah maksimum diperoleh oleh sampel dengan 18% lumpur ETP.

Formulasi Masalah

Pasir alam sebagai bahan penyusun campuran beton, merupakan bahan yang lama kelamaan akan habis. Oleh karena itu perlu dipikirkan alternatif penggunaan bahan lain untuk menggantikan fungsi

pasir alam ini. Dalam hal ini limbah bubuk besi yang memiliki kemiripan visual serupa dengan pasir alam, memungkinkan untuk digunakan sebagai bahan pengganti pasir dalam campuran beton.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini batasan masalah yang diambil adalah kuat tekan beton yang direncanakan (f_c') sebesar 25 MPa, semen yang digunakan *Portland* tipe 1. Pengujian kuat tekan menggunakan benda uji silinder berdiameter 15 cm dan tinggi 30 cm pada umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

Limbah bubuk yang digunakan yang tertahan di saringan 0,075 mm (saringan no. 200) dengan persentase berat yaitu; 0%; 5%; 10%; 15% dan 20%.

Tujuan

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimental dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah bubuk besi sebagai substitusi parsial agregat halus pada beton terhadap kuat tekan beton.

KAJIAN PUSTAKA

Beton adalah merupakan material komposit yang terbentuk dari pencampuran semen Portland, agregat halus, agregat kasar, dan air yang fungsinya sebagai pereaksi kimia antara semen dan air yang membuat campuran mengeras.

Bahan Penyusun Beton

Agregat adalah istilah kolektif untuk bahan mineral seperti pasir, kerikil, dan batu pecah yang digunakan dengan media pengikat (seperti air, aspal, semen Portland, kapur, dan sebagainya). Untuk membentuk bahan campuran (misalnya beton aspal bitumen dan beton). Agregat sebagai salah satu bahan penyusun beton memiliki fungsi untuk mengurangi susut beton dan mempengaruhi nilai keekonomisan beton.

Semen Portland adalah salah satu media pengikat yang menyatukan agregat halus dan agregat kasar menjadi massa

padat melalui proses hidrasi. Semen Portland adalah semen hidrolik yang diproduksi dengan menggiling terak semen Portland, terdiri dari kalsium silikat hidrolik, yang digiling bersama dengan beberapa bahan lainnya.

Air adalah bahan yang diperlukan agar beton bereaksi dengan semen Portland. Air digunakan untuk melarutkan semen menjadi pasta, yang kemudian mengikat semua agregat, dari agregat halus hingga agregat kasar.

Limbah Bubut

Sampah merupakan masalah yang perlu mendapat perhatian untuk mengatasinya. Upaya pengelolaan sampah di masyarakat masih belum maksimal, dengan limbah yang ada sekitar. Pengelolaan limbah harus segera diperbaiki karena memiliki dampak negatif terhadap masyarakat di masa depan. Limbah bubut adalah bahan dari mesin bubut, yang dapat digunakan sebagai serat besi [4]. Bengkel bubut memperbaiki mesin yang rusak akan menghasilkan limbah yang terkelupas.

Kekuatan Tekan

Kekuatan tekan adalah kapasitas maksimum suatu material untuk menahan beban per unit area [1]. Kekuatan tekan beton normal umumnya berkisar antara 20 - 40 MPa. Kekuatan beton dipengaruhi oleh rasio semen air, jenis agregat, kemampuan kerja, *curing*, dan usia beton. Untuk mendapatkan beton dengan kekuatan yang diinginkan, beton perlu dirawat dengan baik pada usia dini, sehingga proses hidrasi berjalan dengan sempurna. Uji kuat tekan dilakukan dengan mesin uji tekan (UTM) dengan menempatkan sampel silinder berdiameter 150 mm, dan tinggi 300 mm secara tegak lurus dan diberi beban tekan secara bertahap hingga objek sampel runtuh. Tes ini memperoleh beban maksimum yang bisa dipegang oleh sampel hingga runtuh. Kekuatan tekan beton dapat dihitung dengan membagi beban maksimum dengan luas permukaan silinder

sampel, atau secara matematis ditulis sebagai:

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

dengan,

f'_c = kuat tekan, MPa

P = beban maksimum, N

A = luas permukaan sampel, mm²

Sesuai dengan Peraturan Beton Indonesia 1971, ada standar kekuatan tekan beton sesuai dengan usia beton. Standar tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Korelasi Umur dan Kuat Tekan Beton

Usia Beton (Hari)	Kuat Tekan Beton (%)
3	40
7	65
14	88
21	95
28	100
56	112,4

METODOLOGI PENELITIAN

Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

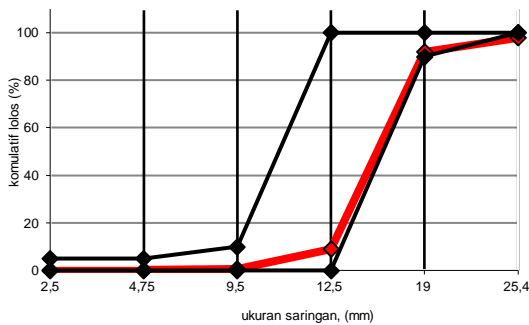
1. Semen, merk Tiga Roda
2. Agregat kasar, dari Cigudeg
3. Agregat halus, dari Sumedang
4. Air, dari sumber PDAM
5. Limbah sisa proses bubut besi

Agregat yang akan digunakan harus sesuai dengan standar yang digunakan, sehingga dilakukan pengujian untuk melihat kesesuaian bahan. Hasil tes dapat dilihat pada Tabel 2

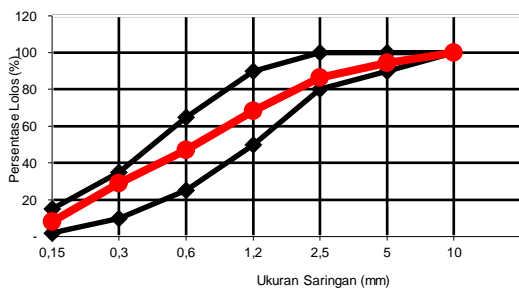
Tes analisis ayakan dilakukan untuk mengetahui gradasi agregat halus, agregat kasar, dan limbah bubut. Hasil pengujian gradasi terhadap ketiga material tersebut ditunjukkan pada Gambar 2, 3 dan 4. Dari hasil pengujian nampak bahwa material memenuhi kriteria gradasi yang disyaratkan

Tabel 2. Sifat Fisik Material

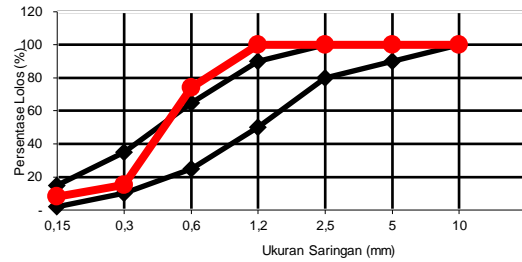
Agregat	Tes	Hasil	Standard
Agregat Kasar	Modulus Kehalusan	7,09	3,0 – 8,0
	Specific Gravity	2,56	2,2 – 2,7
	Berat Jenis	1,53	>1,2
	Absorpsi	2,75%	
Agregat Halus	Kadar lumpur	0,68%	<1%
	Modulus Kehalusan	2,67	1,5 – 3,8
	Specific Gravity	2,52	2,2 – 2,7
	Berat Jenis	1,51	>1,2
	Absorpsi	2,47%	
	Kadar lumpur	2,75%	<5%



Gambar 2. Gradasi Agregat Kasar



Gambar 3. Gradasi Agregat Halus



Gambar 4. Gradasi Limbah Bubut Besi

Desain Campuran Beton

Berdasarkan hasil uji material yang ditunjukkan pada Tabel 2, desain campuran untuk campuran beton dapat dihitung. Standar yang digunakan adalah SNI 03 - 2834 - 2000 tentang prosedur pembuatan beton normal. Kekuatan tekan yang ditentukan ($f'c$) diatur menjadi 25 MPa. Dalam penelitian ini, ada 5 jenis komposisi beton, yang disebut sebagai AB1 untuk sampel kontrol, AB2 untuk substitusi parsial 5% agregat halus, AB3 untuk substitusi parsial 10% agregat halus, AB4 untuk substitusi parsial 15% dari fine agregat, AB5 untuk substitusi parsial 20% dari agregat halus. Komposisi campuran ditunjukkan pada Tabel 3.

Benda Uji

Untuk menentukan kekuatan tekan beton limbah bubuk, maka dibuat beberapa spesimen. Benda uji yang digunakan adalah beton berbentuk silinder, berukuran diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Beton yang mengeras kemudian dikeluarkan dari cetakan dan ditempatkan dalam tangki curing untuk proses curing. Gambar 5 menunjukkan proses pembuatan benda uji dan proses curing.

Tabel 3: Komposisi Material Penyusun Beton per m³

Kode Benda Uji	Air	Semen	Agregat Kasar	Pasir	Limbah Bubut	
	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	%	(kg) %
AB1	183,16	469	806,4	816,63	100%	0 0%
AB2	183,16	469	806,4	775,799	95%	40,8 5%
AB3	183,16	469	806,4	734,967	90%	81,7 10%
AB4	183,16	469	806,4	694,136	85%	122,5 15%
AB5	183,16	469	806,4	653,304	80%	163,3 20%



Gambar 5. Pembuatan Benda Uji dan Proses *Curing*

Metode Pengujian

Uji kuat tekan dilakukan sesuai dengan SNI 1974 - 2011 tentang metode uji kuat tekan untuk spesimen silindris. Beton diuji dengan mesin uji universal (UTM) pada usia 7 hari, 14 hari, dan 28 hari.

HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS Tes Slump

Beton segar juga diuji dengan uji slump. Uji slump dilakukan untuk menentukan konsistensi dan kemampuan kerja campuran beton. Dalam penelitian ini, nilai slump yang ditargetkan adalah 8 ± 2 cm. Hasil uji slump campuran beton dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Nilai Slump

Benda Uji	Limbah Bubut, %	Slump (cm)
AB1	0%	7,5
AB2	5%	7,1
AB3	10%	7
AB4	15%	6,9
AB5	20%	6,7

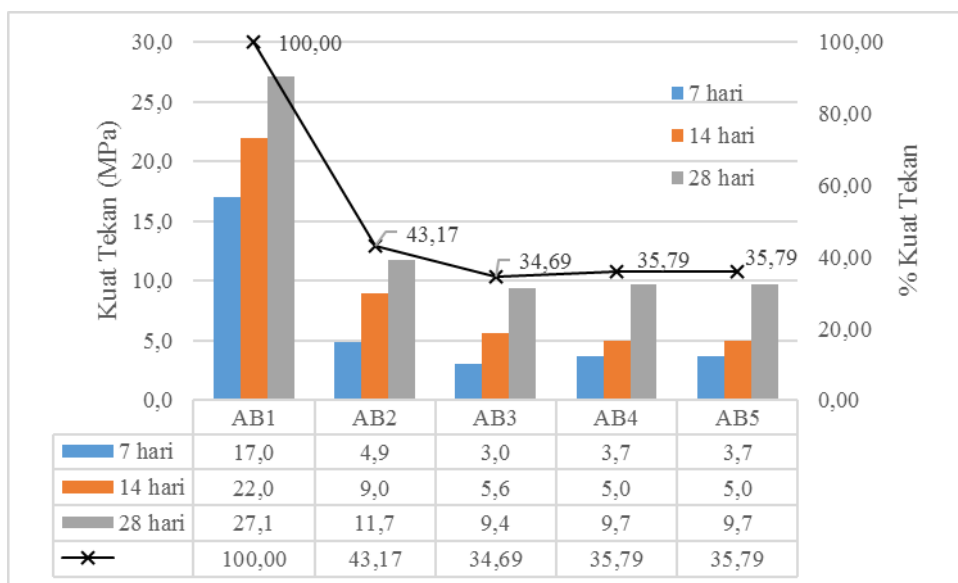
Berdasarkan hasil uji slump, nilai slump dari kelima benda uji masih masuk dalam nilai slump rencana yaitu 8 ± 2 cm. Dari hasil ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya kadar limbah bubuk besi dalam campuran, akan menunjukkan penurunan nilai slump. Penurunan ini mempengaruhi lama atau waktu untuk pencampuran beton segar hingga menjadi campuran yang homogen.

Kuat Tekan

Hasil uji kuat tekan beton pada umur 7, 14 dan 28 hari ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Tekan Beton

Benda Uji	Kuat Tekan (MPa)		
	7 hari	14 hari	28 hari
AB1	17.0	22.0	27.1
AB2	4.9	9.0	11.7
AB3	3.0	5.6	9.4
AB4	3.7	5.0	9.7
AB5	3.7	5.0	9.7



Gambar 6. Pertumbuhan Kuat Tekan Beton

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa kuat tekan untuk spesimen beton normal atau AB1 meencapai kekuatan tekan yang ditentukan. Sedangkan untuk spesimen beton yang menggunakan limbah sisa bubuk sebagai agregat halus menunjukkan penurunan kuat tekan beton pada umur 28 hari. Pada penggantian pasir dengan limbah bubuk besi kuat tekan yang dihasilkan pada 28 hari hanya sebesar 43,17% dari target kuat tekan rencana. Semakin banyak penggunaan limbah bubuk besi menunjukkan penurunan kuat tekan yang makin besar. Faktor utama yang menyebabkan penurunan kuat tekan beton limbah bubuk adalah reaksi kimia yang terjadi antara limbah bubuk dan semen Portland. Secara visual kejadian ini dapat diamati saat beton segar telah dituang dalam cetakan, beton mengalami pengembangan volume dan membentuk beberapa gelembung udara, yang menyebabkan porositas pada beton. Rongga ini kemudian menyebabkan penurunan kuat tekan beton, karena beton tidak padat.



Gambar 7. Beton Yang Mengembang Dalam Cetakan

Berdasarkan grafik di atas, jika dibandingkan dengan beton limbah bubuk, nilai kuat tekan tertinggi dicapai oleh AB2, dengan substitusi parsial 5% agregat halus, yang setara dengan 16,4 MPa. Kekuatan tekan terendah dicapai oleh AB4, dengan kekuatan tekan sama dengan 9,6 MPa dengan substitusi limbah bubuk 15%. Hasil ini dari limbah beton bubuk tidak dapat dikategorikan atau digunakan sebagai beton struktural. Dalam SNI 2847 - 2013, diperlukan bahwa beton struktural harus

memiliki kuat tekan tertentu minimal 17 MPa. Namun, beton sisa bubuk masih bisa digunakan sebagai beton non struktural. Beton non-struktural dengan kekuatan tekan di bawah 17 MPa, dapat diproduksi tanpa pengawasan khusus, hanya terbatas pada pengawasan kualitas material yang ringan. Dalam penelitian ini, substitusi parsial dilakukan dengan persentase besar, yaitu berkisar 5 - 20%.

SIMPULAN

Berdasarkan analisis hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah bubuk sebagai bahan pengganti parsial agregat halus pada beton dapat mempengaruhi sifat fisik, mekanik dan kimia. Efek dari penambahan limbah bubuk sebagai pengganti parsial agregat halus adalah:

1. Kekuatan tekan beton tertinggi dengan penambahan limbah bubuk dicapai oleh AB2 dengan campuran 5% dengan kekuatan tekan 11,7 MPa. Dengan hasil ini, beton limbah bubuk tidak dapat digunakan sebagai beton struktur yang memiliki persyaratan minimum 20 MPa.
2. Beton dengan pengganti limbah bubuk memiliki kekuatan tekan di bawah 17 MPa, menunjukkan bahwa beton masih dapat digunakan sebagai beton non-struktural.

Untuk penelitian berikutnya, dalam campuran beton dengan limbah bubuk besi sebagai pengganti pasir, dimungkinkan untuk menambahkan bahan lain yang memiliki sifat untuk meningkatkan kuat tekan beton, seperti abu terbang, abu sekam padi atau bahan tambah kimiawi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

1. M., Kumaran, M., Nithi, dan Reshma K., *Effect of Lathe Waste in Concrete as Reinforcement*, International Journal of Research in Advent Technology, Special Issue, pp. 78 – 83, 2015.

2. Firdous, Suhaib, dan Mohit, Bajaj, *Strength Characteristics Analysis of Concrete Reinforced with Lathe Machine Scrap and ETP Sludge*, International Journal of Latest Research in Engineering and Computing. Vol. 5, No. 3, pp. 61 – 66, 2017.
3. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1974:2011. “Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder”*, 2011.
4. Sudjati, J J, Yuliyanti T, Rikardus, *Pengaruh Penggunaan Serbuk Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus*, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 13 No.1 Page 1-11, 2014.
5. Suhartini, A, Gunarti A.S., Hasan A., *Pengaruh Penambahan Tumbukan Limbah Botol Kaca Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Lentur Beton*, Jurnal Bentang, Vol. 2 No.1, pp 66-80, 2014.
6. Paryati, N, *Kuat Tekan Beton Dengan Penambahan Serbuk Besi Dan Baja*, Jurnal Bentang, Vol.3 No. 1 Universitas Islam 45, 2015.
7. Fadli, Mad W, *Studi Eksperimental Pengaruh Penambahan Serat Limbah Banner dan Granulated Blast Furnance Slag Tehradap Kuat Tekan Dan Tarik Belah Beton*, Skripsi Universitas Pembangunan Jaya, 2017.
8. Arikunto, S. , *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*, Jakarta: Penerbit Rineka Cipta, 2010.
9. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-2834-2000 “Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal”*, 2000.
10. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 15-2049: “Semen Portland”*, 2004.
11. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1969:2008. “Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar”*, 2008.
12. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-4804-1998. “Metode Pengujian Bobot Isi dan Rongga Udara Dalam Agregat”*, 1998.
13. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-4142-1996 “Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm)”*, 1996.
14. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-1968-1990. “Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar”*, 1990.
15. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1970:2008. “Cara Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus”*, 2008.
16. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 1972. “Cara Uji Slump Beton”*, 2008.
17. Badan Standarisasi Nasional, *SNI 03-6817-2002. “Metode Pengujian Mutu Air Untuk Digunakan Dalam Beton”*, 2002.
18. Dwi, Maria, *Pengenalan Dasar Konstruksi Beton Siku dan Pracetak*, TAKA Publisher, Yogyakarta, 2014.