

# STUDI EKSPERIMEN PENGGANTI AGREGAT KASAR DENGAN TERAK BAJA TERHADAP KUAT TEKAN BETON NORMAL

Ardana Dika Anggara<sup>1</sup>, Anis Rahmawati<sup>2</sup>, Aryanti Nurhidayati<sup>3</sup>

Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Sebelas Maret<sup>1</sup>  
ardanaanggara@gmail.com

Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Sebelas Maret<sup>2</sup>  
Pendidikan Teknik Bangunan, Universitas Sebelas Maret<sup>3</sup>

## Abstrak

Terak baja merupakan limbah dari sisa pengecoran logam, sebagian digunakan untuk urugan tanah dan sisanya dibiarkan begitu saja. Limbah ini dalam masyarakat belum dimanfaatkan secara optimal, sehingga dilakukan penelitian dengan menambahkan terak baja dalam campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh terak baja pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton normal dengan campuran perbandingan 1:2:3. Penelitian menggunakan metode eksperimen, dengan sampel pengujian kuat tekan beton berbentuk silinder dimensi 150 mm x 300 mm. Adapun persentase penggantian yang digunakan adalah 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% dari volume agregat kasar, sedangkan variasi umur pengujian benda uji adalah 14 hari, 28 hari, 60 hari, dan 90 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan CTM (*Compressing Testing Machine*) menurut SNI 1974-2011. Hasil penelitian penggantian terak baja dan variasi umur berpengaruh terhadap kuat tekan beton terak baja. Penggantian terak baja dan variasi umur menghasilkan kuat tekan optimal beton terak pada persentase 60% yaitu 11,78 MPa pada umur 14 hari, 14,05 MPa pada umur 28 hari, 18,29 MPa pada umur 60 hari, dan 20,36 MPa pada umur 90 hari, hal ini terjadi karena pada persentase 60% memiliki nilai slump paling kecil dari penggantian terak yang lain.

Kata Kunci: beton terak, limbah, kuat tekan

## 1. Pendahuluan

Terak baja dihasilkan oleh produk sampingan dari proses produksi dapur tinggi dalam pengolahan besi dan baja. Limbah ini belum dimanfaatkan secara optimal di masyarakat, sebagian hanya digunakan untuk urugan saja bahkan dibiarkan begitu saja. Beton menjadi bahan yang paling banyak digunakan dalam mendirikan suatu struktur bangunan. Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah campuran beton. Campuran yang digunakan dalam beton salah satunya adalah menggunakan limbah terak baja. Kekuatan beton normal menurut Tjokrodimulyo (2004) akan terus meningkat sampai umur 28 hari, setelah itu tetap terjadi peningkatan tetapi tidak signifikan.

Dipohusodo (1999: 1) menyatakan bahwa beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah

atau bahan semacam lainnya, dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung. Sedangkan menurut Tjokrodimulyo (2004: I-1) "beton diperoleh dengan cara mencampurkan semen *portland*, air, dan agregat". Beton memiliki kelebihan yaitu harganya relatif murah, termasuk bahan yang awet, kuat tekannya cukup tinggi, dan mudah dibentuk sesuai keinginan.

Tjokrodimulyo (2004: III-4) terak baja (*Slag*) adalah hasil sampingan dari pembakaran bijih besi pada tanur tinggi yang didinginkan pelan-pelan diudara terbuka. Nilforoushan & Reza (2005: 32) menyatakan kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dalam terak akan bereaksi dengan sisa hidrasi semen pertama yang akan membentuk proses hidrasi semen yang kedua. Proses reaksi lanjutan ini menghasilkan

kekuatan beton terak meningkat dengan bertambahnya umur beton. Adapun rumus reaksi semen dan silika terak berikut ini.

- 1) Semen + H<sub>2</sub>O → CSH (penyemenan gel) + Ca(OH)<sub>2</sub>
- 2) Ca(OH)<sub>2</sub> + SiO<sub>2</sub> → CSH (tambahan gel semen, sehingga meningkatkan kekuatan beton)

Pencampuran merupakan satu rangkaian yang saling berhubungan dalam pembuatan beton. Satuan perbandingan 1:2:3 mengacu pada PBI 1971 merupakan dalam ukuran volume. Perbandingan 1:2:3 adalah 1 untuk semen, 2 untuk agregat halus (pasir) dan 3 untuk agregat kasar (kerikil/terak). Beton dengan campuran 1:2:3 merupakan campuran yang paling banyak digunakan dalam pembangunan rumah sederhana tanpa keterlibatan insinyur (Asroni, 2010: 13).

Bertambahnya umur beton akan menyebabkan kuat tekan beton meningkat. Mulyono (2004: 137) berpendapat “kekuatan beton akan naik secara cepat sampai umur 28 hari, tetapi setelah itu kenaikannya akan kecil”. Kekuatan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah umur beton. Roslan, dkk. (2016) melakukan pengujian beton steel slag dan steel sludge pada umur 3 hari, 7 hari, 28 hari, 60 hari, dan 90 hari. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari, dan 90 hari (Tjokrodinuljo, 2004: 8-2). Dari beberapa penelitian maka digunakan umur pengujian 14 hari, 28 hari, 60 hari, dan 90 hari.

Kuat tekan beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu. Asroni (2010: 15) menyatakan bahwa kuat tekan beton diberi notasi dengan  $f_c'$ , yaitu kuat tekan silinder beton yang disyaratkan pada waktu berumur 28 hari.

Melihat kurang pemanfaatan limbah terak baja dimasyarakat, maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan terak baja sebagai bahan campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh terak baja sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton normal dengan campuran perbandingan 1:2:3 ditinjau berdasarkan umur beton.

## 2. Metode

Penelitian yang digunakan jenis penelitian kuantitatif yaitu mengambil suatu gambaran mengenai pengaruh terak baja sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton normal dengan metode campuran perbandingan 1:2:3 ditinjau berdasarkan umur beton.

Bahan dari campuran beton yaitu semen, air, agregat halus, agregat kasar, dan terak baja. Agregat halus berasal dari Muntilan, Magelang. Pengujian agregat halus (pasir) yang dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi pengujian kadar lumpur, kadar air, kadar zat organik, *specific gravity*, dan gradasi agregat halus. Ukuran maksimal pasir adalah 5 mm, memiliki kadar lumpur kurang dari 5%, dan bergradasi agak kasar. Hasil uji pasir lebih rinci dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian agregat halus

Uji Bahan	Nilai	Standar	Keterangan
Kadar Lumpur	1,87%	<5%	Memenuhi
Kadar Air	0,33%	1-3%	Tidak memenuhi
Kadar Zat Organik	0-10%	0-10%	Memenuhi
<i>Specific Gravity</i>	2,55	2,5-2,7	Memenuhi
Gradasi		Daerah Gradasi II	Memenuhi

Agregat kasar berasal dari batu pecah, dari penggilingan batu PT Pancadarma Puspawira kabupaten Karanganyar. Pengujian agregat kasar (kerikil) yang dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi pengujian gradasi, abrasi, dan *specific gravity*. Ukuran maksimal agregat adalah 20 mm

dan memiliki berat jenis sebesar 2,54. Pengujian lebih rinci dapat dilihat pada tabel 2.

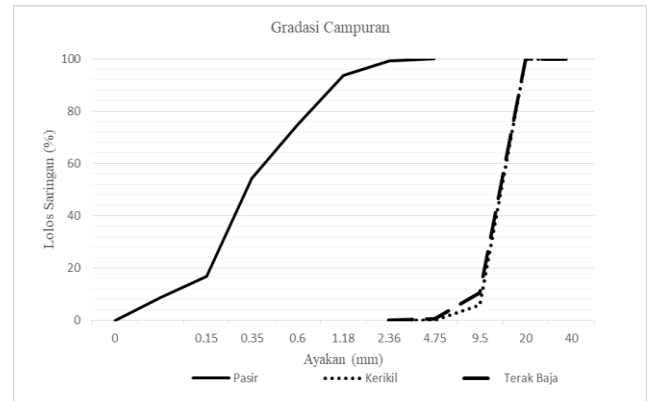
Tabel 2. Hasil pengujian agregat kasar

Uji Bahan	Nilai	Standar	Keterangan
Modulus kehalusan	4,70	6 - 7,1	Tidak Memenuhi
<i>Specific gravity</i>	2,54	2,5 - 2,7	Memenuhi
Abrasi	9,20	< 50%	Memenuhi
Absorsi	1,36%	3%	Memenuhi

Terak baja berasal dari limbah pengecoran logam dari desa Batur, Ceper, Klaten. Pengujian terak yang dilaksanakan dalam penelitian ini meliputi pengujian gradasi, abrasi, dan *specific gravity*. Ukuran maksimal berak baja adalah 20 mm dan memiliki berat jenis sebesar 2,67. Pengujian lebih rinci dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian terak

Uji Bahan	Nilai	Standar	Keterangan
Modulus kehalusan	4,31	6 - 7,1	Tidak Memenuhi
<i>Specific gravity</i>	2,67	2,5 - 2,7	Memenuhi
Abrasi	13,45	< 50%	Memenuhi
Absorsi	0,31%	3%	Memenuhi



Gambar 1. Gradasi campuran agregat

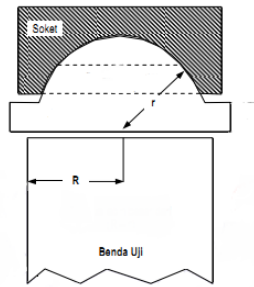
Benda uji berbentuk silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Jumlah benda uji 3 buah setiap variasi persentase penggantian terak baja.

Variasi umur yang digunakan dari beberapa penelitian yaitu 14 hari, 28 hari, 60 hari, dan 90 hari. Campuran perbandingan beton adalah 1:2:3, 1 untuk semen, 2 untuk agregat halus (pasir) dan 3 untuk agregat kasar (kerikil/terak). Adapun variasi persentase penggantian yang digunakan adalah 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100% terhadap agregat kasar. Penelitian ini dalam menghitung kebutuhan bahan menggunakan 12 benda uji setiap persentase penggantian, yang terdiri dari 3 buah untuk umur 14 hari, 3 buah untuk 28 hari, 3 buah untuk 60 hari, dan 3 buah untuk 90 hari.

Tabel 4. Rencana Kebutuhan Campuran Beton

No	Persentase Terak	Kebutuhan Bahan (m <sup>3</sup> )				
		Semen	Pasir	Kerikil	Terak	Air
1	0%	0,0127164	0,025434	0,0381504	0	0,007629
2	20%	0,0127164	0,025434	0,0352032	0,0076301	0,007629
3	40%	0,0127164	0,025434	0,0228902	0,0152602	0,007629
4	60%	0,0127164	0,025434	0,0152602	0,0228902	0,007629
5	80%	0,0127164	0,025434	0,0076301	0,0352032	0,007629
6	100%	0,0127164	0,025434	0	0,0381504	0,007629
	Jumlah	0,0762984	0,152604	0,1191341	0,1191341	0,045774

Sumber data yang ada dalam penelitian ini berupa data primer. Data primer merupakan data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium yaitu dari pengujian kuat tekan beton. Pengujian dapat dilakukan dengan CTM (*Compressing Testing Machine*) sesuai dengan SNI-1974-2011.



Gambar 2. Uji kuat tekan pada silinder beton  
(Standar Nasional Indonesia 1974, 2011)

Persamaan kuat tekan:

$$F_c' = P/A$$

Dimana:

$F_c'$  = Kuat Tekan (N/mm<sup>2</sup>)

P = Tekanan (N)

A = Luasan (mm<sup>2</sup>)

Perawatan beton sesuai dengan SNI 4810-2013 yaitu dilakukan perawatan awal dan perawatan akhir. Perawatan awal dilakukan setelah penuangan beton kedalam cetakan silinder didiamkan dalam suhu ruangan (16°C-27°C), hindari dari cahaya matahari dan kelembaban yang tinggi. Perawatan akhir dilakukan setelah 24 jam beton dicetak, benda uji dibuka dari cetakan. Kemudian direndam dalam air untuk proses perawatan selama waktu yang dikehendaki. Benda uji diambil dari perendaman ± 24 jam sebelum waktu pengujian beton.

Analisis data untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh terak baja sebagai pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton normal dengan metode campuran perbandingan 1:2:3 ditinjau berdasarkan umur beton menggunakan analisis regresi linier berganda. Namun sebelumnya dilakukan pengujian

prasyarat berupa uji normalitas dan multikolinieritas (Gunawan, 2013).

Analisis regresi ganda adalah suatu alat analisis peramalan nilai pengaruh dua variabel bebas atau lebih terhadap variabel terikat untuk membuktikan ada atau tidaknya hubungan fungsi dua variabel terikat atau lebih dengan variabel terikat (Riduan & Sunarto, 2013: 107).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Analisis

Uji Normalitas, hasil pengujian normalitas kuat tekan beton dengan program SPSS 16.0 metode *one sample Kolmogorov-smirnov*. Berdasarkan hasil SPSS didapatkan nilai signifikansi (*Asymp. Sig. 2-tailed*) sebesar 0,908. Karena signifikansi (0,908) > 0,05 maka data variabel kuat tekan beton terak berdistribusi normal.

#### Uji Multikolinieritas

Hasil pengujian kuat tekan beton pada tabel output uji multikolinieritas dengan program SPSS 16.0 dengan memperhatikan nilai *Tolerance* dan *VIF*. Hasil *statistic Collinearity* nilai dari *VIF* dari kedua variabel bebas (variasi terak dan umur) sebesar 1 < 10 dan *Tolerance* keduanya sebesar 1 > 0,1 maka kedua variabel bebas kuat tekan beton terak tersebut tidak mengandung multikolinieritas.

#### Analisis Regresi Linier Berganda

Secara Simultan (uji F), untuk mengetahui pengaruh variabel bebas secara bersamaan (simultan) terhadap variabel terikat dengan membandingkan antara F hitung dan F tabel. F hitung berasal dari SPSS 16.0 didapatkan besarnya F hitung adalah 128,816, sedangkan untuk F tabel adalah 2,70 (diperoleh dari tabel distribusi F untuk taraf signifikansi 5% dengan jumlah variabel 3 dan jumlah sampel 72). Besarnya nilai F hitung (128,816) > F tabel (2,70), serta besar nilai taraf signifikansi tabel 0,000 < 0,05 (taraf signifikansi 5%) maka dapat diartikan bahwa ada

pengaruh signifikan antara variasi penggantian terak dan umur beton terhadap kuat tekan beton pada signifikansi 5%.

Secara Parsial (uji T), untuk mengetahui pengaruh variabel bebas secara terpisah, dengan membandingkan t hitung dengan t tabel dan membandingkan signifikansi dengan 0,05. Hasil dari SPSS 16.0 tentang signifikansi dari koefisien regresi. Dilihat dari besarnya t hitung dan signifikansinya, maka didapat sebagai berikut:

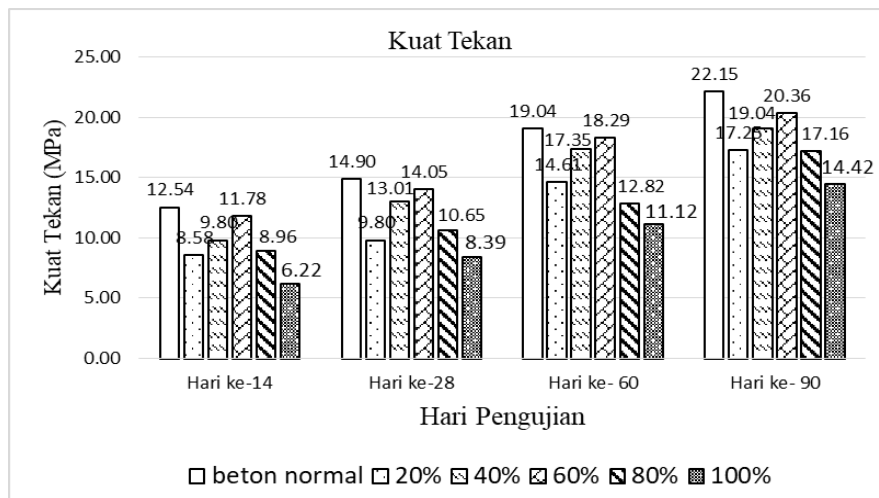
- 1) Koefisien t hitung persentase penggantian terak adalah -7,225 dan t tabel adalah -1,9939 (diperoleh dari tabel distribusi t untuk taraf signifikansi 5% dengan jumlah variabel 3 dan jumlah sampel 72), sedangkan signifikansinya adalah  $0,000 < 0,05$  (taraf signifikansi 5%). Karena -t hitung < -t tabel, maka  $H_0$  ditolak, artinya secara parsial ada pengaruh signifikan antara penggantian sebagian terak terhadap nilai kuat tekan beton.
- 2) Koefisien t hitung variasi umur adalah 14,333 dan t tabel adalah 1,9939 (diperoleh dari tabel distribusi t untuk taraf signifikansi 5% dengan jumlah variabel 3 dan jumlah sampel 72), sedangkan besar signifikansinya adalah  $0,000 < 0,05$  (taraf signifikansi 5%). Karena t hitung > t tabel ( $14,333 > 1,9939$ ), maka  $H_0$

ditolak, artinya secara parsial ada pengaruh secara signifikan antara variasi umur terhadap nilai kuat tekan beton.

Analisis Determinasi, digunakan untuk mengetahui persentase pengaruh variabel bebas secara bersama terhadap variabel terikat. Hasil analisis determinasi kuat tekan beton terak dapat dilihat dari nilai koefisien determinasi (*Rsquare*). Hasil dari SPSS 16.0 menunjukkan nilai R square sebesar 0,789, dapat diartikan bahwa sebesar 78,9% penggantian terak dan variasi umur beton berpengaruh terhadap kuat tekan beton dan 21,1% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak dimasukkan kedalam model statistik.

### 3.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil uji t kuat tekan beton terak menunjukkan sebesar 78,9% penggantian terak dan variasi umur berpengaruh terhadap kuat tekan beton. Pada Uji F kuat tekan beton terak menunjukkan nilai F hitung  $128,816 > 2,70$  (F tabel) dan nilai signifikansi sebesar  $0,000 < 0,05$  (taraf signifikansi 5%) maka penggantian terak dan variasi umur pengaruh terhadap kuat tekan. Pada gambar 3. hasil kuat tekan beton terak yang semula naik pada variasi 20% dan 40% mengalami kenaikan lagi pada variasi 60% dan mengalami penurunan pada variasi 80% dan 100%.



Gambar 3. Grafik Hubungan Persentase Terak dan Variasi Umur terhadap Kuat Tekan Beton Terak

Kuat tekan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah sifat agregat dan kandungan silika yang terdapat didalam agregat (Tjokrodimuljo, 2004). Menurut Nilforoushan & Reza (2005: 32) kandungan silika ( $\text{SiO}_2$ ) dalam terak akan bereaksi dengan sisa hidrasi semen pertama yang akan membentuk proses hidrasi semen yang kedua. Proses reaksi lanjutan ini menghasilkan kekuatan beton terak meningkat dengan bertambahnya umur beton.

Permukaan agregat yang tajam dan kasar membuat rekatan antara agregat dan pasta semen lebih kuat dari pada agregat yang halus dan licin. Terak yang digunakan dalam penelitian ini memiliki bentuk butiran tajam dan keadaan permukaan yang licin, sehingga ikatan dengan pasta semen lebih sulit dibandingkan dengan kerikil yang memiliki bentuk butiran tajam dan keadaan permukaan yang kasar. Semakin tinggi variasi penggantian terak maka semakin sulit proses pengerjaannya baik dalam pengadukan maupun pemadatan. *Workability* menurun seiring persentase penggantian terak meningkat (Devi dan Gnanavel, 2014).

Pengujian abrasi merupakan kemampuan agregat kasar untuk menahan beban dari luar atau keausan. Terak yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai abrasi sebesar 13,45% lebih besar dari pada nilai abrasi kerikil yaitu sebesar 9,2%. Abrasi berhubungan dengan kekerasan dan ketahanan agregat kasar, serta kemungkinan terjadinya pecah pada butir-butir agregat selama pemadatan maupun pengujian. Semakin besar nilai abrasi maka kuat tekan beton semakin berkurang. Dalam penelitian Ratmasari (2013) disebutkan juga abrasi yang besar menghasilkan kuat tekan yang rendah.

Pada gambar 3. dapat dilihat bahwa penggantian terak baja pada persentase 60% cenderung memiliki kuat tekan beton terak optimal setiap umur pengujian. Hal ini terjadi karena nilai slump pada persentase 60% yaitu 11 cm, lebih

rendah dari pada nilai slump pada persentase penggantian terak 20%, 40%, 80%, dan 100%.

Tabel 7. Hasil Uji Slump

Umur (hari)	Slump (cm)				
	20%	40%	60%	80%	100%
14	13	13	11	12	12,5
28	14	12	11	12	12,5
60	13	13	11	12	13
90	14	12	11	12	13

Asroni (2010: 9) menyatakan nilai slump yang tinggi menghasilkan kandungan air terlalu banyak sehingga menyebabkan kuat tekan beton menurun. Air yang diperlukan untuk proses hidrasi hanya sekitar 0,25-0,30 saja dari berat semen, sedangkan sisanya diperlukan sebagai pelumas agar adukan beton mudah dikerjakan (Tjokrodimuljo, IV: 1). Akan tetapi jika jumlah air untuk pelumas terlalu banyak pada saat mengeras akan menyebabkan beton berpori sehingga kekuatannya rendah.

Pori beton terjadi karena sisa air yang digunakan proses hidrasi terlalu banyak, sehingga air menempati ruang diantara agregat. Pada saat beton mengeras air akan menguap dan mengakibatkan rongga didalam beton. Terak dalam campuran beton menyebabkan reduksi pori, penggantian terak 60% pada campuran beton ditemukan sebagai tingkat optimum (Subrami dan Ravi, 2015).

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan tentang pengaruh terak baja pengganti agregat kasar terhadap kuat tekan beton normal dengan metode campuran perbandingan 1:2:3 ditinjau berdasarkan umur beton dapat diambil simpulan sebagai berikut:

4.1 Pengaruh terak baja sebagai pengganti sebagian agregat kasar dan variasi umur beton berdasarkan koefisien determinasi (*Rsquare*) sebesar 0,789, sehingga variasi penggantian

terak baja dan umur beton berpengaruh sebesar 78,9% terhadap kuat tekan beton.

- 4.2 Kuat tekan optimal beton terak yaitu pada persentase 60% di setiap umur pengujian, yaitu 11,78 MPa untuk umur pengujian 14 hari, 14,05 MPa untuk umur pengujian 28 hari, 18,29 MPa untuk umur pengujian 60 hari, dan 20,36 MPa untuk umur pengujian 90 hari.
- 4.3 Beton terak masih dapat digunakan dengan memperhatikan komposisi persentase pengganti agregat kasarnya.

### Ucapan Terima Kasih

Kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, yang telah memberikan doa dan dorongan.
2. Ida Nugroho Saputro, S.T., M.Eng., yang telah memberikan arahan dalam penyusunan makalah ini.
3. Semua pihak yang ikut membantu hingga terselesaikannya makalah ini.

### Daftar Pustaka

- \_\_\_\_\_. (2011). Standar Nasional Indonesia 1974 *Cara uji Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- \_\_\_\_\_, (2013). Standar Nasional Indonesia 4810 *Tata Cara Pembuatan dan Perawatan Spesimen Uji Beton di Lapangan*. Jakarta : BSN.
- Asroni, Ali. (2010). *Balok dan Pelat Beton Bertulang*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Devi & Gnanavel. (2014). *Properties of Concrete Manufactured Using Steel Slag*. *Procedia Engineering*, 97, 95-104. Diakses dari <http://sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814032883> [3 Agustus 2017].
- Dipohusodo, Istimawan. (1993). *Stuktur Beton Bertulang*. Jakarta :DPU RI.
- DPU. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*. Bandung : Yayasan LPMB. Bandung : Yayasan LPMB.
- Gunawan, M.A. (2013). *Statistik untuk Penelitian Pendidikan*. Yogyakarta : Parama Publishing.
- Mulyono, Tri. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Andi Publishing.
- Nilforous & Reza, Muhammad. (2005). *The Effect of Micro Silica on Permeability and Chemical Durability of Concrete Used in Corrosive Environment*. 24, 02, 31-37. Diakse dari <http://SID.ir> [5 Oktober 2017].
- Ratmasari, Puji. (2013). *Pengaruh Penggunaan Terak Sebagai Pengganti Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton dan Berat Jenis Beton Normal dengan Metode Campuran 1:2:3*. Skripsi tidak dipublikasikan. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Riduan & Sunarto. (2013). *Pengantar Statistika*. Bandung : Alfabeta
- Roslan, Nurul Hidayah., Ismail, Muhammad., Majid, Zaiton Abdul., Ghoreishiamiri, Seyedmojtaba., dan Muhammad, Bala. (2016). *performance of steel slag and steel sludge in concrete*. *Construction and Building Materials*, 104, 16-24. Diakses dari <http://sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061815306814> [28 Juli 2017].
- Subramani & Ravi. (2015). *Experimental Investigation of aggregate With steel slag in concrete*. *IOSR Journal of Engineering*, 05, 64-73. Diakses dari <http://iosrjen.org> [13 Januari 2017].
- Tjokrodimuljo, Kardiyono. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta : Nafiri.