

PEMANFAATAN SUBSTITUSI *SLAG WELDING* SAW SEBAGAI AGREGAT KASAR PADA BETON

Lilis Tiyani¹, Sukarman², Andika Sastro Widjoyo³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Jakarta

Jl. Prof. DR. G.A. Siwabessy, Kampus Universitas Indonesia, Depok, Indonesia, 16425 Alamat dan Kota

lilis.tiyani@sipil.pnj.ac.id¹, sukarman@sipil.pnj.ac.id², Andika.sastrowidjoyo@sipil.pnj.ac.id³

Abstrak

Penelitian ini menggunakan limbah hasil pengelasan baja yang bernama *slag welding* SAW sebagai substitusi agregat kasar pada beton dengan kadar 50%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pemanfaatan limbah slag welding SAW sebagai bahan substitusi dengan agregat kasar beton dilakukan dengan pengujian kuat tekan, kuat tarik, dan kuat lentur beton. Perencanaan mix design beton menggunakan mutu rencana 25 MPa, dengan menggunakan acuan SNI 2834-2000. Pembuatan benda uji untuk pengujian kuat tekan beton normal dan beton slag welding SAW pada umur 14, 21, dan 28 hari berjumlah 18 berbentuk kubus dengan ukuran 15 x 15 x 15 cm, pengujian kuat tarik beton slag welding SAW pada umur 28 hari berjumlah 2 berbentuk silinder dengan ukuran 30 x 15 cm, serta pengujian kuat lentur beton slag welding SAW pada umur 28 hari berjumlah 2 berbentuk balok dengan ukuran 50 x 10 x 10 cm. Pengujian slump beton segar memenuhi rencana (60-180) mm. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton normal pada 28 hari sebesar 16,465 MPa. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata beton slag welding SAW pada 28 hari sebesar 15,518 MPa. Hasil pengujian kuat tarik rata-rata beton slag welding SAW pada 28 hari sebesar 1,36 MPa. Hasil pengujian kuat lentur rata-rata beton slag welding SAW pada 28 hari sebesar 1,17 MPa.

Kata kunci : kuat, slag, substitusi

Abstract

This research, steel welding waste called slag welding SAW was used as a substitute for coarse aggregate in concrete with a content of 50%. This study aims to determine the utilization of SAW welding slag waste as a substitute for coarse aggregate concrete by testing the compressive strength, tensile strength, and flexural strength. The concrete mix design plan uses

quality of 25 MPa, using SNI 2834-2000. The specimens for testing the compressive strength of normal concrete and concrete slag welding SAW at the age of 14, 21, and 28 days totaling 18 cubes with a size of 15 x 15 x 15 cm, testing the tensile strength of concrete slag welding SAW at the age of 28 days totaling 2 shapes cylinder with a size of 30 x 15 cm, as well as testing the flexural strength of concrete slag welding SAW at the age of 28 days totaling 2 blocks with a size of 50 x 10 x 10 cm. Slump test of fresh concrete design (60-180) mm. The average compressive strength test results for normal concrete at 28 days were 16,465 MPa. The results of the average compressive strength test of concrete slag welding SAW at 28 days were 15,518 MPa. The average tensile strength test results of slag welding SAW concrete at 28 days were 1.36 MPa. The average flexural strength test results of slag welding SAW concrete at 28 days were 1.17 MPa.

Keywords : strength, slag, substitution

I. PENDAHULUAN

Kegiatan konstruksi di Indonesia pada umumnya menggunakan beton sebagai material utama dalam pembangunan suatu bangunan, jembatan, dan dermaga. Beton pada umumnya merupakan campuran dari agregat halus, agregat kasar, semen dan air sebagai bahan pengikat. Berdasarkan (SNI 2847 2019), beton ringan memiliki berat antara 1140-1840 kg/m³, beton normal memiliki berat 2320-2400 kg/m³, dan beton berat umumnya memiliki berat diatas 2500 kg/m³. Penggunaan beton juga sering dipilih karena bahan yang mudah ditemukan, mudah dibentuk dan bentuknya dapat dibuat sesuai keinginan, serta faktor harganya yang lebih ekonomis dibanding menggunakan bahan lainnya (Achmadi, 2009).

Seiring berjalannya waktu dan perkembangan zaman, mulai tercipta adanya inovasi pada bidang konstruksi di Indonesia yang mulai memilih penggunaan baja sebagai pengganti beton karena tidak kalah kuat dibandingkan beton, serta jauh lebih cepat dalam proses perakitan sehingga lebih efisien dalam tenaga kerja dan waktu karena baja telah difabrikasi terlebih dulu di pabrik sesuai kebutuhan (Sabikun & Wijaya, 2018). Dengan semakin berkembangnya industri baja dan bertambahnya pemakaian bahan utama yang mengandung unsur baja, akan menimbulkan dampak yang kurang baik untuk lingkungan karena limbah baja sendiri tergolong dalam limbah jenis B3 (bahan berbahaya dan beracun) (Hayati, 2017). Dalam proses fabrikasi, baja akan dipotong atau disambung sesuai dengan pesanan. Proses fabrikasi baja tersebut akan menyisakan limbah berwujud padat berupa potongan-potongan baja dan juga limbah sisa las. Terdapat banyak metode dalam pengelasan baja, namun salah satunya adalah Submerged Arc Welding (SAW). Pengelasan metode SAW adalah salah satu jenis las listrik dengan proses menggabungkan material yang di las dengan cara memanaskan dan mencairkan baja induk dan elektroda oleh busur listrik yang terletak diantara baja induk dan elektroda (Hanggara, 2020). Arus dan busur lelehan baja akan di selimuti dengan butiran pasir flux diatas area yang dilakukan pengelasan (Handoyo & Aldy, 2019).

II. METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta, Depok. Penelitian ini berlangsung selama kurang lebih 90 hari, terhitung sejak bulan Mei hingga Juli 2023.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan pembuatan benda uji. Tahapan pada penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan seluruh alat dan bahan, melakukan pengujian dari bahan yang akan digunakan (pasir, batu pecah, dan slag welding SAW), pemeriksaan ketentuan sesuai dengan SNI yang ditentukan, perancangan mix design, pembuatan campuran beton, pengujian beton segar (uji slump, berat isi, dan waktu ikat beton), pencetakan benda uji (kubus, silinder, dan balok), perawatan benda uji (perendaman), pengujian kuat tekan umur 14, 21, dan 28 hari, pengujian kuat tarik umur 28 hari, serta pengujian kuat lentur umur 28 hari.

Bahan Material Penelitian

Bahan-bahan material yang digunakan pada penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Agregat kasar berupa batu pecah.
2. Agregat halus berupa pasir bangka.
3. Slag welding SAW berasal dari PT BUKAKA TEKNIK UTAMA.
4. Semen PCC merk Semen Gresik.
5. Air tawar untuk campuran beton dan perawatan berasal dari Laboratorium Bahan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Benda uji berupa beton berbentuk kubus dengan ukuran sisi 15 x 15 x 15 cm untuk pengujian kuat tekan beton, beton berbentuk silinder dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm untuk pengujian kuat tarik, dan beton berbentuk balok dengan ukuran panjang 50 cm, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm untuk pengujian kuat lentur yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variasi Jumlah Benda Uji

Kode Beton	Variasi Agregat Kasar	Jumlah
BN	Batu Pecah	12 Kubus
		12 Kubus
BS	Slag Welding SAW	2 Silinder
		2 Balok

Pengujian Bahan Material

Bahan material yang dilakukan pengujian adalah agregat kasar (batu pecah), agregat halus, dan slag welding SAW. Pengujian yang dilakukan pada agregat kasar dan slag welding SAW adalah berat jenis dan penyerapan air, bobot isi dan rongga, analisa ayak, keausan agregat menggunakan mesin abrasi Los Angeles, kadar lumpur, dan kadar air. Pengujian yang dilakukan pada agregat halus adalah berat jenis dan penyerapan, bobot isi dan rongga, analisa ayak, kadar lumpur, kotoran organik pada agregat, dan kadar air. Hasil pengujian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2 – Tabel 4.

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Kasar

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Jenis	2,212	g/cm ³
Penyerapan Air	5,934	%
Berat Isi Lepas	1,347	kg/m ³
Voids Lepas	38,999	%
Berat Isi Padat	1,468	kg/m ³
Voids Padat	36,258	%
Analisa Ayak	25-9,5	Mm
Keausan	27,122	%
Agregat		
Kadar Lumpur	1,301	%
Kadar Air	6,508	%

Tabel 3. Hasil Pengujian Slag Welding SAW

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Jenis	2,418	g/cm ³
Penyerapan Air	1,801	%
Berat Isi Lepas	1,272	kg/m ³
Voids Lepas	47,306	%
Berat Isi Padat	1,326	kg/m ³
Voids Padat	45,069	%
Analisa Ayak	25-150	mm-um
Keausan	13,060	%
Agregat		
Kadar Lumpur	0,796	%
Kadar Air	0,5	%

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Halus

Pengujian	Hasil	Satuan
Berat Jenis	2,539	g/cm ³
Penyerapan Air	2,565	%
Berat Isi Lepas	1,593	kg/m ³
Voids Lepas	37,124	%
Berat Isi Padat	1,797	kg/m ³
Voids Padat	29,055	%
Analisa Ayak	25-9,5	mm
Kadar Lumpur	1,6	%
Kotoran	Coklat	Normal
Organik	Muda	
Kadar Air	5,962	%

Rancangan Campuran Beton

Rancangan campuran beton pada penelitian ini menggunakan aturan (SNI 2834-2000) sebagai acuan dalam pembuatan beton. Nilai FAS yang digunakan adalah 0,6. Berikut ini jumlah kebutuhan bahan tiap m³ untuk variasi beton normal (BN) dan beton substitusi *slag welding* SAW (BS) dapat dilihat pada Tabel 5 – Tabel 6.

Tabel 5. Kebutuhan Bahan BN Tiap m³

Bahan	Jumlah	Satuan
Agregat Halus	661,7	Kg
Agregat Kasar	1034,97	Kg
Semen	308,33	Kg
Air	185	Kg

Tabel 6. Kebutuhan Bahan BS Tiap m³

Bahan	Jumlah	Satuan
Agregat Halus	661,7	Kg
Agregat Kasar	517,5	Kg
<i>Slag Welding</i> SAW	517,5	Kg
Semen	308,33	Kg
Air	185	Kg

Pengujian Beton Segar

Pengujian beton segar yang dilakukan pada penelitian ini terdiri atas uji *slump*, berat isi, dan waktu ikat awal. Hasil pengujian beton segar dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian Beton Segar

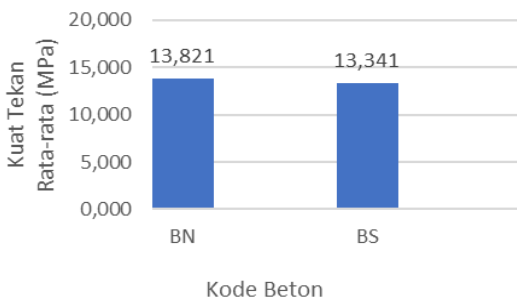
Pengujian	Variasi Beton	
	BN	BS
<i>Slump</i> (cm)	9,5	8
Berat Isi (kg/m ³)	2386,2	2270,4
Waktu Ikat (menit)	278	353

III. ANALISIS DAN PERANCANGAN

Pengujian beton keras yang dilakukan pada penelitian ini adalah pengujian kuat tekan beton pada

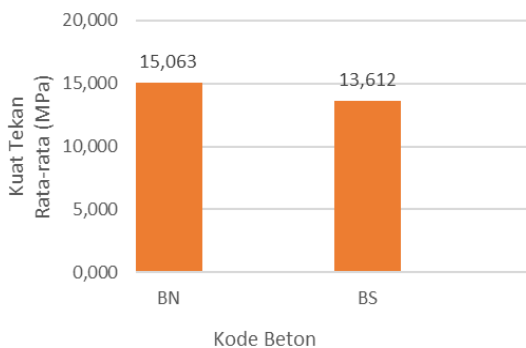
beton variasi BN dan BS (pada umur 14, 21, dan 28 hari), pengujian kuat tarik pada beton variasi BS (pada umur 28 hari), serta pengujian kuat lentur pada beton variasi BS (pada umur 28 hari). Data hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 1 – Gambar 4.

Berdasarkan Gambar 1, pada umur 14 hari, nilai kuat tekan beton variasi BN menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 13,821 MPa, sementara beton dengan variasi BS menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 13,341 MPa. Berdasarkan nilai kuat tekan tersebut, beton dengan variasi BN memiliki kuat tekan yang lebih besar dibanding dengan beton variasi BS pada pengujian umur 14 hari.



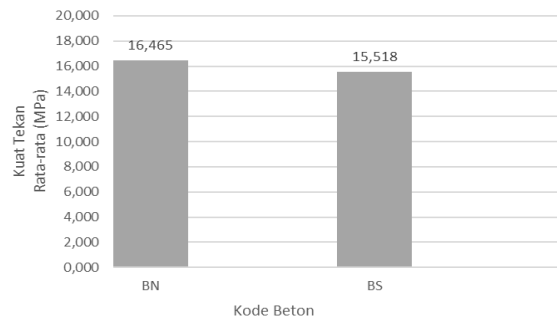
Gambar 1. Kuat Tekan Beton Umur 14 Hari

Berdasarkan Gambar 2, pada umur 21 hari, nilai kuat tekan beton variasi BN menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 15,063 MPa, sementara beton dengan variasi BS menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 13,612 MPa. Berdasarkan nilai tersebut, beton dengan variasi BN memiliki kuat tekan yang lebih besar dibanding dengan beton variasi BS pada pengujian umur 21 hari.



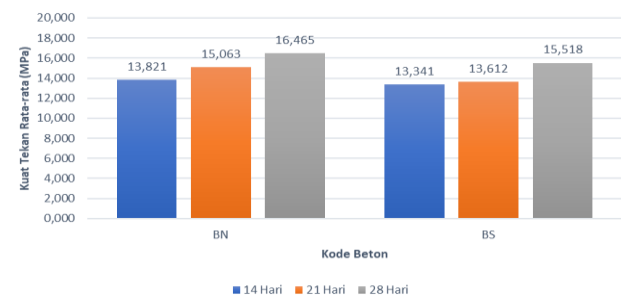
Gambar 2. Kuat Tekan Beton Umur 21 Hari

Berdasarkan Gambar 3, pada umur 28 hari, nilai kuat tekan beton variasi BN menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 16,465 MPa, sementara beton dengan variasi BS menghasilkan kuat tekan rata-rata sebesar 15,518 MPa. Berdasarkan nilai tersebut, beton dengan variasi BN memiliki kuat tekan yang lebih besar dibanding dengan beton variasi BS pada pengujian umur 21 hari.



Gambar 3. Kuat Tekan Beton Umur 28 Hari

Berdasarkan Gambar 4, hasil rekapitulasi nilai kuat tekan beton dengan variasi BN mengalami kenaikan pada tiap penambahan umur pengujian kuat tekan beton. Hasil nilai kuat tekan beton dengan variasi BS juga mengalami kenaikan pada tiap penambahan umur pengujian kuat tekan beton. Hasil pengujian ini sesuai dengan pernyataan (Tjokrodimuljo, 2007) dalam buku Teknologi Beton KMTS FT UGM yang menyatakan bahwa nilai kuat tekan beton akan berbanding lurus dengan penambahan umur beton.



Gambar 4. Rekapitulasi Kuat Tekan Beton

Nilai kuat tarik beton dengan variasi BS yang dilakukan pada umur 28 hari dengan bentuk benda uji silinder ukuran 15 x 30 cm, menghasilkan kuat tarik

1,42 MPa dan 1,30 MPa. Hasil pengujian mendapatkan kuat tarik rata-rata sebesar 1,36 MPa (BSN, 2014).

Nilai kuat lentur beton dengan variasi BS yang dilakukan pada umur 28 hari dengan bentuk benda uji balok ukuran 50 x 10 x 10 cm, menghasilkan kuat lentur 1,56 MPa dan 0,78 MPa. Hasil pengujian mendapatkan kuat tarik rata-rata sebesar 1,17 MPa (BSN, 2011).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan seluruh hasil pengujian kuat tekan beton pada kedua variasi yang telah dilakukan, didapatkan nilai rata-rata kuat tekan beton variasi BN pada umur 14, 21, dan 28 hari berturut-turut sebesar 13,821 MPa, 15,063 MPa, dan 16,465 MPa. Didapatkan pula nilai rata-rata kuat tekan beton variasi BS pada umur 14, 21, dan 28 hari sebesar 13,341 MPa, 13,612 MPa, dan 15,518 MPa. Dari hasil kuat tekan beton, dapat disimpulkan bahwa beton variasi BN memiliki kuat tekan yang lebih tinggi dibandingkan dengan beton variasi BS. Berdasarkan nilai kuat tarik beton dengan substitusi slag welding SAW, didapatkan nilai kuat tarik rata-rata sebesar 1,36 MPa. Berdasarkan nilai kuat lentur beton dengan substitusi slag welding SAW, didapatkan nilai kuat lentur rata-rata sebesar 1,17 MPa. Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan beton yang didapatkan pada beton dengan substitusi slag welding SAW, hasil pengujian dapat dimanfaatkan sebagai lapis perkerasan bahu jalan dan keperluan lapis pondasi dibawah plat beton.

REFERENSI

- Badan Standardisasi Nasional, 2011, *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal dengan Dua Titik Pembebanan*, (SNI 4431-2011), BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional. (2000). SNI 03-2834-2000 tentang Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional, 2014, *Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder*, (SNI 2491-2014), BSN, Bandung.
- Badan Standardisasi Nasional, SNI 2847-2019, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2019.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. *Badan Standardisasi Nasional Indonesia*.
- Achmadi, A. L. I. (2009). Beton Mutu Tinggi Menggunakan Slag Sebagai Agregat Dengan Penambahan Superplasticizer Dan Silicafume. *34,(1-21)*
- Barmin, P. (2019). Pengaruh Slag Baja Sebagai Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton Dalam Media Perendaman Sulfat. *14,(1-11)*
- Hakas Prayuda, As'at Pujiyanto, 2018. (2018). Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi Menggunakan Komparasi. September, 1–10.
- Handoyo, Muhammad Aldy,(2019).BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, *1(69)*, 5–24.
- Hanggara, ST., MT, I. (2020). Pemanfaatan Limbah Bubut Besi Pada Beton Serat Ditinjau Dari Kuat Tekan Dan Kuat Lentur. *Prokons Jurusan Teknik Sipil*, *13(2)*, 93.
- Hayati, A. G. (2017). Pengaruh Penggunaan Steel Slag (Limbah Baja) Sebagai Pengganti Agregat Tertahan Saringan 1/2” Dan 3/8” Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Ac-Wc. 1–9.
- K. Tjokrodinuljo, *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Biro Penerbit Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, 2007.
- Komang S, Herman P, Desi S, 2020. Karakteristik Beton Mutu Tinggi Dengan Substitusi Slag.Pdf.
- Prasetyadi Wahid Putra,(2018). Pengaruh Penambahan Pozzolan., Wahid Putra Prasetyadi, Fakultas Teknik Dan Sains UMP, 2018. 5–19.
- Sabikun, A., & Wijaya, S. (2018). Kajian Empiris Perbandingan Biaya Konstruksi Baja Dan Beton Pada Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Pendidikan Universitas Tribhuwana Tungadewi Malang. *1(September)*, 1–6.