

PENERAPAN SLAG BAJA SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT PADA KARAKTERISTIK SELF COMPACTING CONCRETE

Adiwijaya¹⁾, Irka Tangke Datu¹⁾, Khairil¹⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

ABSTRACT

The aim of this study is to apply steel slag as aggregate on the characteristics of self compacting concrete (SCC). This experimental study was carried out with mixing fresh SCC using iron slag as partial substitution of coarse aggregate and aggregate that were obtained from PT Barawaja in Makassar. Two types of cement binder such as Portland Composite Cement and Silica Fume are used as binders to produce SCC mixtures. Observation of aggregate characteristics and design of SCC concrete mixtures are designed in accordance with SNI 03-2834-1993 and The European Guidelines for Self-Compacting Concrete. The criteria assessment of SCC concrete were evaluated based on flowability, viscosity and passing ability values of fresh concrete with the testing method Slump flow, V-funnel and L-box apparatus. Finally, concrete cylinder specimens in dimension of 100 mm in diameter and 200 mm in height were casted then immersed in water curing. After achievement at 28 days, concrete cylinder specimens were tested in compressive strength according to SNI 1974: 2011. The results concluded that iron slag fulfill the requirements used as replacement of coarse aggregate and fine aggregate in SCC concrete production with compressive strength of 59.94 MPa.

Keywords: *Iron slag, Aggregate characteristics, Self compacting concrete, Compressive strength*

1. PENDAHULUAN

Pemanfaatan limbah industri dan pertambangan sebagai bahan beton dan bahan bangunan merupakan isu prioritas dalam Renstra Penelitian Politeknik Negeri Ujung Pandang 2016-2020. Salah satu limbah industri yang menjadi obyek penelitian ini adalah material limbah terak (*slag*) yang dapat diperoleh dari pabrik baja. Sebagai contoh, PT. Barawaja yang beroperasi di Kota Makassar, Propinsi Sulawesi Selatan merupakan pabrik baja yang dapat menghasilkan limbah *slag* tersebut. Berdasarkan hasil survey yang dilakukan, diperoleh informasi bahwa pabrik baja tersebut dapat menghasilkan limbah *slag* baja mencapai empat belas ton perbulan, sehingga memungkinkan untuk digunakan secara berkelanjutan.

Beton merupakan material konstruksi bangunan yang diperoleh dari campuran semen, agregat halus (pasir), agregat kasar (batu pecah) dan air sebagai pencampur dan terkadang dengan bahan tambah (*mineral admixtures*). Material *slag* baja merupakan hasil residu pembakaran tanur tinggi yang dihasilkan oleh industri peleburan baja yang menyerupai agregat kasar, sehingga *slag* baja ini berpotensi dapat digunakan sebagai material alternatif pengganti agregat dalam produksi beton. Pemanfaatan limbah *slag* baja sebagai pengganti agregat dapat diperoleh beberapa keuntungan antar lain; material ramah lingkungan (limbah industri), harga relatif murah (material buangan), dan menjadi material berkelanjutan (*sustainability*) dalam pengembangan IPTEK bidang teknologi material beton di masa mendatang.

Penelitian mengenai pengaruh slag baja sebagai bahan pengganti agregat beton terhadap karakteristik beton mutu tinggi telah dilakukan oleh penelitian sebelumnya (Irka, 2013). Namun, penelitian mengenai pengaruh *slag* baja sebagai pengganti agregat beton terhadap karakteristik dan kuat tekan beton *Self Compacting Concrete* (SCC) belum diteliti secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menyelidiki pengaruh penerapan *slag* baja sebagai agregat kasar dan halus pada pembuatan dan pencampuran beton SCC. Pengaruh substitusi parsial *slag* baja sebagai agregat terhadap kuat tekan beton slag SCC juga didiskusikan.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Material

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen PCC, pasir alami, batu pecah, dan *slag* baja sebagai pengganti agregat kasar dan agregat halus slag yang diambil dari pabrik PT. Barawaja, Makassar Sulawesi Selatan. Komposisi senyawa semen PCC yang diukur menggunakan *Scanning Electron Microscopy Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy* (SEM-EDS) ditunjukkan dalam **Tabel 1**. Sementara itu, **Tabel 2** dan

¹ Korespondensi penulis: Adiwijaya, Telp 081342487102, adiwijaya_ali@poliupg.ac.idr

Tabel 3 memperlihatkan karakteristik agregat halus, agregat kasar dan material *slag* baja yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 1. Komposisi senyawa kimia semen PCC

Semen	Kandungan senyawa (%)									
	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO
PCC	0,11	2,34	3,40	21,49	1,87	1,57	67,02	-	-	1,82

Tabel 2. Hasil pengujian karakteristik agregat halus

No.	Karakteristik	Pasir Sungai	Agg. Halus Slag	Spesifikasi
1	Kadar Lumpur	0,42	5,34	0,2 - 6,0 %
2	Kadar Organik	Warna No. 1	tidak diuji	< No 3
3	Berat Volume	1,43	1,47	1,4 - 1,9 kg/ltr
4	Berat Jenis SSD	2,52	3,14	1,6 - 3,2
5	Penyerapan	2,48	3,41	0,2 - 2,0 %

Tabel 3. Hasil pengujian karakteristik agregat kasar

No.	Karakteristik	Batu Pecah	Agg. Kasar Slag	Spesifikasi
1	Kadar Lumpur	0,20	0,50	< 1,0 %
2	Keausan	24,01	11,48	15 - 50 %
3	Berat Volume	1,40	1,64	1,6 - 1,9 kg/ltr
4	Berat Jenis SSD	2,58	3,13	1,6 - 3,2
5	Penyerapan	3,44	0,91	0,2 - 4,0 %
6	Kekerasan	29,69	21,42	< 30 %

2.2 Komposisi Adukan Beton

Tabel 4 mendemonstrasikan komposisi adukan beton slag SCC tiap kali pencampuran (*batch*) yang digunakan dalam penelitian ini. Desain rancangan campuran beton slag SCC mengacu pada SNI 03-2834-1993 (1993) dan *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* (2005). Dalam rancangan campuran ini beton slag SCC digunakan pula *mineral admixtures Silica Fume* sebagai pengganti sebahagian semen PCC untuk memenuhi syarat kadar semen maksimum yang harus digunakan pada campuran beton SCC.

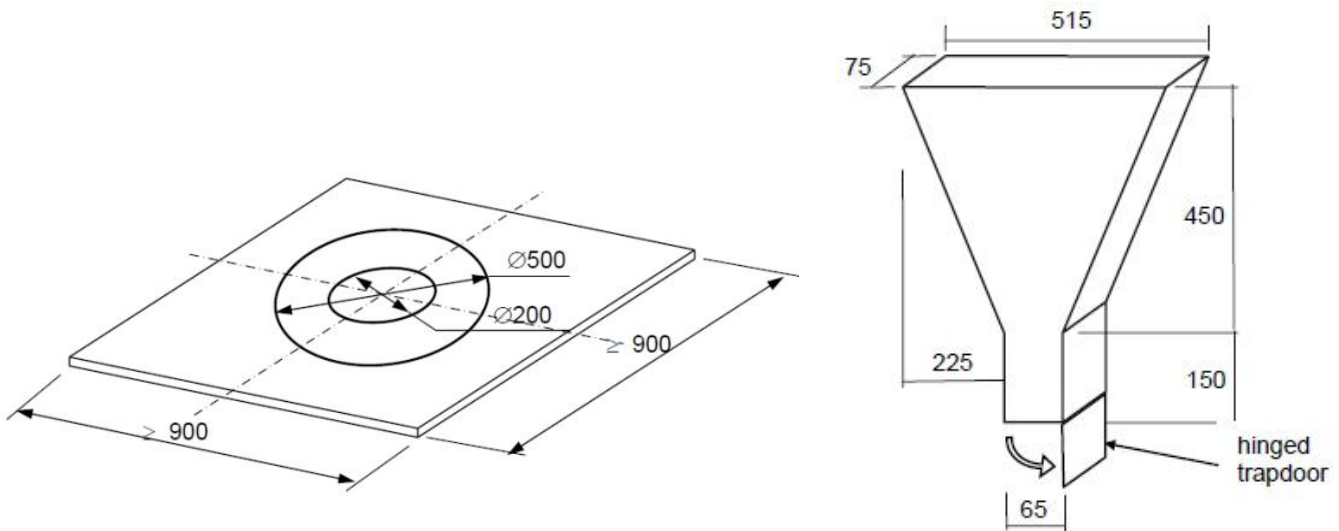
Tabel 4. Komposisi adukan beton slag SCC tiap *batch*

Komposisi Adukan (kg/ <i>batch</i>)							
Air	PCC	<i>Silica Fume</i>	Bt. Pecah	Agg. Kasar Slag	Pasir Alami	Agg. Halus Slag	Visconcrete
5,29	16,88	1,88	11,20	13,12	11,20	11,49	0,34

2.3 Metode Pengujian

Setelah rancangan campuran beton slag SCC ditentukan, dilanjutkan pencampuran beton untuk mengevaluasi karakteristik agar dapat dipenuhi persyaratan umum sebagai beton SCC dengan melakukan pengujian karakteristik beton segar sesuai peraturan *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete* untuk mengukur *flowability*, *viscosity* dan *passing ability* beton yang diteliti menggunakan alat uji beton SCC seperti alat *Slump flow*, *V-funnel* dan *L-box* seperti diilustrasikan pada **Gambar 1**. Selanjutnya, benda uji silinder beton ϕ 100 mm tinggi 200 mm x 50 mm (SL) menggunakan beton slag SCC. 24 jam setelah dicetak, spesimen silinder beton dibuka dari cetakan lalu spesimen dirawat dengan perendaman air. Sampai pada

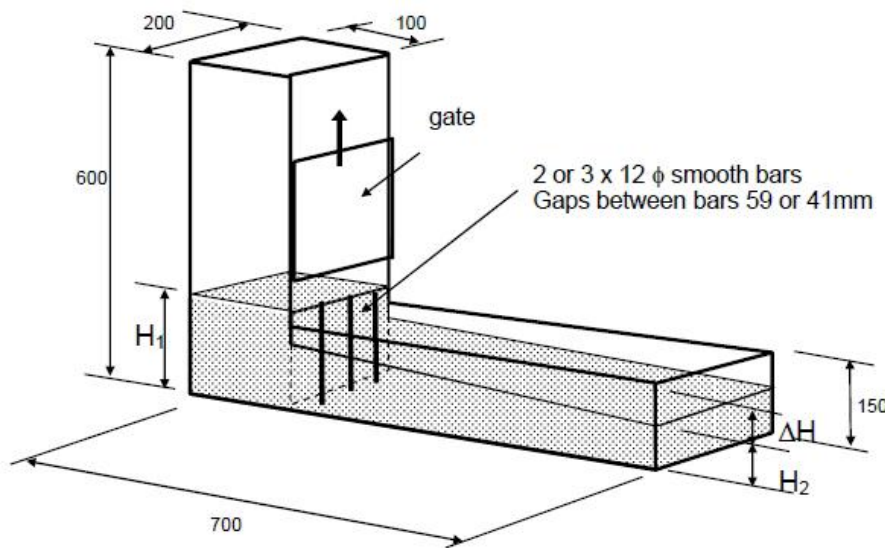
perawatan umur 28 hari, selanjutnya silinder-silinder beton *slag* SCC yang telah di *capping* dilakukan pengujian kuat Standar Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder (SNI 1974: 2011, 2011) menggunakan alat *Compression Testing Machine*. Dalam penelitian ini, penerapan slag baja sebagai agregat pada pencampuran beton SCC dievaluasi berdasarkan kriteria rekomendasi oleh *The European Guidelines*



for *Self-Compacting Concrete* berdasarkan hasil pengukuran nilai *flowability*, *viscosity* dan *passing ability* yang ditunjukkan pada **Tabel 5**.

a) Alat Uji *Slump Flow*

(b) Alat Uji *V-Funnel*



(c) Alat Uji *L-Box*

Gambar 1. Referensi alat uji beton SCC

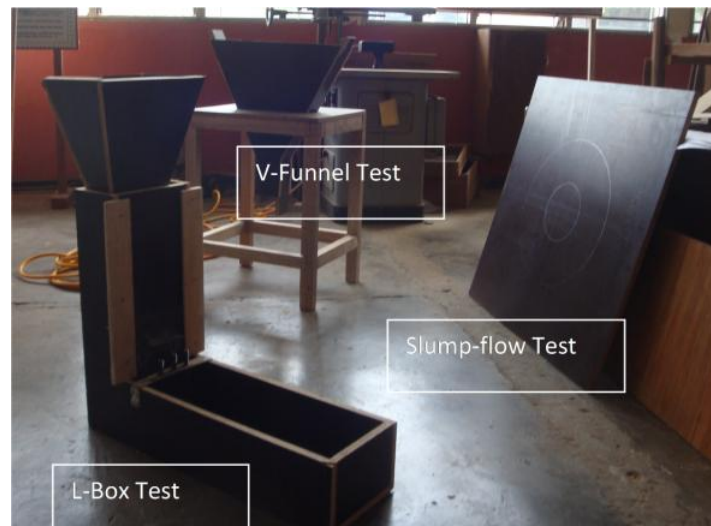
Tabel 5. Persyaratan umum karakteristik beton SCC

Uji Karakteristik	Alat Uji SCC	Persyaratan/Kriteria
<i>Flowability</i>	Slump Flow	$\geq 520\text{mm}, \leq 700\text{mm}$
<i>Viscosity</i>	V-Funnel	< 10 detik
<i>Passing Ability</i>	L-Box	$H2/H1 \geq 0.75$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Beton SCC

Gambar 2 menunjukkan photo peralatan uji beton SCC yang digunakan untuk mengukur nilai *flowability*, *viscosity* dan *passing ability* beton slag SCC kondisi masih segar (*fresh concrete*) pada penelitian ini. Hasil pengujian karakteristik beton SCC semen yang meliputi pengujian *Slump flow*, *V-funnel* dan *L-box* ditunjukkan masing-masing pada **Tabel 6**, **Tabel 7** dan **Tabel 8**.



Gambar 2. Alat pengujian karakteristik SCC

Tabel 6. Hasil pengujian *slump flow*

No Batch	T 50 cm (detik)	Nilai Slump Akhir/ <i>Slump Flow</i> (cm)
Batch -01	4.30	72
Batch -02	3.71	68
Batch -03	3.74	65
Batch -04	3.84	66
Batch -05	3.75	69
Batch -06	3.81	68
Batch -07	3.61	70
Rata-rata	3.82	68

Hasil pengujian slump flow beton slag baja SCC dari beberapa kali pencampuran (*batch*) diperoleh waktu pengaliran beton slag SCC untuk mencapai diameter 50 cm (T50 cm) adalah rata-rata sebesar 3,82 detik. Hasil menunjukkan, bahwa waktu pengaliran untuk mencapai T50 cm memenuhi kaidah sebagai beton SCC sebesar 2 detik – 5 detik sesuai kriteria *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete*. Demikian juga dengan kriteria nilai slump akhir (*slump flow*) diperoleh nilai rata-rata 68 cm (≥ 52 cm, ≤ 70 cm) memenuhi persyaratan syarat *flowability* beton SCC seperti dijelaskan pada **Tabel 5**.

Sementara itu, nilai *viscosity* beton slag SCC dari hasil pengujian *V-funnel* menunjukkan bahwa waktu pengaliran rata-rata 2,07 detik lebih kecil dari 10 detik (< 10 detik). Hasil uji *V-funnel* mengindikasikan bahwa viskositas beton slag memenuhi persyaratan *viscosity* sebagai beton SCC. Demikian pula hasil pengujian *L-box*, diperoleh rasio H2/H1 sebesar 0,81 lebih besar dari rasio persyaratan minimum ($H2/H1 \geq 0.75$). Hasil slag SCC pengujian *L-box* menunjukkan, bahwa kinerja *passing ability* beton slag SCC memenuhi kriteria beton SCC.

Tabel 7. Hasil pengujian *V-Funnel*

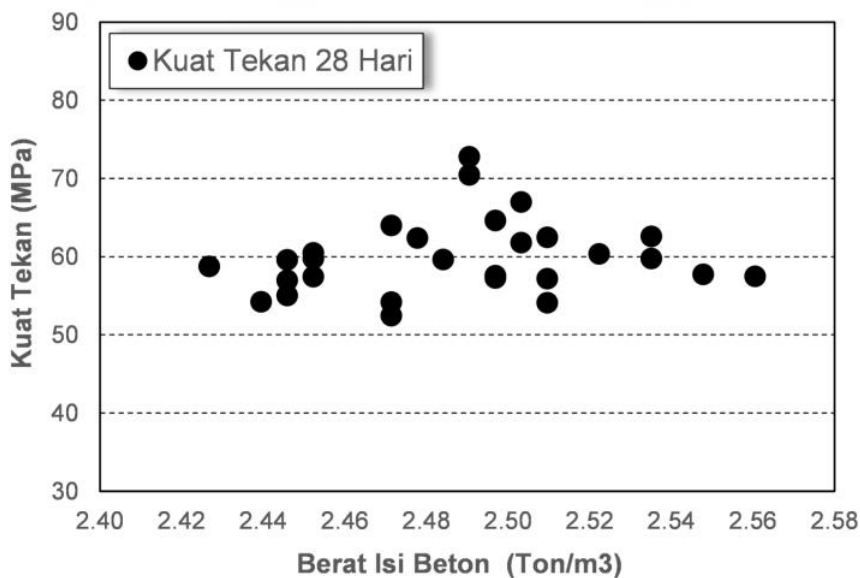
No. Batch	V-Funnel (detik)
Batch -01	2.30
Batch -02	2.10
Batch -03	1.80
Rata-rata	2.07

Tabel 8. Hasil pengujian *L-Box*

No. Batch	H1 (cm)	H2 (cm)	L- Box (H2/H1)
Batch -01	9.50	7.8	0.82
Batch -02	9.30	7.5	0.81
Batch -03	8.50	7.0	0.82
Batch -04	9.10	7.2	0.79
Rata-rata			0.81

3.2 Kuat Tekan Beton

Sampel silinder beton slag SCC ϕ 100 mm tinggi 200 mm dicetak sebanyak 28 spesimen, dilanjutkan dengan perawatan menggunakan air (*water curing*). Setelah dirawat pada umur 28 hari, spesimen-spesimen diuji kuat tekan sesuai standar SNI 1974: 2011. Hasil pengujian diperoleh kuat tekan beton rata-rata sebesar 59,94 MPa (> 55 MPa). Hasil uji kuat tekan mengekspresikan bahwa beton slag SCC dapat memenuhi persyaratan sebagai beton kekuatan tinggi (*High Strength Concrete*) dengan syarat minimum kuat tekan beton 55 MPa. Hasil pengujian kuat tekan beton slag SCC diperoleh kecenderungan sama dengan kuat tekan beton slag sebagaimana dilaporkan oleh peneliti terdahulu (Irka, 2016). Selanjutnya, hasil pengamatan berat isi beton diperoleh berat isi rata-rata beton slag SCC mencapai 2487 kg/m^3 , mengindikasikan bahwa pengaruh slag baja sebagai pengganti sebahagian agregat dalam campuran beton SCC tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan berat isi beton, umumnya berat isi beton 2400 kg/m^3 . Data hasil pengamatan kuat tekan beton dan berat isi beton diperlihatkan dalam **Gambar 3**.



Gambar 3. Hubungan kuat tekan dan berat isi beton *slag* SCC

3.3 Evaluasi dan Rekomendasi

Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi nilai *flowability*, *viscosity* dan *passing ability* beton slag SCC *fresh concrete* sebagaimana diperlihatkan dalam **Tabel 9**. Hasil evaluasi dapat disimpulkan bahwa penggunaan slag baja sebagai pengganti agregat dalam campuran beton memenuhi syarat dan dapat diterapkan

pada pencampuran beton SCC. Selanjutnya, hasil penelitian dapat direkomendasikan bahwa slag baja dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengganti agregat pada produksi beton SCC.

Tabel 9. Persyaratan umum karakteristik beton SCC

Uji Karakteristik	Hasil Pengamatan	Spesifikasi	Keterangan
Slump Flow	68 cm	$\geq 52 \text{ cm}, \leq 70 \text{ cm}$	Memenuhi
V-Funnel	2,07 detik	$< 10 \text{ detik}$	Memenuhi
L-Box	0,81	$H2/H1 \geq 0.75$	Memenuhi

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Hasil uji karakteristik slag diperoleh slag baja memenuhi syarat digunakan sebagai pengganti agregat kasar.
2. Berdasarkan persyaratan beton SCC (*flowability, viscosity, passing ability*) disimpulkan bahwa slag baja dapat digunakan sebagai agregat kasar dan agregat halus pada produksi beton SCC.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Irka Tangke Datu dkk, 2013, *Karakteristik Mekanis Beton Mutu Tinggi dengan Variasi Ukuran Maksimum Agregat Kasar Limbah Slag Baja*, Jurnal Intek Volume 1 No.1.
- SNI 03-2834-1993, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Badan Standarisasi Nasional.
- EFNARC, 2005, *The European Guidelines for Self-Compacting Concrete: Specification, Production and Use*.
- SNI 1974 : 2011, *Standar Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*, Badan Standarisasi Nasional
- Irka Tangke Datu dan Ismail Mustari. 2016. *Karakteristik Beton Mutu Tinggi Dengan Variasi Agregat Halus Limbah Slag Baja*. Laporan Hasil Penelitian Politeknik Negeri Ujung Pandang.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis utama ingin menyampaikan terima kasih Unit Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (UPPM) Politeknik Negeri Ujung Pandang dan PT. Barawaja di Makassar atas dukungan dan bantuan selama proses penelitian ini berlangsung, mulai proses seleksi proposal, pelaksanaan penelitian hingga proses perampungan laporan. Juga, ucapan terima kasih dan apresiasi kepada Institusi Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi atas dukungan dana kepada peneliti, sehingga penelitian ini berjalan dengan baik dan sukses.