

PENGARUH PENGGUNAAN LIMBAH PENGOLAHAN TIMAH (*TIN SLAG*) SEBAGAI SUBSTITUSI PARSIAL AGREGAT HALUS TERHADAP KUAT TEKAN DAN KUAT TARIK BELAH BETON

Melita

Alumni Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung

Email: adexmelita@yahoo.co.id

Indra Gunawan, S.T., M.T

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung

Email: gunawanindra15@yahoo.co.id

ABSTRAK

Peningkatan kebutuhan bahan bangunan dari tahun ke tahun semakin besar. Hal ini bisa menyebabkan penyediaan bahan bangunanpun akan semakin banyak dibutuhkan misalnya pasir. Apabila kebutuhan pasir meningkat maka ketersediaannya pun akan semakin berkurang dan diperlukan alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. Terak timah (tin slag) adalah sisa dari pengolahan timah dan merupakan bahan yang banyak tertimbun dan cenderung menjadi limbah karena pemanfaatannya masih relatif kecil dan belum maksimal. Mempunyai bentuk yang tajam dan kubikal. Penelitian tentang pengaruh penggunaan terak timah (tin slag) yang berasal dari PT. Stanindo Inti Perkasa dengan menggunakan enam variasi campuran substitusi parsial terhadap berat agregat halus yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Dari masing-masing campuran beton tersebut dibuat 54 buah benda uji untuk umur 14 hari dan 28 hari. Pengujian yang dilakukan pada campuran beton adalah uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik belah beton. Dari hasil penelitian diperoleh pada umur 14 hari, pada penambahan kadar tin slag berturut-turut 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% adalah 25,1 MPa, 20,7 MPa, 18,9 MPa, 15,6 MPa, 14,8 MPa dan 14,7 MPa untuk uji kuat tekan beton. Pada umur 28 hari, pada penambahan kadar tin slag berturut-turut 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% adalah 26,5 MPa, 25,1 MPa, 24,6 MPa, 24,3 MPa, 24,1 MPa dan 23,7 MPa untuk uji kuat tekan beton dan 3,3 MPa, 3,2 MPa, 3,1 MPa, 2,9 MPa, 2,9 MPa dan 2,6 MPa untuk uji kuat tarik belah beton.

Kata kunci : terak timah (*tin slag*), uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik belah beton.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk pada setiap tahunnya semakin meningkat mengakibatkan tingginya kebutuhan tempat tinggal. Pengembangan wilayah-wilayah

tempat tinggal semakin meningkat akan memicu meningkatnya pula kebutuhan bahan bangunan. Berbagai bangunan didirikan menggunakan beton sebagai bahan utama dalam setiap jenis bangunan.

Persediaan bahan pembuatan beton tersebut juga sangat penting. Dengan meningkatnya kebutuhan bahan bangunan, maka persediaan bahan-bahannya pun akan semakin terbatas.

Bahan-bahan yang tersedia haruslah dalam kapasitas yang besar dari alam maupun buatan. Salah satu alternatif yang digunakan untuk mengatasi peningkatan kebutuhan bahan bangunan tersebut adalah dengan cara meningkatkan pemanfaatan sumber daya lokal yang ada di lingkungan sekitar kita contohnya limbah.

Perusahaan timah yang ada di daerah Bangka Belitung merupakan perusahaan yang bergerak dalam pengolahan timah dan pengiriman timah keluar negeri. Komponen limbah dari perusahaan ini adalah material-material yang tersisa dari proses pengolahan biasanya disebut terak timah (*Tin Slag*). Terak timah (*Tin Slag*) mempunyai bentuk yang tajam kasar dan kubikal. *Tin Slag* merupakan bahan yang banyak tertimbun dan cenderung menjadi limbah karena pemanfaatannya masih relatif kecil dan belum maksimal (Mareta, Yustia, 2011). Pihak perusahaan menyediakan lokasi khusus untuk menampung limbah dari tersebut dan mendirikan tembok yang tinggi dengan ketebalan yang telah ditentukan. Bila dibiarkan terus menerus limbah tersebut akan bertambah banyak dan bisa membahayakan tenaga kerja yang beraktifitas di lingkungan tersebut. Hal ini disebabkan karena *Tin Slag* mengandung zat radioaktif.

Melihat potensi *Tin Slag* yang belum maksimal, maka perlu diusahakan untuk memanfaatkannya, khususnya sebagai bahan susun dalam pembuatan campuran

beton. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu adanya penelitian tentang pemanfaatan *Tin Slag* sebagai bahan pengganti sebagian agregat halus dalam pembuatan campuran beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Bambang Triyono dkk, (2002) melakukan penelitian tentang *Kajian Komprehensif Penggunaan Limbah Padat Dalam Campuran Beraspal Sebagai Bahan Perkerasan Jalan* dan memperoleh hasil alternative *slag* timah sebagai agregat halus terpilih sebagai alternatif unggulan (nilai 66,803) dari alternatif-alternatif lain jika dilihat dari kriteria kepentingan pihak penghasil limbah (dengan kriteria yang dipertimbangkan adalah tingkat penggunaan lahan sebagai tempat pembuangan limbah dapat dikurangi dan kemungkinan mengkomersialkan material limbah). Alternatif tersebut mempunyai nilai tinggi untuk kriteria tingkat penggunaan lahan untuk pembuangan material limbah dapat dikurangi, yaitu sebesar 5,904% dimana banyaknya material yang dibutuhkan dalam pembangunan satu kilometer panjang jalan 497,6 ton dan kapasitas produksi *slag* timah 8.428.248 ton pertahun. Urutan kedua dan ketiga adalah *fly-ash* sebagai filler (nilai 33,397) dan *slag-dust* timah sebagai agregat halus filler (nilai 30.535).

Lutpianto dkk (1994) melakukan *Pemanfaatan Slag dan Dust Timah Dalam Campuran Hot Rolled Asphalt*. Dari hasil penelitian ini dapat diperoleh stabilitas campuran HRA (*Hot Rolled Asphalt*) dari variasi campuran MIX-2 (425 kg), MIX-3 (1100 kg), MIX-4 (575 kg) dengan nilai

flow masing-masing campuran (3,0, 3,5 dan 3,2 mm) secara umum menunjukkan penggunaan *slag* dan *dus* timah dalam campuran *Hot Rolled Asphalt* memenuhi persyaratan spesifikasi (HRS Kelas A. BINA MARGA 1986) khususnya jika ditinjau dari stabilitas dan fleksibilitas campuran dalam menahan beban tanpa terjadi deformasi, sehingga dapat dipergunakan sebagai perkerasan untuk lalu lintas ringan sampai menengah.

Surisin, (2012) menggunakan *Tin Slag* pada studi tentang *Penggunaan Tin Slag (Limbah Pengolahan Timah) Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*. Pada variasi penambahan *Tin Slag* 0%, 50% dan 100% sebagai substitusi agregat halus pada campuran *HRS-WC* memenuhi semua kriteria *VIM*, *VFB*, *VMA*, *Density*, *Stabilitas*, *Flow* dan *MQ*. Kadar Aspal Optimum (KAO) yang didapat *Tin Slag* 0% adalah 7,35%, untuk *Tin Slag* 50% nilai KAO yang didapat adalah 6,7%, dan untuk *Tin Slag* 100% nilai KAO yang didapat adalah 7,4%. Dari pengujian *Tin Slag* sebagai substitusi agregat halus dapat digunakan untuk campuran *HRS-WC*, karena memenuhi spesifikasi Bina Marga tahun 2010.

Firdaus, Ormuz, (2007) memanfaatkan limbah ini pada penelitian tentang Pemanfaatan Limbah Peleburan Timah (*Tin Slag*) Sebagai Agregat Kasar pada Campuran Asphalt Treated Base Untuk Perkerasan Jalan Raya. Dari hasil penelitian ini kepadatan diperoleh $3,076 \text{ kg/cm}^3$, sehingga dapat dikatakan *Tin Slag* merupakan bahan yang baik untuk campuran aspal. Demikian juga permukaan

yang berlubang-lubang membuat daya serap yang tinggi dan sangat mempengaruhi kelekatan agregat *Tin Slag* terhadap aspal. Dari penelitian ini, dapat diketahui sifat-sifat dari *Tin Slag* itu sendiri yakni mempunyai bentuk yang tajam kasar dan kubikal, berat jenisnya yang jauh lebih besar dari agregat biasa (konvensional), mempunyai banyak lubang-lubang yang dapat menyerap air lebih banyak dibanding agregat biasa, mempunyai tahanan abrasi yang baik, sesuai dengan persyaratan Bina Marga (keausan pada putaran maksimum 40%) dan ketahanannya terhadap suhu panas dan api sebagaimana pembentukannya (pada suhu $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ hanya 75% yang pecah/retak).

METODE PENELITIAN

Alat

Alat-alat yang digunakan pada pengujian antara lain Timbangan, Kompor, Cetakan, Talam, Sendok, Saringan, Batang Baja, pH meter, Mesin Pengguncang Saringan, Mesin Los Angeles, Alat uji *Slump*, Bak Perendam, Piknometer, Bak Pengaduk, Mesin Uji Tekan, Alat Uji Tarik Belah.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pengujian antara lain; Semen, Agregat Halus, Agregat Kasar, Air dan *Tin Slag*.

Pengujian Bahan

Pengujian bahan meliputi pengujian analisa saringan agregat halus, kasar dan *tin slag*, berat jenis dan penyerapan agregat, berat isi, kadar air, keausan agregat kasar.

Pengujian Air

Pengujian khusus air jarang dilakukan karena secara visual dapat menentukan layak atau tidaknya air tersebut. Karena keterbatasan alat yang ada di laboratorium, maka pengujian terhadap air hanya dibatasi pada pengujian pH. Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan pH air secara kasar dengan menggunakan pH meter. pH yang diijinkan adalah minimal 4,5 dan maksimal 8,5.

Jumlah Benda Uji

Benda uji untuk campuran beton ini menggunakan *Tin Slag* dari PT. Stanindo Inti Perkasa, Ketapang. Persentase *Tin Slag* yang digunakan 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% terhadap agregat halus/pasir. Dengan umur beton yang digunakan pada umur 14 dan 28 hari. Kebutuhan benda uji lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah kebutuhan benda uji

Jumlah persentase kadar <i>Tin Slag</i> terhadap pasir	Umur Beton pada Uji Kuat Tekan Beton		Umur Beton pada Uji Kuat Tarik Belah Beton	Jumlah
	14 Hari	28 Hari	28 Hari	
0%	3	3	3	9
10%	3	3	3	9
20%	3	3	3	9
30%	3	3	3	9
40%	3	3	3	9
50%	3	3	3	9
Total =				54

Pengujian Kuat Tekan

Kuat tekan beton adalah besarnya beban persatuan luas menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan dengan menggunakan alat uji tekan beton (*Compressive Strength Test*) SNI 03-1974-1990).

$$f_c' = \frac{P}{A}$$

dengan,

f_c' = Kuat tekan beton (kg/cm²)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

Pengujian Kuat Tarik Belah

Kuat tarik belah beton adalah nilai kuat tarik tidak langsung dari benda uji beton berbentuk silinder yang diperoleh dari hasil pembebanan benda uji tersebut yang diletakkan mendatar sejajar dengan permukaan meja penekanan mesin uji ditekan (SNI 03-2491-2002).

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot L \cdot D}$$

dengan,

f_{ct} = Kuat tarik belah (kg/cm²)

L = Panjang benda uji (cm²)

P = Beban benda uji (kg)

D = Diameter/lebar benda uji (cm²)

HASIL DAN PEMBAHASAN**Hasil Pengujian Agregat Halus**

Tabel 2. Hasil rekapitulasi pengujian agregat halus

No	Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min	Maks		
1.	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990	-	5	0,	%
	- Lolos saringan no. 200 - Modulus kehalusan		1,5	3,8	2,44	-
2.	Berat jenis	SNI 03-1969-1990	2,5	-	2,515	gr
	- <i>Bulk</i>		2,5	-	2,538	gr
	- SSD		2,5	-	2,574	gr
	- <i>Apparent</i> - Penyerapan air		-	3	0,908	%
3.	Berat isi	SNI 03-1973-1990	0,4	1,9	1,21	gr/cm ³
	- Lepas (silinder) - Padat (silinder)		0,4	1,9	1,387	gr/cm ³
4.	Kadar air	SNI 03-1971-1990	-	-	0,115	%

Dari hasil rekapitulasi pengujian agregat halus memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

Hasil Pengujian Agregat Kasar

Tabel 3. Hasil rekapitulasi pengujian agregat kasar

No	Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min	Maks		
1.	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990	-	1	0	%
	- Lolos saringan no. 200 - Modulus kehalusan		6	8	6,958	-
2.	Berat jenis	SNI 03-1969-1990	2,5	-	2,658	gr
	- <i>Bulk</i>		2,5	-	2,680	gr
	- SSD		2,5	-	2,719	gr
	- <i>Apparent</i> - Penyerapan air		-	3	0,834	%
3.	Berat isi	SNI 03-1973-1990	0,4	1,9	1,339	gr/cm ³
	- Lepas (silinder) - Padat (silinder)		0,4	1,9	1,415	gr/cm ³
4.	Kadar air	SNI 03-1971-1990	-	-	1,174	%
5.	Keausan agregat	SNI 03-2417-1991			30,27	%

Dari hasil rekapitulasi pengujian agregat kasar memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan.

Hasil Pengujian Tin Slag

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Pengujian Tin Slag

No	Pengujian	Standar Pengujian	Spesifikasi		Hasil	Satuan
			Min	Maks		
1.	Analisa saringan - Lolos saringan no. 200 - Modulus kehalusan	SNI 03-1968-1990	-	5	0,	%
			1,5	3,8	3,28	-
2.	Berat jenis - Bulk - SSD - Apparent - Penyerapan air	SNI 03-1969-1990	2,5	-	3,525	gr
			2,5	-	3,541	gr
			2,5	-	3,581	gr
			-	3	0,442	%
3.	Berat isi - Lepas (silinder) - Padat (silinder)	SNI 03-1973-1990	0,4	1,9	1,659	gr/cm ³
			0,4	1,9	1,82	gr/cm ³
4.	Kadar air	SNI 03-1971-1990	-	-	0,505	%

Hasil Pengujian pH Air

Tabel 5. Pengujian pH air

No.	Uraian	Spesifikasi		Hasil	Suhu
		Min	Maks		
1	pH air Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung	4,5	8,5	4,552	25,9 °c

Berdasar Tabel 5 maka air yang digunakan ini memenuhi syarat air untuk bahan campuran pengujian beton.

Hasil Perhitungan Proporsi Campuran Beton

Tabel 6. Perhitungan proporsi campuran beton

No	Uraian	Nilai
1.	Kuat tekan yang diisyaratkan	25 N/mm ² (umur 28 hari)
2.	Deviasi standar	7,0 N/mm ²
3.	Nilai tambah (margin)	9,38 N/mm ²
4.	Kuat tekan rata-rata yang ditargetkan	34,38 N/mm ²
5.	Jenis semen	Tipe I
6.	Jenis agregat: Kasar Halus	Batu pecah Pasir alami
7.	Faktor air semen	0,475
8.	Nilai <i>Slump</i>	60 - 180 mm
9.	Ukuran agregat maksimum	20 mm
10.	Kebutuhan air	205 lt/m ³
11.	Jumlah semen	431,58 kg/m ³
12.	Susunan butir agregat halus	Zona 3
13.	Persen agregat halus	38,5 %
14.	Berat jenis agregat campuran	2,622
15.	Perkiraan berat beton	2360 kg/m ³
16.	Kebutuhan berat agregat campuran	1723,42 kg/m ³
17.	Kebutuhan agregat halus	663,52 kg/m ³
18.	Kebutuhan agregat kasar	1059,9 kg/m ³

Hasil Nilai *Slump*

Tabel 7. Hasil nilai *Slump*

Tanggal pengujian	Penambahan <i>Tin Slag</i> per berat pasir	<i>Slump</i> Rencana (cm)	<i>Slump</i> yang dapat (cm)	Keadaan cuaca
06-02-2014	0%	6 – 18	12	Panas
10-02-2014	10%	6 – 18	11	Panas
11-02-2014	20%	6 – 18	10	Panas
12-02-2014	30%	6 – 18	9	Panas
13-02-2014	40%	6 – 18	8,5	Panas
14-02-2014	50%	6 – 18	7	Panas

Dari data nilai *slump* yang didapat menunjukkan bahwa campuran beton dengan kadar persentase *Tin Slag* mengalami penurunan nilai *slump* dari nilai *slump* beton normal atau nilai *slump* rencana. Semakin besar kadar *Tin Slag* maka semakin kecil nilai *slump* campuran beton tersebut dan nilai *slump* beton yang paling rendah yakni pada persentase 50%. Semakin kecilnya nilai *slump* pada penambahan persentase *Tin Slag* menunjukkan bahwa campuran beton *Tin Slag* menyerap air lebih banyak

dibandingkan dengan campuran beton normal. Selain itu kecilnya nilai *slump* pada campuran beton *Tin Slag* berpengaruh pada tingkat pengerjaannya, semakin besar persentase *Tin Slag* maka semakin sulit tingkat pengerjaannya.

Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton

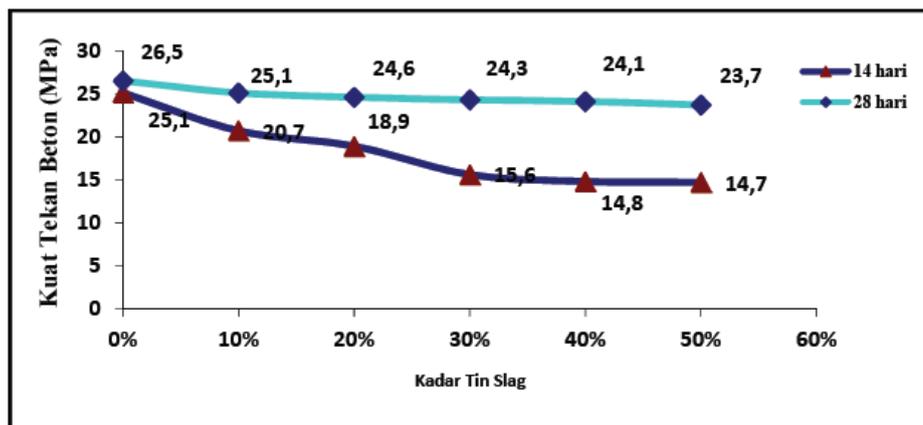
Hasil pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada Tabel 8 dan Tabel 9 berdasarkan umur beton yaitu umur 14 hari dan umur 28 hari serta Gambar 1.

Tabel 8. Hasil Pengujian kuat tekan beton umur 14 hari

Kadar <i>Tin Slag</i>	Kode benda uji	Tanggal		Umur (hari)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Gaya tekan (kN)	Kuat tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
		Pembuatan	Pengujian						
0%	KA ₁	6/02/2014	20/02/2014	14	176,715	12400	440	24,8	25,1
	KA ₂	6/02/2014	20/02/2014	14	176,715	12300	445	25,1	
	KA ₃	6/02/2014	20/02/2014	14	176,715	12300	450	25,4	
10%	KA ₁₀	10/02/2014	24/02/2014	14	176,715	12500	445	25,1	20,7
	KA ₁₁	10/02/2014	24/02/2014	14	176,715	12700	350	19,8	
	KA ₁₂	10/02/2014	24/02/2014	14	176,715	12700	305	17,2	
20%	KA ₂₀	11/02/2014	25/02/2014	14	176,715	12900	310	17,5	18,9
	KA ₂₁	11/02/2014	25/02/2014	14	176,715	13000	275	15,5	
	KA ₂₂	11/02/2014	25/02/2014	14	176,715	13000	420	23,7	
30%	KA ₃₀	12/02/2014	26/02/2014	14	176,715	12800	270	15,3	15,6
	KA ₃₁	12/02/2014	26/02/2014	14	176,715	12800	310	17,5	
	KA ₃₂	12/02/2014	26/02/2014	14	176,715	13000	250	14,1	
40%	KA ₄₀	13/02/2014	27/02/2014	14	176,715	13200	310	15,8	14,8
	KA ₄₁	13/02/2014	27/02/2014	14	176,715	13100	275	13,5	
	KA ₄₂	13/02/2014	27/02/2014	14	176,715	13100	420	15,2	
50%	KA ₅₀	14/02/2014	28/02/2014	14	176,715	13300	235	13,3	14,7
	KA ₅₁	14/02/2014	28/02/2014	14	176,715	13100	285	16,1	
	KA ₅₂	14/02/2014	28/02/2014	14	176,715	13000	260	14,7	

Tabel 9. Hasil pengujian kuat tekan beton umur 28 hari

Kadar Tin Slag	Kode benda uji	Tanggal		Umur (hari)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Gaya tekan (kN)	Kuat tekan (MPa)	Rata-rata (MPa)
		Pembuatan	Pengujian						
0%	KB ₁	6/02/2014	6/03/2014	28	176,715	12600	470	26,6	26,5
	KB ₂	6/02/2014	6/03/2014	28	176,715	12400	520	29,4	
	KB ₃	6/02/2014	6/03/2014	28	176,715	12500	420	23,7	
10%	KB ₁₀	10/02/2014	10/03/2014	28	176,715	12700	470	26,6	25,1
	KB ₁₁	10/02/2014	10/03/2014	28	176,715	12600	445	25,1	
	KB ₁₂	10/02/2014	10/03/2014	28	176,715	12500	420	23,7	
20%	KB ₂₀	11/02/2014	11/03/2014	28	176,715	12800	450	25,5	24,6
	KB ₂₁	11/02/2014	11/03/2014	28	176,715	12700	420	23,7	
	KB ₂₂	11/02/2014	11/03/2014	28	176,715	12700	440	24,8	
30%	KB ₃₀	12/02/2014	12/03/2014	28	176,715	12800	440	24,8	24,3
	KB ₃₁	12/02/2014	12/03/2014	28	176,715	13000	450	25,5	
	KB ₃₂	12/02/2014	12/03/2014	28	176,715	12900	400	22,6	
40%	KB ₄₀	13/02/2014	13/03/2014	28	176,715	13000	350	19,8	24,1
	KB ₄₁	13/02/2014	13/03/2014	28	176,715	13000	450	25,5	
	KB ₄₂	13/02/2014	13/03/2014	28	176,715	13000	480	27,1	
50%	KB ₅₀	14/02/2014	14/03/2014	28	176,715	13300	440	24,8	23,7
	KB ₅₁	14/02/2014	14/03/2014	28	176,715	12200	370	20,9	
	KB ₅₂	14/02/2014	14/03/2014	28	176,715	13000	450	25,4	

Gambar 1. Hubungan antara persentase *tin slag* dalam campuran beton terhadap kuat tekan beton

Dari Gambar 1 diketahui bahwa hasil yang didapat mencapai nilai kuat tekan rencana pada umur 14 hari dan 28 hari dengan persentase 0% yaitu 25,1 MPa dan 26,5 MPa. Dari kedua persentase penambahan *Tin Slag*, dengan persentase 10% nilai kuat tekan yang diperoleh yaitu sebesar 20,7 MPa atau terjadi penurunan 16,8% pada umur 14 hari dan nilai kuat tekan yang diperoleh yaitu sebesar 25,1

MPa atau terjadi penurunan 5,3% terhadap beton normal pada umur 28 hari. Pada umur 14 hari nilai kuat tekan beton yang dihasilkan mengalami penurunan dengan persentase kadar *tin slag* 20%, 30%, 40% dan 50% yaitu 18,9 MPa, 15,6 MPa, 14,8MPa dan 14,7 MPa. Dan nilai kuat tekan beton terendah adalah 14,7 MPa kadar persentase 50% pada umur 14 hari. Pada umur 28 hari nilai kuat tekan beton

yang dihasilkan mengalami penurunan dengan persentase 20%, 30%, 40% dan 50% yaitu 24,6 MPa, 24,3 MPa, 24,1 MPa dan 23,7 MPa. Penurunan kuat tekan beton yang terjadi karena adanya penggunaan kadar timah yang terkandung dalam *Tin Slag*. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar *tin slag* yang digunakan maka nilai kuat tekan beton akan semakin kecil. Semakin banyaknya penggunaan *tin slag* maka mengakibatkan jumlah kadar air

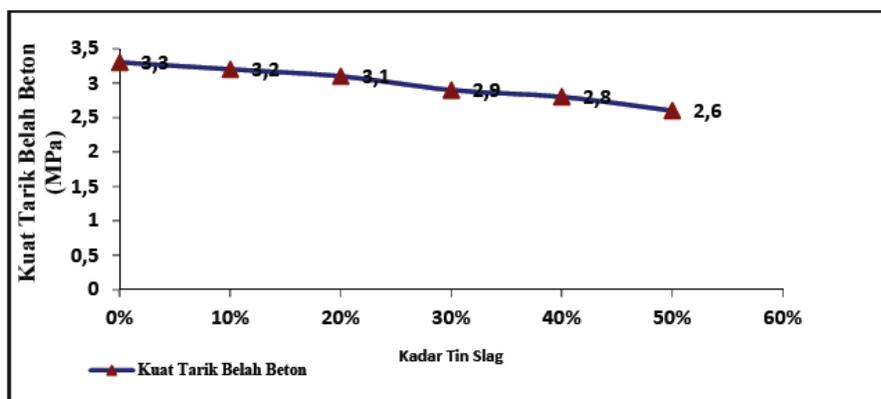
dalam adukan semakin berkurang. Apabila kadar air dalam beton berkurang maka kekuatan beton tersebutpun akan semakin menurun.

Hasil Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Hasil pengujian kuat tarik belah beton dapat dilihat pada Tabel 10 pada umur beton 28 hari.

Tabel 10 Hasil Pengujian kuat tarik belah beton pada umur 28 hari.

Kadar Tin Slag	Kode benda uji	Tanggal		Umur (hari)	Luas (cm ²)	Berat (gr)	Gaya tekan kN	Kuat tekan MPa	Rata-rata MPa
		Pembuatan	Pengujian						
0%	KC ₁	6/02/2014	6/03/2014	28	176,715	12500	235	3,3	3,3
	KC ₂	6/02/2014	6/03/2014	28	176,715	12600	230	3,2	
	KC ₃	6/02/2014	6/03/2014	28	176,715	12600	240	3,4	
10%	KC ₁₀	10/02/2014	10/03/2014	28	176,715	12700	230	3,2	3,2
	KC ₁₁	10/02/2014	10/03/2014	28	176,715	12500	235	3,3	
	KC ₁₂	10/02/2014	10/03/2014	28	176,715	12400	220	3,1	
20%	KC ₂₀	11/02/2014	11/03/2014	28	176,715	12700	220	3,1	3,1
	KC ₂₁	11/02/2014	11/03/2014	28	176,715	12900	210	2,9	
	KC ₂₂	11/02/2014	11/03/2014	28	176,715	12600	235	3,3	
30%	KC ₃₀	12/02/2014	12/03/2014	28	176,715	12900	210	2,9	2,9
	KC ₃₁	12/02/2014	12/03/2014	28	176,715	13100	220	3,1	
	KC ₃₂	12/02/2014	12/03/2014	28	176,715	12900	200	2,8	
40%	KC ₄₀	13/02/2014	13/03/2014	28	176,715	13000	200	2,8	2,9
	KC ₄₁	13/02/2014	13/03/2014	28	176,715	12900	200	2,8	
	KC ₄₂	13/02/2014	13/03/2014	28	176,715	13000	200	2,8	
50%	KC ₅₀	14/02/2014	14/03/2014	28	176,715	13200	180	2,5	2,6
	KC ₅₁	14/02/2014	14/03/2014	28	176,715	12800	200	2,8	
	KC ₅₂	14/02/2014	14/03/2014	28	176,715	13300	195	2,7	



Gambar 2. Hubungan antara persentase *tin slag* dalam campuran beton terhadap kuat tarik belah beton

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa pada umur 28 hari nilai kuat tarik belah beton yang dihasilkan mencapai nilai tertinggi dengan nilai kuat tarik belah beton pada beton normal yaitu 3,3 MPa. Pada kadar 10% terjadi penurunan yaitu nilai ini lebih kecil dari pada nilai kuat tarik beton rencana yaitu 3,2 MPa. Nilai kuat tarik belah beton semakin mengalami penurunan dengan persentase 20%, 30%, 40% dan 50% yaitu 3,1 MPa, 2,9 MPa, 2,9 MPa dan 2,6 MPa. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar *Tin Slag* maka kuat tarik beton yang dihasilkan akan semakin menurun.

KESIMPULAN

1. Semakin besar persentase penggunaan *Tin Slag* maka semakin kecil kuat tekan beton dan kuat tarik belah beton yang dihasilkan. *Tin Slag* dapat digunakan sebagai substitusi parsial agregat halus hanya saja tidak memenuhi kuat tekan beton rencana.
2. Dari kedua variasi umur beton 14 hari dan 28 hari, nilai kuat tekan beton maksimum yang dihasilkan yaitu 25,1 MPa pada persentase penambahan *tin slag* 10% pada umur 28 hari yang hampir mendekati nilai kuat tekan beton pada kadar 0 % yaitu 26,5 MPa.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 1990, *SNI 03-1968-1990, (Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim, 1990, *SNI 03-1969-1990, (Metode Pengujian Berat Jenis dan*

Penyerapan Air Agregat Kasar), Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim, 1990, *SNI 03-1970-1990, (Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim, 1990, *SNI 03-1971-1990, (Metode Pengujian Kadar Air Agregat)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim, 1990, *SNI 03-1972-1990, (Metode Pengujian Kekentalan/Slump Beton)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim, 1990, *SNI 03-1974-1990, (Metode Pengujian Kuat Tekan Beton)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim, 1990, *SNI 03-2417-1990, (Metode Pengujian Keausan Agregat Kasar dengan Mesin Los Angeles)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim, 1991, *SNI 03-2493-1991, (Metode Pembuatan dan Perawatan Benda Uji Beton di Laboratorium)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Anonim, 2002, *SNI 03-2491-2002, (Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton)*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta

Firdaus, Ormus, 2007, *Pemanfaatan Limbah Peleburan Timah (Tin Slag) Sebagai Agregat Kasar pada Campuran Asphalt Treated Base Untuk Perkerasan Jalan Raya*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Bangka Belitung.

- Lutpianto & Heraveno, R., 1994, *Pemanfaatan Slag dan Dust Timah Dalam Campuran Hot Rolled Asphalt*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.
- Mareta, Yustia, 2011, *Magang tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Unit Metalurgi Muntok PT. Timah (Persero) Tbk Bangka Belitung*, Program Diploma III Hiperkes dan Keselamatan Kerja, Fakultas Kedokteran, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Mulyono, T., 2004, *Teknologi Beton*, Penerbit Andi. Yogyakarta:
- Surisin, 2012, *Penggunaan Tin Slag (Limbah Pengolahan Timah) Sebagai Substitusi Agregat Halus pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC)*, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono, 2007, *Teknologi Beton*, ed.1,,: Penerbit KM Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Univeritas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Triyono, B. & Astuty, H., 2002, *Kajian Komprehensif Penggunaan Limbah Padat Dalam Campuran Beraspal Sebagai Bahan Perkerasan Jalan*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.