

PERBANDINGAN *WORKABILITY* CAMPURAN BETON DENGAN *REPLACEMENT* PASIR *TAILING* EKS TIMAH DAN PASIR BESI TERHADAP PASIR NORMAL

Rahma Nindya Ayu Hapsari¹, Nicko Fadhil Muhammad¹, Rizka Tri Arinta²

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

²Dosen Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Semarang

ABSTRAK

Pencarian bahan alternatif untuk menggantikan bahan-bahan beton terus dilakukan, baik terhadap material sisa industri maupun material lain yang dapat digunakan untuk mensubstitusi bahan beton, inovasi yang dilakukanpun harus disesuaikan dengan potensi yang ada. Provinsi Kepulauan Bangka Belitung adalah penghasil timah terbesar dunia. Selain timah ada mineral ikutan berupa batuan kasar dan batuan halus yaitu pasir tailing yang dijumpai dibekas penambangan timah tersebut. Sedangkan DIY memiliki potensi yang luar biasa pada sumber daya alam bahan baku baja yang berupa pasir besi. Maka pasir eks tailing timah dan pasir besi dapat berpotensi sebagai inovasi bahan alternatif untuk menggantikan bahan-bahan beton. Namun gradasi pada pasir sebagai agregat halus menentukan sifat pengerjaan dan sifat kohesi dari campuran beton, sehingga gradasi pada agregat halus sangatlah diperhatikan. Maka pada penelitian ini, akan diamati pengaruh dari jenis pasir terhadap sifat pengerjaan atau *workability* campuran beton. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan bertujuan untuk mengidentifikasi *workability* dari campuran beton yang menggunakan pasir tailing eks timah dan pasir besi yang akan diuji terhadap persyaratan agregat halus dan diuji terhadap nilai slump nya. Dari hasil pengujian agregat halus pasir tailing eks timah dan pasir besi disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah replacement pasir tailing eks timah dan pasir besi dalam campuran pasir sebagai bahan beton, memberikan campuran agregat halus yang semakin halus dan dari pengujian slump dapat diamati bahwa semakin halus butiran pasir menyebabkan konsistensi atau nilai kelecakan campuran beton segar yang semakin tinggi.

kata kunci: pasir *tailing* eks timah, pasir besi, *workability*

1. PENDAHULUAN

Sampai saat ini penggunaan beton sebagai bahan konstruksi bangunan dinilai masih memberikan *serviceability* yang lebih menyenangkan dibandingkan dengan bahan

konstruksi lainnya, terutama atas pertimbangan fleksibilitas dalam hal variasi bentuk dan ukuran sesuai yang diinginkan serta biaya pemeliharaannya. Namun pembuatan beton yang terus menerus sudah

tentu membutuhkan material yang cukup banyak. Hal ini menyebabkan turunnya jumlah sumber daya alam yang tersedia untuk keperluan pembuatan beton. Sehingga pencarian bahan alternatif untuk menggantikan bahan-bahan beton terus dilakukan, baik terhadap material sisa industri maupun material lain yang dapat digunakan untuk mengganti atau mensubstitusi bahan beton, seperti semen, pasir atau kerikil, sebagai suatu inovasi untuk menanggulangi permasalahan tersebut, inovasi yang dilakukan pun harus disesuaikan dengan potensi yang ada di negara tersebut.

Provinsi Kepulauan Bangka Belitung adalah penghasil timah terbesar dunia. Selain timah ada mineral ikutan berupa batuan kasar dan batuan halus yaitu pasir *tailing* yang dijumpai dibekas penambangan timah tersebut. Jumlah produksi penambangan timah legal di Bangka sekitar 71.610 ribu ton per tahun, sedangkan jumlah produksi dari pertambangan ilegal sekitar 60 ribu ton per tahun, sehingga total produksi timah per tahunnya yaitu sekitar 131.610 ribu ton. Sedangkan dari setiap pengerukan 100 kg batuan hanya menghasilkan 0,35 kg timah, dan lebih dari 99% dari sisa bahan tambang itu dibuang sebagai limbah. Sehingga pasir *tailing* ini harus dimanfaatkan untuk mengurangi dampaknya bagi lingkungan.

Sedangkan DIY memiliki potensi yang luar biasa pada sumber daya alam bahan baku baja yang berupa pasir besi, khususnya di pantai selatan Kabupaten Kulon Progo, yang juga merupakan satu-satunya industri *pig iron* di Asia Tenggara.

Dengan meninjau hal-hal tersebut diatas maka pasir eks *tailing* timah dan pasir besi dapat berpotensi sebagai inovasi bahan alternatif untuk menggantikan bahan-bahan beton. Namun gradasi pada pasir sebagai agregat halus menentukan sifat pengerjaan dan sifat kohesi dari campuran beton, sehingga gradasi pada agregat halus sangatlah diperhatikan. Maka pada penelitian ini, akan diamati pengaruh dari jenis pasir terhadap sifat pengerjaan atau *workability* campuran beton.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gradasi Agregat

Gradasi agregat adalah distribusi ukuran butiran dari agregat, baik agregat kasar maupun halus. Agregat yang mempunyai ukuran seragam (sama) akan menghasilkan volume pori antar butiran menjadi besar. Sebaliknya agregat yg mempunyai ukuran bervariasi mempunyai volume pori kecil, dimana butiran kecil mengisi pori diantara butiran besar sehingga pori-porinya menjadi sedikit

(kemampatannya tinggi).(Ida Nurmawati, 2006)

Agregat seragam menyediakan pori-pori. Sebaliknya, gradasi yang bervariasi meningkatkan volume pori, karena ukurannya yang kecil maka akan mengisi pori-pori kecil sehingga massa beton menjadi padat. (Andang Widjaja, 2009)

Pencampuran pasir kali dengan pasir laut akan memperbaiki gradasi pasir, ini ditunjukkan dengan makin meratanya gradasi campuran pasir. (Gunawan Surya, 2001)

Rongga udara akan minimal bila diameter butir kecil, sementara diameter yang kecil tidaklah praktis. Dibutuhkan pasta semen lebih untuk mengisi antar agregat halus dan lebih banyak mortar untuk mengisi rongga antar agregat kasar. (Paul Nugraha, Teknologi Beton, 2007)

2.2. Pasir *Tailing* Eks Timah

Tailing timah adalah bahan-bahan yang dibuang setelah proses pemisahan material berharga dari material yang tidak berharga dari bijih timah. *Tailing* timah yang merupakan limbah hasil pengolahan bijih timah sudah dianggap tidak berpotensi lagi untuk dimanfaatkan, akan tetapi dengan hasil penelitian dan kemajuan teknologi saat ini *tailing* timah tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk bahan bangunan. Secara

fisik komposisi *tailing* timah terdiri dari 50% fraksi pasir halus dengan diameter 0,075 - 0,4 mm, dan sisanya berupa fraksi lempung dengan diameter 0,075 mm.

Timah putih (Sn) adalah logam berwarna putih keperakan, dengan kekerasan yang rendah, berat jenis 7,3, serta mempunyai sifat konduktivitas panas dan listrik yang tinggi. Logam timah putih bersifat mengkilap dan mudah dibentuk. Timah diperoleh terutama dari mineral kasiterit yang terbentuk sebagai oksida, tidak mudah teroksidasi, sehingga tahan karat. Mineral yang terkandung di dalam bijih timah berupa kasiterit sebagai mineral utama, dengan mineral ikutan seperti pirit, kuarsa, zirkon, ilmenit, senotim, dan monasit. Mineral-mineral ikutan pada bijih timah akan terpisahkan pada proses pengolahan, sehingga berpotensi menjadi produk sampingan.

Kandungan kimia pasir *tailing* eks timah antara lain FeTiO_2 sebanyak 27%-31%; Fe_2O_3 sebanyak 11,85%-15,17%; ZrSiO_4 sebanyak 23,15%-26,14%; dan sisanya merupakan SiO_2 dan SnO_2 . (Denni Widhiyatna, 2006)

2.3. Pasir besi

Pasir besi Kulon Progo memiliki kandungan kimia yang sebagian besar berupa

Fe₂O₃ sebanyak 58%-60%; TiO₂ sebanyak 7%-9%; V₂O₅ sebanyak 0,5%-0,6%; Al₂O₃ sebanyak 3,3%-3,5%; SiO₂ sebanyak 0,03-0,05%, P₂O₅ sebanyak 0,24-0,26%. (*Project Information Brief, Indo Mines, 2006*)

Litologi pasir besi yang membentang luas disepanjang pantai selatan Kabupaten Kulon Progo merupakan pecahan batuan yang berukuran antar kerikil dan lanau, atau 0,0625 – 2 mm. Secara umum pasir besi terdiri dari mineral opak yang bercampur dengan butiran-butiran dari mineral non logam seperti, kuarsa, kalsit, feldspar, ampibol, piroksen, biotit, dan tourmalin. Mineral tersebut terdiri dari magnetit, titaniferous magnetit, ilmenit, limonit, dan hematit. Titaniferous magnetit adalah bagian yang cukup penting merupakan ubahan dari magnetit dan ilmenit. Mineral bijih pasir besi terutama berasal dari batuan basaltik dan andesitik vulkanik.

Kegunaan pasir besi ini selain untuk industri logam besi juga telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk tinta kering pada mesin fotokopi dan tinta laser, bahan utama untuk pita kaset, pewarna serta campuran untuk cat, dan bahan dasar untuk magnet permanent. Bahan alternatif, seperti pasir besi, bisa dimanfaatkan menjadi pembuat beton. Sebab, umumnya limbah

pabrik logam mengandung silika yang berdaya ikat.

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Eksperimen pengujian dilakukan terhadap beberapa model elemen struktur untuk mendapatkan suatu hasil yang menegaskan hubungan antara variabel yang diselidiki.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *workability* dari campuran beton yang menggunakan pasir *tailing* eks timah dan pasir besi. Dari identifikasi tersebut akan dianalisis kadar optimum kandungan pasir *tailing* eks timah dan pasir besi dalam campuran beton. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah pengambilan sampel bahan pasir eks *tailing* dari penambangan timah pulau Bangka dan pasir besi dari penambangan besi di Kulon Progo Yogyakarta. Sampel yang diambil ini kemudian akan diuji terhadap persyaratan agregat halus dan diuji terhadap nilai slump nya.

3.1. Pengujian Gradasi Agregat Halus

Pengujian gradasi agregat halus menggunakan standar pengujian ASTM C

136. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui gradasi atau variasi diameter butiran pasir, prosentase dan modulus kehalusannya. Modulus kehalusan adalah angka yang menunjukkan tinggi rendahnya tingkat kehalusan butir pasir.

Modulus kehalusan pasir dihitung menggunakan persamaan 3.6 sebagai berikut:

$$\text{Modulus kehalusan pasir} = \frac{d}{e} \dots (1.1)$$

dengan :

d = Σ prosentase kumulatif berat pasir yang tertinggal selain dalam pan

e = Σ prosentase kumulatif berat pasir yang tertinggal

3.3. Pengujian Nilai *Slump*

Langkah- langkah pembuatan benda uji tersebut adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan dan menimbang masing-masing material (air, semen, pasir kali, pasir besi, dan pasir *tailing* eks timah) berdasarkan perhitungan *mix design* beton, dalam hal ini digunakan metode SNI.
2. Menyiapkan cetakan dan melumasi sisi dalamnya dengan oli.
3. Membuat adukan beton dengan cara memasukkan material yang telah

ditimbang sebelumnya ke dalam alat pengaduk beton.

4. Bahan-bahan tersebut diaduk sampai homogen.
5. Melakukan pengujian nilai slump menurut ASTM C 143-90a untuk mengetahui kelecakan beton, dengan menggunakan kerucut *Abrams*.

Urutan pengujiannya adalah sebagai berikut:

- a. Kerucut *Abrams* bagian dalam dan luar dibersihkan dengan air.
- b. Cetakan kerucut diletakkan diatas pelat baja.
- c. Memegang kaki kerucut dengan kuat, lalu memasukkan adonan beton hingga 1/3 tinggi kerucut, kemudian dipadatkan dengan cara menumbuknya menggunakan tongkat besi ujung bulat sebanyak 25 kali.
- d. Pengisian diselesaikan sampai dua lapis berikutnya dan dipadatkan dengan cara yang sama seperti sebelumnya sampai cetakan terisi penuh, selanjutnya pada bagian atas diratakan dengan cetok.
- e. Kemudian cetakan diangkat perlahan-lahan tegak lurus ke atas.
- f. Seluruh pengujian mulai dari pengisian sampai pengangkutan

cetakan harus selesai dalam waktu 2,5 menit.

- g. Mengukur penurunannya dari tinggi mula-mula, besar penurunan ini disebut nilai *slump*.

4. HASIL PENGUJIAN

4.1. Hasil Pengujian Agregat Halus

4.1.1. Hasil Pengujian Pasir Normal

Pengujian terhadap agregat halus yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pengujian kadar lumpur, kandungan zat organik, *specific gravity*, gradasi agregat dan berat jenis. Hasil-hasil pengujian tersebut disajikan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil pengujian pasir normal

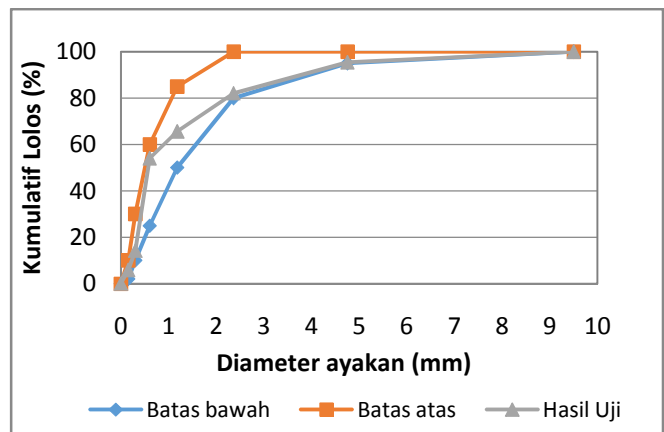
Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan zat organik	Kuning muda	Kuning	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	4 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
<i>Bulk specific gravity</i>	2,48 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk specific SSD</i>	2,5 gr/cm ³	-	-
<i>Apparent specific gravity</i>	2,45 gr/cm ³	-	-
<i>Absorbtion</i>	1,01 %	-	-
Modulus halus	2,79	2,3 – 3,1	Memenuhi syarat

Untuk hasil pengujian gradasi agregat halus dan syarat batas dari ASTM C-33 dapat dilihat pada Tabel 4.2. dan Gambar 4.1.

Tabel 4.2. Analisis data gradasi pasir normal

Diameter Ayakan (mm)	Tertahan			Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM C-33
	Berat (gr)	Presentase (%)	Kumulatif (%)		
9,5	0	0	0	100	100
4,75	135	4,50	4,50	95,50	95 - 100
2,36	400	13,34	17,85	82,15	80 - 100
1,18	494	16,48	34,32	65,68	50 - 85
0,85	350	11,67	46,00	54,00	25 - 60
0,3	1193	39,79	85,79	14,21	10 - 30
0,15	250	8,34	94,13	5,87	2 - 10
0	176	5,87	100	0	0
Jumlah	2998	100	382,59	-	-

Dari Tabel 4.2 didapat grafik gradasi beserta batas gradasi yang disyaratkan ASTM C-33 yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1



Gambar 4.1 Gradasi pasir normal

4.1.2. Pengujian Pasir *Tailing* Eks Timah

Tabel 4.3. Hasil pengujian pasir *tailing* eks timah

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan zat organik	Kuning muda	Kuning	Memenuhi syarat

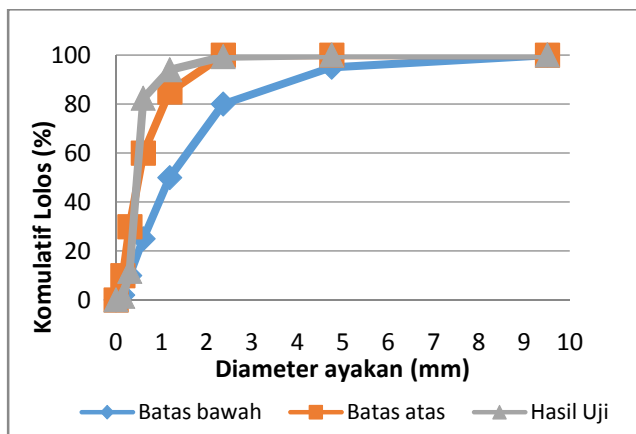
Kandungan lumpur	0,05 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
<i>Bulk specific gravity</i>	2,605 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk specific SSD</i>	2,463 gr/cm ³	-	-
<i>Apparent specific gravity</i>	2,67 gr/cm ³	-	-
<i>Absorbtion</i>	1,01 %	-	-
Modulus halus	2,67	2,3 – 3,1	Memenuhi syarat

Untuk hasil pengujian gradasi agregat halus dan syarat batas dari ASTM C-33 dapat dilihat pada Tabel 4.4. dan Gambar 4.2.

Tabel 4.4. Analisis data gradasi pasir *tailing* eks timah

Diameter Ayakan (mm)	Tertahan			Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM C-33
	Berat (gr)	Presentase (%)	Kumulatif (%)		
9,5	0	0,00	0,00	100	100
4,75	0	0,00	0,00	100	95 - 100
2,36	20	0,67	0,67	99,33	80 - 100
1,18	160	5,38	6,05	93,95	50 - 85
0,85	345	11,60	17,65	82,35	25 - 60
0,3	2105	70,76	88,40	11,60	10 - 30
0,15	300	10,08	98,49	1,51	2 - 10
0	45	1,51	100,00	0	0
Jumlah	2975	100	311,26		-

Dari Tabel 4.4 didapat grafik gradasi beserta batas gradasi yang disyaratkan ASTM C-33 yang ditunjukkan dalam Gambar 4.2



Gambar 4.2 Gradasi pasir *tailing* eks timah

4.1.3 Pengujian Pasir Besi

Tabel 4.5. Hasil pengujian pasir besi

Jenis pengujian	Hasil pengujian	Standar	Kesimpulan
Kandungan zat organik	Jernih	Kuning	Memenuhi syarat
Kandungan lumpur	2,2 %	Maks 5 %	Memenuhi syarat
<i>Bulk specific gravity</i>	2,648 gr/cm ³	-	-
<i>Bulk specific SSD</i>	2,7 gr/cm ³	-	-
<i>Apparent specific gravity</i>	2,8 gr/cm ³	-	-
<i>Absorbtion</i>	2,04 %	-	-
Modulus halus	1,642	2,3 – 3,1	Memenuhi syarat

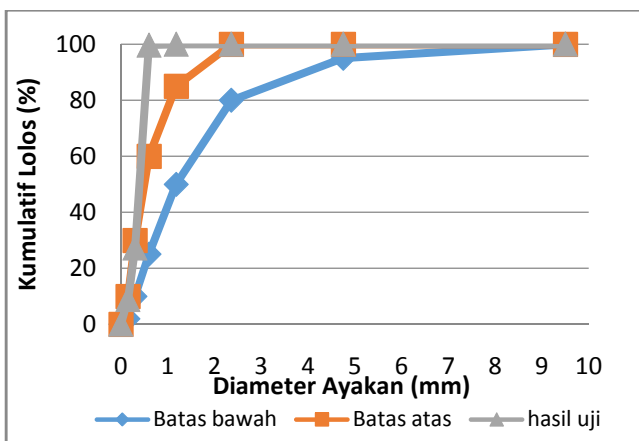
Untuk hasil pengujian gradasi agregat halus dan syarat batas dari ASTM C-33 dapat dilihat pada Tabel 4.6. dan Gambar 4.3.

Tabel 4.6. Analisis data gradasi pasir besi

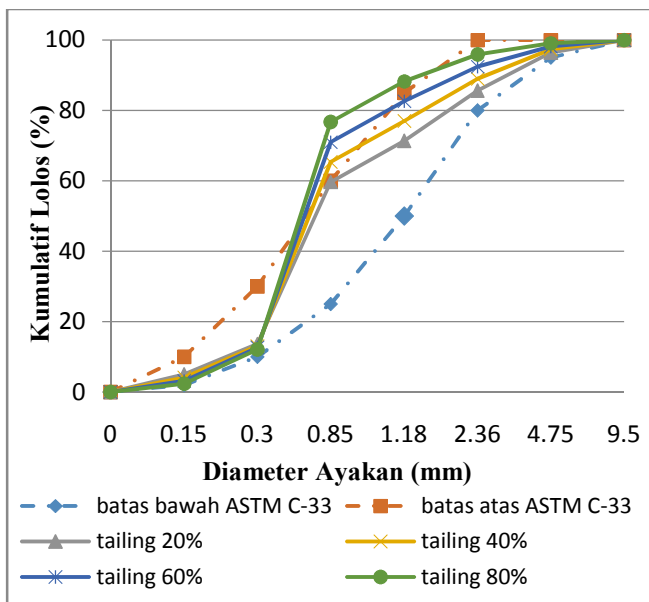
Diameter Ayakan (mm)	Tertahan			Berat Lolos Kumulatif (%)	Syarat ASTM C-33
	Berat (gr)	Presentase (%)	Kumulatif (%)		
9,5	0	0	0	100	100
4,75	0	0	0	100	95 - 100

2,36	0	0	0	100	80 - 100
1,18	0	0	0	100	50 - 85
0,85	10	0,33	0,33	99,67	25 - 60
0,3	2165	72,41	72,74	27,26	10 - 30
0,15	550	18,39	91,14	8,86	2 - 10
0	265	8,86	100	0	0
Jumlah	2990	100	264,21		

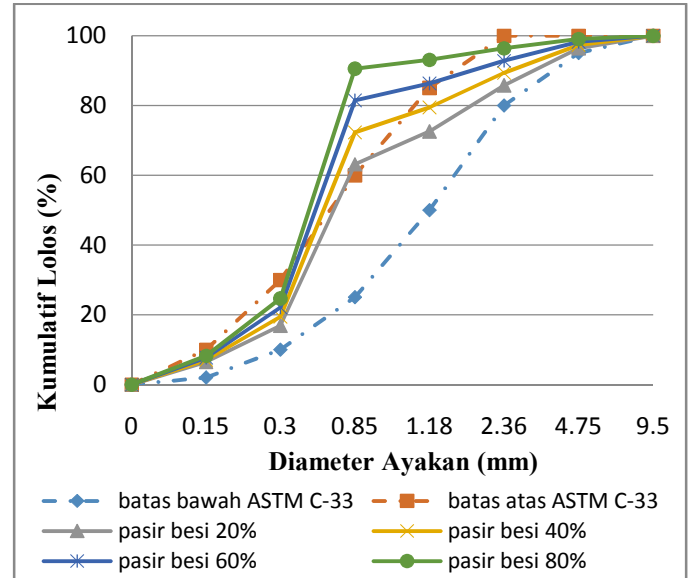
Dari Tabel 4.6 didapat grafik gradasi beserta batas gradasi yang disyaratkan ASTM C-33 yang ditunjukkan dalam Gambar 4.3



Gambar 4.3 Gradasi pasir besi



Gambar 4.4. Perbandingan kurva gradasi campuran pasir *tailing* eks timah dengan batas gradasi pasir menurut ASTM C-33



Gambar 4.5. Perbandingan kurva gradasi campuran pasir besi dengan batas gradasi pasir menurut ASTM C-33

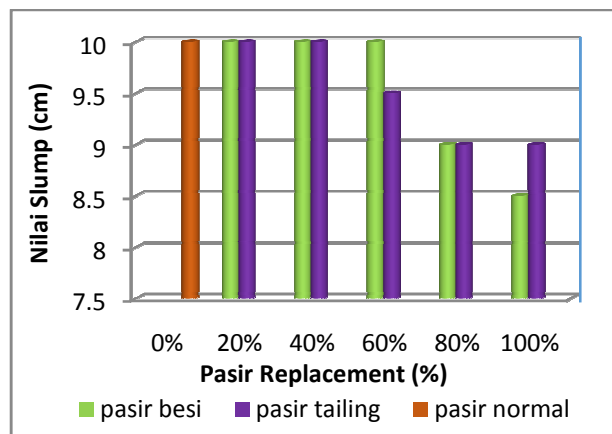
4.2. Hasil Pengujian *Slump*

Dari pengujian nilai *slump* tampak bahwa penambahan pasir *tailing* eks timah dan pasir besi akan mempengaruhi *workability*, yang diperlukan untuk memudahkan proses pengadukan, pengangkutan, penuangan, dan pemadatan. Pengujian ini dilakukan pada setiap adukan beton dengan pasir *replacement* sebesar 20%, 40%, 60%, 80% dan 100%. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.7. berikut :

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Nilai *Slump*

Variasi Pasir	Nilai <i>Slump</i> (cm)	
	Pasir <i>Tailing</i>	Pasir Besi
0%	10	
20%	10	10
40%	10	10
60%	9,5	9,5
80%	9	9
100%	9	8,5

Hubungan antara nilai *slump* beton normal, beton menggunakan pasir *tailing* eks timah dengan beton menggunakan pasir besi dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Hubungan variasi pasir *replacement* dengan nilai *slump*

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat ditarik kesimpulan yaitu

1. Dari hasil pengujian agregat halus pasir *tailing* eks timah dan pasir besi yang disajikan pada gambar 4.4. dan 4.5 dapat disimpulkan bahwa pada prosentase

replacement pasir *tailing* eks timah dan pasir besi terhadap pasir normal sebesar 40%, 60%, dan 80%, menghasilkan nilai kumulatif lolos yang semakin besar, hal tersebut menandakan bahwa dengan semakin banyak jumlah *replacement* pasir *tailing* eks timah dan pasir besi dalam campuran pasir sebagai bahan beton, memberikan campuran agregat halus yang semakin halus.

2. Sedangkan dari pengujian *slump* dapat diamati bahwa semakin halus butiran pasir menyebabkan penurunan konsistensi campuran beton. Jika dilihat pada syarat *slump* test yang memenuhi syarat konsistensi campuran yang baik (5 – 10 cm) memang dapat dinyatakan bahwa keseluruhan prosentase *replacement* pasir *tailing* eks timah dan pasir besi terhadap pasir normal menghasilkan campuran beton segar yang masih masuk dalam range syarat konsistensi campuran yang baik, namun semakin besar prosentase *replacement* pasir *tailing* eks timah dan pasir besi terhadap pasir normal menghasilkan konsistensi atau nilai kelecakan campuran beton segar yang semakin tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Antoni dan Paul Nugraha., 2007. Teknologi Beton. Penerbit C.V Andi Offset, Yogyakarta.
2. Mulyono, T. 2005. Teknologi Beton. Penerbit Andi. Yogyakarta.
3. Nurawati, I, 2006, Pemanfaatan Limbah Industri Penggergajian Kayu Sebagai Bahan Substitusi Pembuatan Paving Block. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
4. Widjaja Andang, 2009, Limbah Bubur Kertas untuk Papan Beton, Jurusan Teknik Sipil, UNESA, Surabaya
5. Gunawan (2004). Studi Penelitian Hubungan Kekuatan Tekan Beton Dengan Slump
6. Gunawan, A.(2014). Pengaruh Campuran Dua Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal Inersia, 1, 61-72.
7. Haniza, S (2016). Pengaruh Modulus Halus Butir Agregat Kasar Terhadap Kuat Tekan Beton. Jurnal Sainstek STT Pekanbaru, 4, 43-51.
8. PBI NI-2 (1971). Peraturan Beton Bertulang Indonesia. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Departmen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
9. Pratama, A.N., Pujiyanto, A., Faizah, R. (2016) Pengaruh Penggunaan Agregat Kasar Dari Yogyakarta Terhadap Kuat Tekan Beton.
10. Purwati, A., As'ad, S., Sunarmasto (2014). Pengaruh Ukuran Butiran Agregat Terhadap Kuat Tekan Dan Modulus Elastisitas Beton Kinerja Tinggi Grade 80. e-Jurnal Matriks Teknik Sipil, 2, 58-63.
11. Sari, S.A, Artiningsih, T.P., & Purwanti, H (2017). Perbandingan Pengaruh Beberapa Jenis Pasir terhadap Kuat Tekan, Kuat Lentur dan Kuat Tarik Belah Beton.
12. SNI-03-1972-1990. Metode Pengujian Slump Beton. Pustran, Balitbang, Departmen Pekerjaan Umum.
13. SNI-03-2834-2000. Tata Cara Pembuatan Rencana Beton Normal. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
14. SNI 03-2847-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton. Bandung.

15. SNI-15-2049-2004. Semen Portland.
Badan Standardisasi Nasional,
Jakarta.
16. SNI 1972-2008. Cara uji slump beton.
Jakarta.