

# PENGARUH PENGGUNAAN PS BALL SEBAGAI PENGGANTI PASIR TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Ronald Simatupang, Naning Diyah Ulfaturosida

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Maranatha, Bandung

## ABSTRACT

*Development in the current structure is progressing very rapidly which took place in various fields. Concrete is one option as a structural material in building construction. But with increasing climate change needs an innovation in the world of construction to be able to create a concrete constituent materials friendly to the environment. One way to use the waste products of steel called a PS Ball. The purpose of this research is to knowing the effect of using PS Ball as a replacement of sand in to compressive strength. Result obtained from research performed is that the PS Ball can use as the replacement of sand in the mix concrete. The increase in compression strength of concrete when PS Ball as sand replacement is 1,16 from normal concrete.*

**Keyword:** PS Ball, Compressive Strength, concrete, sand replacement.

## 1. PENDAHULUAN

Berbagai penelitian dan percobaan dibidang beton dilakukan sebagai upaya untuk meningkatkan kualitas beton. Teknologi bahan dan teknik pelaksanaan yang diperoleh dari hasil penelitian dan percobaan tersebut dimaksudkan untuk menjawab tuntutan yang semakin tinggi terhadap pemakaian beton serta mengatasi masalah-masalah yang sering terjadi pada saat pengerjaan di lapangan. Dalam pembangunan gedung-gedung bertingkat tinggi dan bangunan lainnya sangat dibutuhkan beton dengan kekuatan yang tinggi, beton mutu tinggi adalah pilihan yang paling tepat.

Peningkatan mutu beton dapat dilakukan dengan memberikan bahan pengganti. Dari beberapa bahan pengganti salah satunya adalah *PS Ball*, diharapkan dengan mengganti pasir beton dengan *PS Ball* dapat meningkatkan kuat tekan beton.

*PS Ball* sangat unggul dibanding pasir dalam hal kekuatan tekan, kekerasan dan *anti-weathering*. Strukturnya sangat kuat, tahan cuaca dan tidak mudah aus dengan bentuk bulat mengkilap. *PS Ball* cocok untuk berbagai penerapan berkat sifat fisik dan kimianya. Yang paling penting adalah fakta bahwa *PS Ball* tidak berbahaya dan ramah lingkungan yang dihasilkan oleh teknologi yang bebas pengaruh negatif terhadap lingkungan. Tujuan utama dari penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh penggunaan *PS Ball* sebagai pengganti pasir terhadap kuat tekan beton. Persentase *PS Ball* yang digunakan sebagai pengganti pasir yaitu 5% - 50% dengan kenaikan setiap 5%. Kuat tekan beton ( $f_c'$ ) dalam penelitian ini sebesar 25 MPa.

## 2. TEORI

### Beton

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang telah umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, jalan dan lain sebagainya. Beton merupakan suatu kesatuan yang homogen. Beton didapatkan dengan cara mencampur agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil), air, dan semen. Dan bisa dengan bahan tambahan yang bersifat kimiawi ataupun fisikal pada perbandingan tertentu, sampai menjadi satu kesatuan yang homogen. Campuran tersebut akan mengeras seperti batuan. Pengerasan terjadi karena peristiwa reaksi kimia antara semen dengan air.

Membuat beton sebenarnya tidaklah sederhana hanya sekedar mencampurkan bahan-bahan dasarnya untuk membentuk campuran yang plastis sebagaimana sering terlihat pada pembuatan bangunan sederhana. Tetapi jika ingin membuat beton yang baik, dalam arti memenuhi persyaratan yang telah ditentukan karena tuntutan yang lebih tinggi, maka harus diperhitungkan dengan seksama cara-cara memperoleh adukan beton segar yang baik dan menghasilkan beton keras yang baik pula. Beton segar yang baik ialah beton segar yang dapat diaduk, dapat diangkut, dapat dituang, dan dapat dipadatkan.

### Sifat-Sifat Umum Beton

Untuk keperluan perancangan dan pelaksanaan struktur beton, maka pengetahuan tentang sifat-sifat adukan beton maupun sifat-sifat beton setelah mengeras perlu diketahui. Sifat-sifat tersebut antara lain:

#### 1. Tahan Lama (*Durability*)

Merupakan kemampuan beton bertahan seperti kondisi yang direncanakan tanpa terjadi korosi dalam jangka waktu yang direncanakan. Dalam hal ini perlu pembatasan nilai faktor air semen maksimum maupun pembatasan jumlah semen minimum yang digunakan sesuai dengan kondisi lingkungan. Sifat tahan lama pada beton dapat dibedakan dalam beberapa hal, antara lain sebagai berikut:

##### a. Tahan Terhadap Pengaruh Cuaca

Pengaruh cuaca yang dimaksud adalah pengaruh yang berupa hujan dan pembekuan pada musim dingin, serta pengembangan dan penyusutan yang diakibatkan oleh basah dan kering silih berganti.

##### b. Tahan Terhadap Pengaruh Zat Kimia

Daya perusak kimiawi oleh bahan-bahan seperti air laut, rawa-rawa dan air limbah, zat-zat kimia hasil industri dan air limbahnya, buangan air kotor kota

yang berisi kotoran manusia, susu, gula, dan sebagainya perlu diperhatikan terhadap keawetan beton.

c. Tahan Terhadap Erosi

Beton dapat mengalami kikisan yang diakibatkan oleh adanya orang yang berjalan kaki dan lalu lintas di atasnya, gerakan ombak laut, atau oleh partikel-partikel yang terbawa oleh angin dan air.

2. Kuat Tekan

Kuat tekan beton ditentukan berdasarkan pembebanan pada silinder beton dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Rumus untuk menghitung kuat tekan beton yaitu :

$$f_c' = P / A \quad (1)$$

Dimana:

$f_c'$  = Kuat tekan (MPa)

$P$  = Beban tekan maksimum yang dapat ditahan (N)

$A$  = Luas penampang silinder (mm)

3. Kuat Tarik

Kuat tarik beton jauh lebih kecil dari pada kuat tekannya, yaitu sekitar 10 % sampai 15 % dari kuat tekannya. Kuat tarik beton merupakan sifat yang penting untuk memprediksi retak dan defleksi balok. Rumus untuk menghitung kuat tarik beton yaitu:

$$f_{ct} = 2P / \pi L D_s \quad (2)$$

Dimana:

$f_{ct}$  = Kuat tarik benda uji (MPa)

$P$  = Beban tekan maksimum yang dapat ditahan (N)

$L$  = Panjang benda uji (mm)

$D_s$  = diameter benda uji (mm)

4. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas merupakan hubungan linier antara tegangan dan regangan untuk suatu batang yang mengalami tarik atau tekan. Semakin besar harga modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi pada suatu tingkat pembebanan tertentu, atau dapat dikatakan material tersebut semakin kaku.

Modulus elastisitas dapat dihitung dengan persamaan:

$$E = \sigma / \varepsilon \quad (3)$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan aksial searah sumbu benda uji (MPa)

$\varepsilon$  = Regangan aksial

$E$  = Modulus elastisitas beton (MPa)

Modulus elastisitas suatu material ditentukan oleh energi ikat antar atom – atom, sehingga besarnya nilai modulus ini tidak dapat dirubah oleh suatu proses tanpa merubah struktur bahan. Modulus elastisitas adalah kemiringan kurva tegangan regangan di dalam daerah elastis linier pada sekitar 40 % beban puncak. (*Ultimate load*) (Gere dan Timoshenko, 1997).

5. Rangkak (*creep*)

Merupakan salah satu sifat dimana beton mengalami deformasi terus menerus menurut waktu dibawah beban yang dipikul.

6. Susut (*Shrinkage*)

Merupakan perubahan volume yang tidak berhubungan dengan pembebanan.

7. Kemampuan dikerjakan (*Workability*)

*Workability* adalah bahwa bahan-bahan beton setelah diaduk bersama, menghasilkan adukan yang bersifat sedemikian rupa sehingga adukan mudah diangkut, dituang atau dicetak, dan dipadatkan menurut tujuan pekerjaannya tanpa terjadinya perubahan yang menimbulkan kesukaran atau penurunan mutu. Sifat mampu dikerjakan (*workability*) dari beton sangat terganggu pada sifat bahan, perbandingan campuran, dan cara pengadukan serta jumlah air. Dengan kata lain, sifat mudah dikerjakan suatu adukan beton dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu:

- a. Konsistensi normal PC.
- b. Mobalitas, setelah aliran dimulai (sebaliknya adalah sifat kekasaran atau perlawanan terhadap gerak).
- c. Kohesi atau perlawanan terhadap pemisahan bahan-bahan.
- d. Sifat saling lekat (ada hubungannya dengan kohesi), berarti bahan penyusunannya tidak akan terpisah-pisah sehingga memudahkan pengerjaan-pengerjaan yang perlu dilakukan.

Perbandingan bahan-bahan ataupun sifat bahan-bahan itu secara bersama-sama mempengaruhi sifat dapat dikerjakan beton segar. Unsur-unsur yang mempengaruhi sifat mudah dikerjakan antara lain sebagai berikut:

- a. Banyaknya air yang dipakai dalam campuran aduk beton. Makin banyak air yang digunakan, makin mudah beton itu dikerjakan.

- b. Penambahan semen ke dalam adukan beton. Hal ini juga menambah kemudahan dikerjakan pada beton, karena biasanya penambahan semen diikuti dengan penambahan air untuk memperoleh harga faktor air semen tetap.
- c. Gradasi campuran agregat kasar dan agregat halus. Jika campuran pasir dan kerikil mengikuti gradasi yang telah disarankan oleh peraturan sesuai dengan SNI 03-2834-2000, adukan beton akan mudah dikerjakan. Pemakaian butir-butir agregat yang bulat akan mempermudah cara pengerjaan beton. Pemakaian butir maksimum agregat kasar, akan berpengaruh terhadap kemudahan dikerjakan pada aduk beton.
- d. Cara pemadatan beton dan jenis alat yang digunakan. Jika pemadatan beton dilakukan dengan menggunakan alat mesin getar, maka tingkat kelecekkannya pun akan berbeda-beda jika dibandingkan dengan menggunakan alat yang lain.

### ***PS BALL***

*Slag EAF* merupakan produk samping dengan volume besar yang terbentuk dalam proses pembuatan baja (15 % sampai 20 % dari kapasitas baja cair) dimana masih mengandung sisa-sisa metal. Penanganan slag ini sebelumnya sulit dan metodenya tidak efisien.

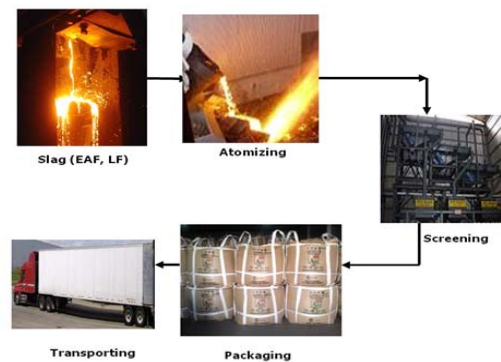
Teknologi slag atomizing (*Slag Atomizing Technology: SAT*) merupakan sistem baru untuk membentuk slag cair menjadi butiran kecil (*atomize*) dari *Electric Arc Furnace (EAF)* dengan efisiensi tinggi. Material hasil dari proses *SAT* berbentuk bola dengan diameter dan ukuran yang berbeda-beda, dan disebut *PS (Precious Slag) ball*.

*SAT* plant pertama beroperasi pada 1997 di Korea, sejak itu total kapasitas terpasang telah meningkat menjadi 1,12 juta ton. Kapasitas yang sedang dibangun dan diproyeksikan akan direalisasikan pada 2009 di Korea Selatan, Afrika Selatan, Malaysia, Thailand, Taiwan, Indonesia, Iran, Vietnam dan Amerika Serikat berjumlah 3,4 juta ton. Tanggal 1 Desember 2008 *SAT* Plant di PT Purna Baja Harsco (di dalam kawasan pabrik PT Krakatau *Steel*) mulai beroperasi, dengan kapasitas 5.000 ton per bulan.

*SAT* merupakan proses merubah slag cair (1500°C - 1550°C) menjadi bola-bola kecil dengan diameter berkisar antara 0,1 mm sampai 4,5 mm. Prosesnya berupa sistem hembusan angin berkecepatan tinggi dengan katalis dan air pada aliran slag cair yang ditumpahkan melalui *tundish* menuju *slag pitt*. Dengan bantuan air, aliran udara berkecepatan tinggi menghasilkan pertukaran panas yang cepat yang merubah aliran slag menjadi bola-bola (*PS Ball*) dengan permukaan yang mengkilap. Struktur *PS Ball* dipisahkan berdasarkan ukurannya dalam suatu mesin pengayak. *PS Ball* memiliki 4 ukuran dari butir kasar sampai dengan butir halus :

1. 4 - 10 MESH
2. 10 - 20 MESH
3. 20 - 40 MESH
4. 40 - 200 MESH

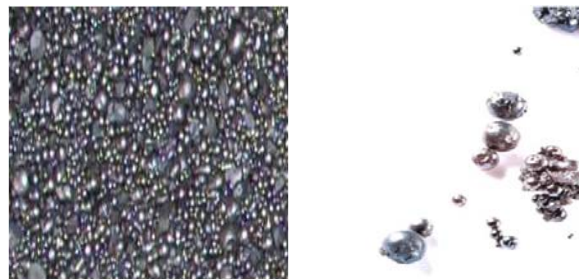
*PS Ball* produk ramah lingkungan hasil olahan limbah B3 yang dapat digunakan untuk material *blasting* sebagai pengganti pasir kuarsa. Pada Gambar 1 dapat dilihat proses produksi dari *PS Ball*.



**Gambar 1. Proses Produksi *PS Ball*.**

(sumber: P.T. Purna Baja Harsco)

Dalam proses *SAT*, *slag* cair didinginkan dengan cepat oleh udara dan air berkecepatan tinggi. Berbagai unsur tidak stabil membentuk  $\text{CaO} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{Mg} - \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Tidak ada  $\text{CaO}$  bebas di dalam produk, dan permukaan akan mengkilap dengan adanya struktur spinel. Struktur spinel merupakan bentuk kombinasi dari  $\text{CaO-Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO-SiO}_2$ . Pada Gambar 2 dapat dilihat bentuk butiran dari *PS Ball*.

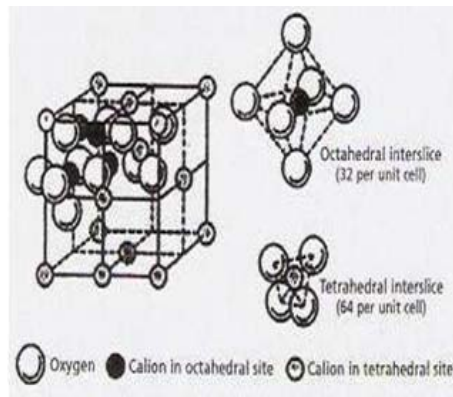


**Gambar 2. Karakteristik *PS Ball*.**

(sumber: P.T. Purna Baja Harsco)

*PS Ball* adalah singkatan dari *Precious Slag Ball*, material baru yang dihasilkan dari *slag EAF*. *PS Ball* memiliki permukaan mengkilap dengan struktur spinel yang stabil. *PS Ball* berbentuk bulat dengan diameter antara 0,1 sampai 4,5 mm, material dengan tidak ada kapur bebas.

*PS Ball* cocok untuk berbagai penerapan, berkat sifat fisik dan kimianya. Yang paling penting adalah fakta bahwa *PS Ball* tidak berbahaya dan ramah lingkungan yang dihasilkan oleh teknologi yang bebas pengaruh negatif terhadap lingkungan. Struktur kimiawi dari *PS Ball* dapat dilihat pada Gambar 3:



**Gambar 3. Struktur Spinel *PS Ball*.**  
(sumber: P.T. Purna Baja Harsco)

Struktur spinel merupakan ciri utama material ini, struktur fisik dan kimia yang stabil yang menghilangkan alasan polusi. Nilai persentase kandungan kimiawi dari *PS Ball* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Persentase Kandungan Kimiawi PS Ball.**

Kandungan Kimia	Nilai
T - Fe	20,83 %
M - Fe	< 0,10 %
FeO	3,35 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26,06 %
SiO <sub>2</sub>	12,69 %
CaO	40,30 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,20 %
MgO	7,95 %
Na <sub>2</sub> O	< 0,10 %
Kekerasan	739,8 HVC
Diameter	0,1 - 4,5 mm
Massa Jenis	2,3 kg/l
Permeabilitas Air	530 cm/s
Kekuatan Tekan	323 kg/cm <sup>3</sup>

(sumber: P.T. Purna Baja Harsco)

**Karakteristik Penggunaan PS Ball**

Karakteristik dari material *PS Ball* dibandingkan dengan material lain yang ada dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Karakteristik Material PS Ball.**

<i>Classification</i>	<i>PS Ball</i>	<i>Sand</i>	<i>Garnet</i>	<i>Glass Bead</i>	<i>Stell Ball</i>
<i>Actual Specific Gravity</i>	3,45	2,62	4,2	2,6	7,2
<i>Mohs Hardness</i>	7,5	5,5	7,5	5	8,5
<i>Rockwell Hardness (HRC)</i>	43	30	40	28	50
<i>Brightness (quality grade)</i>	<i>Very good</i>	<i>Normal</i>	<i>Good</i>	<i>Normal</i>	<i>Very good</i>
<i>Reusability</i>	<i>1-3 times</i>	<i>One time</i>	<i>1-3 times</i>	<i>One time</i>	<i>5-7 times</i>

(sumber: P.T. Purna Baja Harsco)



### **Keuntungan Penggunaan *PS Ball***

*PS Ball* sangat unggul dibanding pasir dalam hal kekuatan tekan, kekerasan, dan *anti-weathering*. Strukturnya sangat kuat, tahan cuaca dan tidak mudah aus dengan bentuk bulat mengkilap.

Sebagai material baru, *PS Ball* memiliki keunggulan sifat-sifat fisik dan kimia yang memberikan kemampuan untuk berbagai penerapan yang luas, seperti pelapis genting *metal*, *manholes*, amplas, pemadatan jalan, bahan pemberat, peredam suara dan pelindung radiasi, campuran semen, bahan lantai, pemadat tanah, tiang pancang, pengolahan air dan air buangan, bahan *filter*, bahan lantai yang tidak licin, bata dan bahan beton prefabrikasi, ubin yang tidak mudah aus, campuran aspal, dan lain-lain.

*PS Ball* sebagai produk akhir sangat seragam (koefisien keseragaman: 1,22 dibandingkan dengan pasir: 1,64) dengan kekuatan tekan yang lebih besar (161 % lebih tinggi dari pasir), tingkat kekerasan 740 *Vickers* (62 *Rockwell*). *PS Ball* dapat digunakan sebagai pengganti *garnet* atau *copper slag* dan terkadang sebagai pengganti *steel ball* / *steel shot*. Dengan tingkat keseragaman tersebut dan kekuatan tekan yang kuat maka material *PS Ball* dapat digunakan dalam aplikasi teknik sipil. Dalam hal ini digunakan sebagai bahan pengisi atau sebagai bahan pengganti pasir dalam campuran beton untuk mendapatkan kuat tekan yang tinggi.

Beberapa keuntungan lainnya dalam penggunaan *PS Ball*:

1. *PS Ball* adalah jenis produk yang ramah lingkungan, aman dan bebas dari silika beracun atau kristal.
2. Rendah debu.
3. Produktivitas tinggi.

*PS Ball* sangat cepat memotong ke permukaan karena karakter bahan baku, kecepatan, kekerasan (7,5 *Mohs*) dan bentuk yang berdampak pada permukaan.

4. Konsumsi rendah.

SSPC SP – 6 / Sa 2 : 18 Kg/m<sup>2</sup>

SSPC SP – 10 / Sa 2,5 : 32 Kg/m<sup>2</sup>

SSPC SP – 5 / Sa 3 : 52 Kg/m<sup>2</sup>

5. Daur ulang.

*PS Ball* dapat digunakan 2 sampai 3 kali.

#### **A. Diversifikasi Aplikasi *PS Ball***

*PS Ball* banyak sekali kegunaannya, antara lain:

1. *Abrasive Blasting Material*

*PS Ball* dapat digunakan sebagai pengganti Terak *Garnet* atau Tembaga dan terkadang dapat digunakan sebagai pengganti untuk *Steel Ball*.

2. *Weight Material*

*PS Ball* lebih berat daripada pasir, oleh karena itu dapat digunakan sebagai bahan pencampuran dalam pertimbangan.

3. *Casting Sand*.

*PS Ball* dapat digunakan sebagai *Casting Sand* untuk pengecoran logam *non-ferrous*, dengan sifat khusus seperti kekerasan, bentuk bulat, ukuran seragam dan efek *permeabel*.

4. Pengolahan Air.

Dengan bentuk yang seragam, *PS Ball* dapat digunakan sebagai media filtrasi untuk daur ulang pengolahan air limbah industri. Telah terbukti memiliki efisiensi lebih tinggi daripada pasir sungai untuk menghilangkan polusi.

5. *Roofing Granules*.

*PS Ball* dapat digunakan secara luas sebagai butiran tahan tinggi untuk menghasilkan atap aspal *herpes zoster*. Hal ini telah dibuktikan bahwa penampilan dan masa manfaat dari herpes zoster diterapkan dengan *PS Ball* lebih baik dari batu hancur.

6. Bahan *non-slip*.

*PS Ball* memiliki koefisien tinggi akan gesekan dan tahan lama untuk *slip*. Dengan penerapannya untuk menutupi jalan, *non-slip* efek dapat dicapai sangat dengan daya tahan abrasi.

7. Penguatan Bahan.

Karena properti khusus koherensi dengan aspal atau beton, dan daya tahan abrasi, *PS Ball* dapat digunakan sebagai Bahan Perbaikan atau Penguatan dengan efisiensi tinggi.

8. *Poly-concrete Material*.

*PS Ball* dapat digunakan sebagai salah satu bahan utama untuk produksi *Poly-concrete* beton. Penggunaan properti semen-ramah, penyerapan air rendah dan kekerasan, baik *Poly-con* produk dapat dibuat dengan penghematan biaya.

9. *Sand-pile Material*.

Untuk pengerasan tanah dari tepi pantai atau tepi sungai, biasanya pasir telah diterapkan untuk memompa air. Penggunaan *PS Ball*, dapat dilakukan dengan efisiensi tinggi karena kekerasan properti *PS Ball* memiliki bentuk seragam.

10. *Road Pavement Material*.

a. Untuk Jalan Beton.

Campuran beton menggunakan *PS Ball* dapat mengurangi biaya semen dan campuran kimia. Selain itu, daya tahan akan sangat meningkat.

b. Untuk Jalan Aspal.

Warna hitam jalan bisa bertahan lebih lama menggunakan *PS ball* dari jalan konvensional, dan daya tahan akan meningkat sangat.

11. *Permeabel Reaktif Material*.

Memfaatkan sifat kekerasan, bentuk seragam dan bola, *PS Ball* dapat digunakan sebagai Bahan Reaktif Permeable dalam limbah ( makanan atau sampah) daerah pembuangan.

### 3. METODOLOGI

#### Pemeriksaan Agregat Halus

Pemeriksaan agregat diperlukan untuk mendapatkan bahan campuran beton yang memenuhi spesifikasi material, dalam hal ini sesuai dengan SNI dan *ASTM*. Selain itu, pengujian material juga untuk menganalisis sifat dan karakteristik beton yang dibuat sesuai dengan kinerja tertentu yang diharapkan baik pada saat beton segar ataupun beton yang telah mengeras. Adapun pemeriksaan agregat yang dilakukan adalah sebagai berikut:

#### Pengujian Kadar Air

Dalam campuran beton kadar air agregat dapat mempengaruhi banyaknya air yang dibutuhkan karena jika agregatnya tidak jenuh air, maka agregat akan menyerap air campuran beton. Sebaliknya air bebas pada permukaan agregat akan menjadi bagian air dari campuran beton.

Karena itu dalam perhitungan, keadaan jenuh kering permukaan *SSD (Saturated Surface Dry)* dipakai sebagai dasar campuran beton. Dengan mengetahui kadar air dari agregat, dapat ditaksir penambahan air dalam suatu adukan. Salah satu cara untuk menentukan kadar air ialah dengan mencari kehilangan berat pada agregat akibat pemanasan. Pada pengujian ini diperoleh kadar air agregat halus adalah 1,75 %.

#### Pengujian Berat Jenis (*specific gravity*) dan *Absorpsi*

Pengujian *specific gravity* dan absorpsi adalah untuk mengetahui perbandingan antara berat kering jenuh permukaan agregat halus *SSD (Saturated Surface Dry)* dengan berat air suling yang volumenya sama dengan volume agregat halus dalam keadaan jenuh

pada temperatur tertentu. Selain itu juga, untuk mengetahui persentase berat air yang dapat diserap pori-pori agregat halus sampai dicapai keadaan jenuh kering permukaan. Jika nilai absorpsinya lebih kecil dari nilai kadar air, ini berarti agregat halus dalam keadaan kelebihan air. Menurut *ASTM C 127 - 84* dan *ASTM C 128 - 84*, nilai *specific gravity* untuk agregat halus harus berada antara 2,4 – 2,9. Hasil pemeriksaan analisis *specific gravity* dan *absorpsi* untuk agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. *Specific Gravity* (Berat Jenis) dan Absorpsi Kondisi SSD.**

sampel	Agregat Halus
A. Berat Piknometer (gr)	348
B. Berat Contoh SSD (gr)	590
C Berat Piknometer + air (gr)	1290
D. Berat piknometer + contoh SSD + air (gr)	1638
E. Berat contoh SSD kering (gr)	565
<i>Apparent S.G</i> { $E/[E-(D-C)]$ }	2,60
<i>Bulk S.G</i> kondisi kering { $E/[B-(D-C)]$ }	2,33
<i>Bulk S.G</i> kondisi SSD { $B/[B-(D-C)]$ }	2,40
Persentase <i>Absorpsi</i> air [(B-E)/E] X 100 %	4,43 %

### **Pengujian Analisis Saringan**

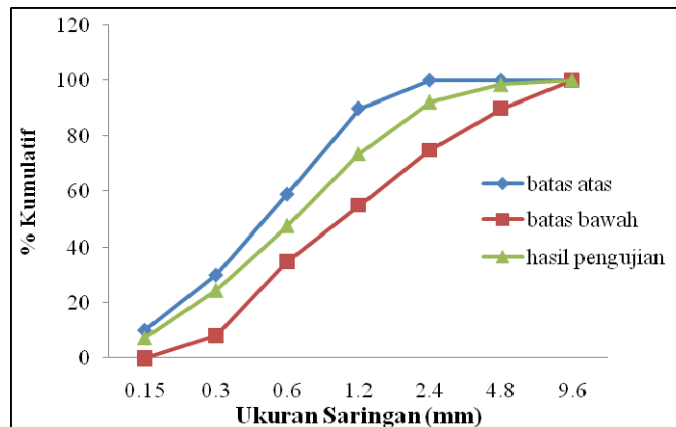
Pengujian gradasi dan modulus kehalusan butir adalah untuk mengetahui susunan besar butir agregat halus dan menghitung nilai modulus halus butir. Tingkat gradasi agregat halus sangat penting karena campuran pasir, semen, dan air berfungsi sebagai pelumas pada campuran beton sehingga menentukan kemudahan pengerjaan (*workability*) dan sifat kohesi dari campuran beton.

Menurut *ASTM C 33* batas nilai modulus kehalusan butir adalah antara 2,3 – 3,1. Jika nilai MHB kurang dari 2,3 berarti agregat tersebut terlalu halus dan harus diperbaiki dengan menambahkan agregat yang lebih kasar. Demikian juga jika nilai MHB lebih dari 3,2 berarti agregat tersebut terlalu kasar dan harus diperbaiki dengan menambahkan agregat yang lebih halus.

Pada pengujian ini diperoleh gradasi agregat halus masuk dalam daerah 2 dengan nilai modulus halus butir 2,5601. Hasil pengujian analisa saringan dan modulus halus butir untuk agregat halus dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 4.

**Tabel 4. Analisis Saringan Agregat Halus.**

Ukuran Saringan	Berat Tertahan	Berat Tertahan	Berat Tertahan Kumulatif	Berat Lolos Kumulatif
	(gr)	(%)	(%)	(%)
No.4 4,76 mm	15,6	1,56	1,56	98,44
No.8 2,40 mm	61,1	6,11	7,67	92,33
No.16 1,20 mm	186,4	18,64	26,31	73,69
No.30 0,60 mm	260	26,00	52,31	47,69
No.50 0,30 mm	231,4	23,14	75,45	24,55
No.100 0,15 mm	172,6	17,26	92,71	7,29
Pan < 0,15 mm	72,9	7,29	-	-
jumlah	1000	100,00	256,01	-



**Gambar 4. Batas Gradasi Agregat Halus dalam Daerah Gradasi 2.**

(Sumber: Grafik 4. SNI SNI 03-2834-2000)

### Pengujian Agregat Kasar

Pengujian agregat diperlukan untuk mendapatkan bahan campuran beton yang memenuhi spesifikasi material, dalam hal ini sesuai dengan SNI dan *ASTM*. Selain itu, pengujian material juga untuk menganalisis sifat dan karakteristik beton yang dibuat sesuai dengan kinerja tertentu yang diharapkan baik pada saat beton segar ataupun beton yang telah mengeras. Adapun pengujian agregat yang dilakukan adalah sebagai berikut:

### Pengujian Kadar Air

Dalam campuran beton kadar air agregat dapat mempengaruhi banyaknya air yang dibutuhkan karena jika agregatnya tidak jenuh air, maka agregat akan menyerap air campuran beton. Sebaliknya air bebas pada permukaan agregat akan menjadi bagian air dari campuran beton. Karena itu dalam perhitungan, keadaan jenuh kering permukaan *SSD (Saturated Surface Dry)* dipakai sebagai dasar campuran beton. Dengan mengetahui kadar air dari agregat, dapat ditaksir penambahan air dalam suatu adukan. Salah satu cara untuk menentukan kadar air ialah dengan mencari kehilangan berat pada agregat akibat pemanasan. Pada pengujian ini diperoleh kadar air agregat kasar adalah 3,63 %.

### Pengujian Berat Jenis (*specific gravity*) dan *Absorpsi*

Pengujian *specific gravity* dan absorpsi adalah untuk mengetahui perbandingan antara berat kering jenuh permukaan agregat kasar *SSD (Saturated Surface Dry)* dengan berat air suling yang volumenya sama dengan volume agregat kasar dalam keadaan jenuh pada temperatur tertentu. Selain itu juga, untuk mengetahui persentase berat air yang dapat diserap pori-pori agregat kasar sampai dicapai keadaan jenuh kering permukaan. Jika nilai absorpsinya lebih kecil dari nilai kadar air, ini berarti agregat kasar dalam keadaan kelebihan air. Menurut *ASTM C 127 - 84* dan *ASTM C 128 - 84*, nilai *specific gravity* untuk agregat kasar harus berada antara 2,4 – 2,9. Hasil pengujian analisis *specific gravity* dan *absorpsi* untuk agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5. *Specific Gravity* (Berat Jenis) dan *Absorpsi* Kondisi *SSD*.**

nama	Agregat Kasar
A. Berat Piknometer (gr)	348
B. Berat Contoh <i>SSD</i> (gr)	600
C Berat Piknometer + air (gr)	1467
D. Berat piknometer + contoh <i>SSD</i> + air (gr)	1815
E. Berat contoh <i>SSD</i> kering (gr)	570
<i>Apparent S.G</i> { $E/[E-(D-C)]$ }	2,56
<i>Bulk S.G</i> kondisi kering { $E/[B-(D-C)]$ }	2,26
<i>Bulk S.G</i> kondisi <i>SSD</i> { $B/[B-(D-C)]$ }	2,38
Persentase <i>Absorpsi</i> air [(B-E)/E] X 100 %	5,26 %

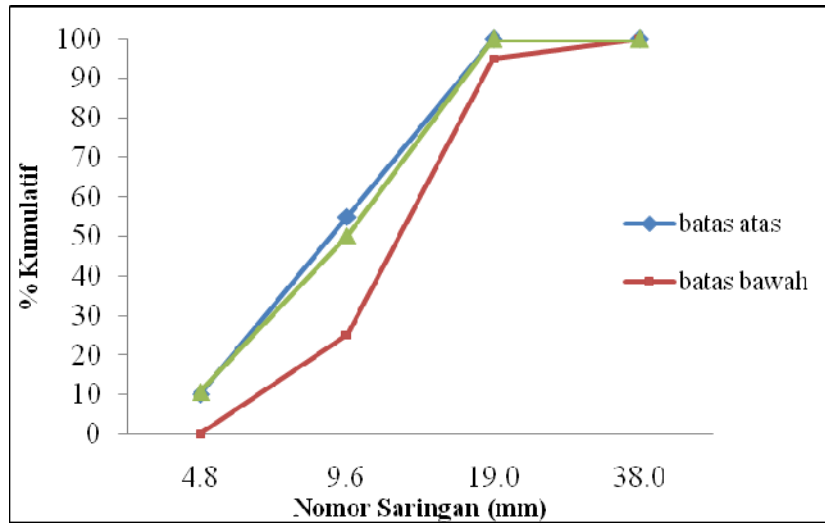
### Pengujian Analisis Saringan

Pengujian gradasi dan modulus kehalusan butir adalah untuk mengetahui susunan besar butir agregat kasar dan menghitung nilai modulus kasar butir. Tingkat gradasi agregat kasar sangat penting karena campuran pasir, kerikil, semen, dan air berfungsi sebagai pelumas pada campuran beton sehingga menentukan kemudahan pengerjaan (*workability*) dan sifat kohesi dari campuran beton.

Pada pengujian ini diperoleh gradasi agregat kasar dengan nilai modulus halus kasar 7,393. Hasil pengujian analisa saringan, dan modulus kasar butir untuk agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 5.

**Tabel 6. Analisis Saringan Agregat kasar.**

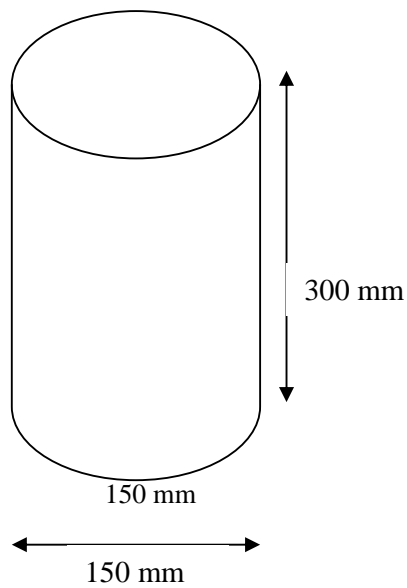
Ukuran Saringan	Berat Tertahan	Berat Tertahan	Berat Tertahan Kumulatif	Berat Lolos Kumulatif
	(gr)	(%)	(%)	(%)
37,5 mm	-	-	-	100
25,4 mm	-	-	-	100
12,7 mm	2000	50	50	50
9,5 mm	1573,67	39,34	89,34	10,66
4,75 mm	426,33	10,66	100	0
2,36 mm	0	0	100	0
1,18 mm	0	0	100	0
0,60 mm	0	0	100	0
0,3 mm	0	0	100	0
0,15 mm	0	0	100	0
PAN	-	-	-	-
Jumlah	4000	100	739,34	



**Gambar 5. Batas Gradasi Agregat Kasar dalam Daerah Gradasi Ukuran 20 mm. (Sumber: Grafik 8. SNI SNI 03-2834-2000)**

### Benda Uji

Benda uji yang digunakan adalah silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm. Gambar silinder dan cetakan benda uji dapat dilihat pada Gambar 6.

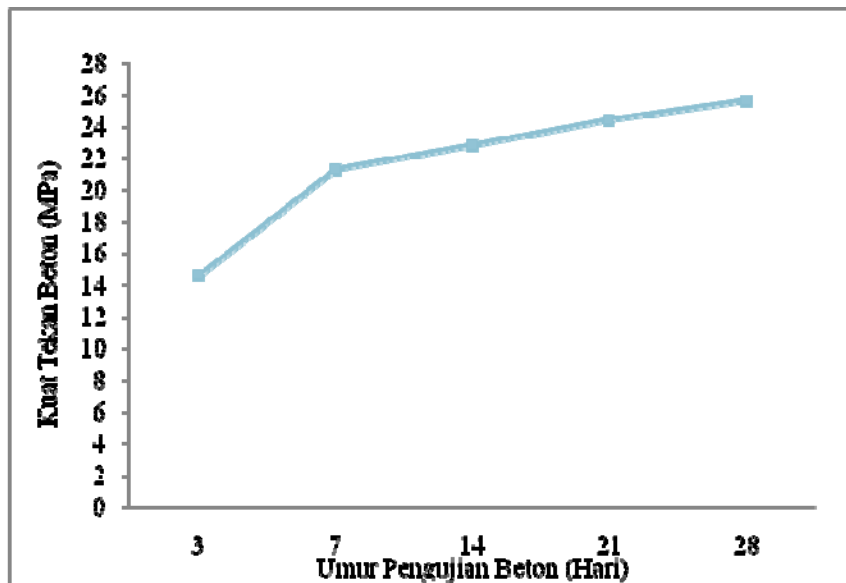


**Gambar 6. Benda Uji Silinder.**



#### 4. ANALISIS

Pengujian benda uji dilakukan pada umur beton 3 hari, 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari untuk beton normal dan beton dengan menggunakan *PS Ball*. Berdasarkan hasil pengujian untuk beton normal didapatkan beton pada umur 28 hari sebesar 25,65 MPa dan sudah memenuhi target yang diinginkan yaitu sebesar 25 MPa, sehingga *mix design* dapat digunakan dalam campuran dengan menggunakan *PS Ball* sebagai bahan pengganti pasir sesuai dengan kadar yang telah ditentukan. Hasil pengujian beton normal dengan benda uji silinder dapat dilihat pada Gambar 7 dan Tabel 7.



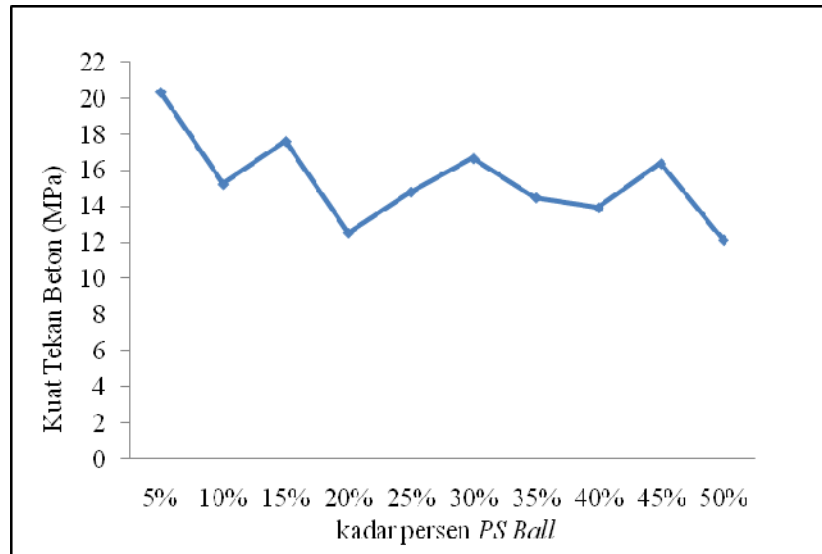
Gambar 7. Pengujian kuat Tekan Beton Normal.

Tabel 7. Kuat Tekan Rencana Beton Normal.

Beton normal kuat tekan rencana 25 MPa	Umur Rencana				
	3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari
25	14,62	21,31	22,82	24,42	25,65

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat peningkatan kuat tekan beton dengan menggunakan *PS Ball* sebagai bahan pengganti pasir. Pada pengujian beton umur 3 hari dapat dilihat peningkatan kuat tekan yang dihasilkan. Peningkatan maksimum kuat tekan yang dihasilkan yaitu pada saat mengganti pasir dengan 5 % *PS*

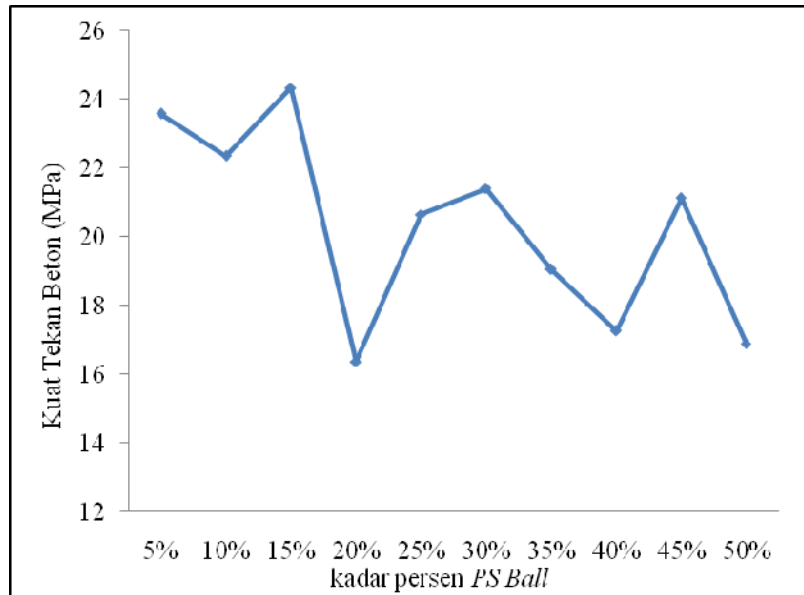
*Ball* ke dalam campuran beton. Kuat tekan yang dihasilkan sebesar 20,37 MPa dan dapat dilihat pada Gambar 8.



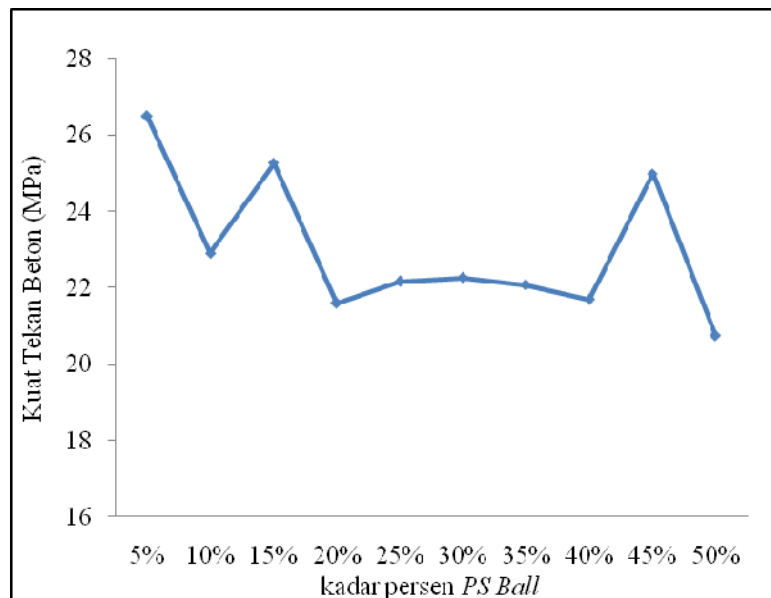
**Gambar 8. Pengujian kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan *PS Ball* Sebagai Pengganti Pasir Pada umur 3 Hari.**

Pada pengujian beton umur 7 hari dapat dilihat peningkatan kuat tekan yang dihasilkan. Peningkatan maksimum kuat tekan yang dihasilkan dapat di lihat pada Gambar 9.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat peningkatan kuat tekan beton dengan menggunakan *PS Ball* sebagai bahan pengganti pasir. Pada pengujian beton umur 14 hari dapat dilihat peningkatan kuat tekan yang dihasilkan. Peningkatan maksimum kuat tekan yang dihasilkan yaitu pada saat mengganti pasir dengan 5 % *PS Ball* ke dalam campuran beton. Kuat tekan yang dihasilkan sebesar 26,50 MPa. Nilai Kuat tekan umur 14 hari dapat di lihat pada Gambar 10.

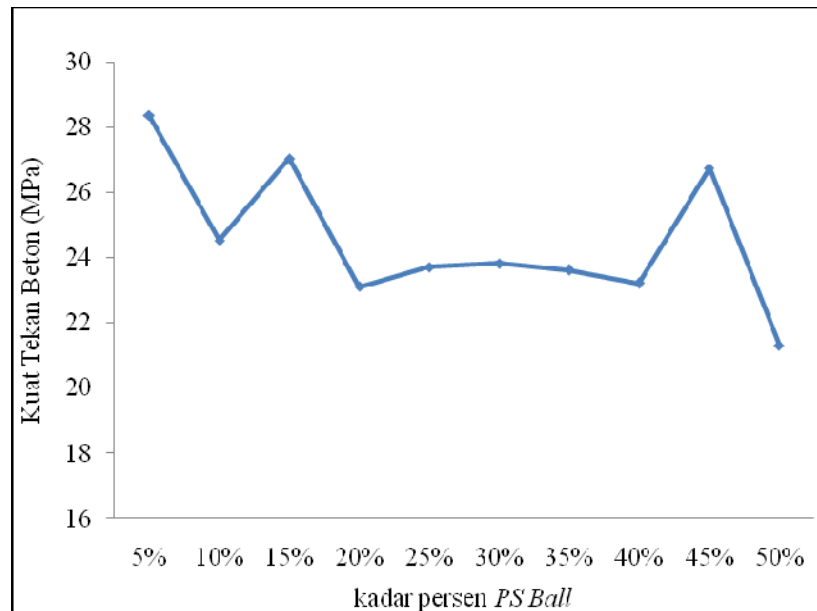


**Gambar 9. Pengujian kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan PS Ball Sebagai Pengganti Pasir Pada umur 7 Hari.**



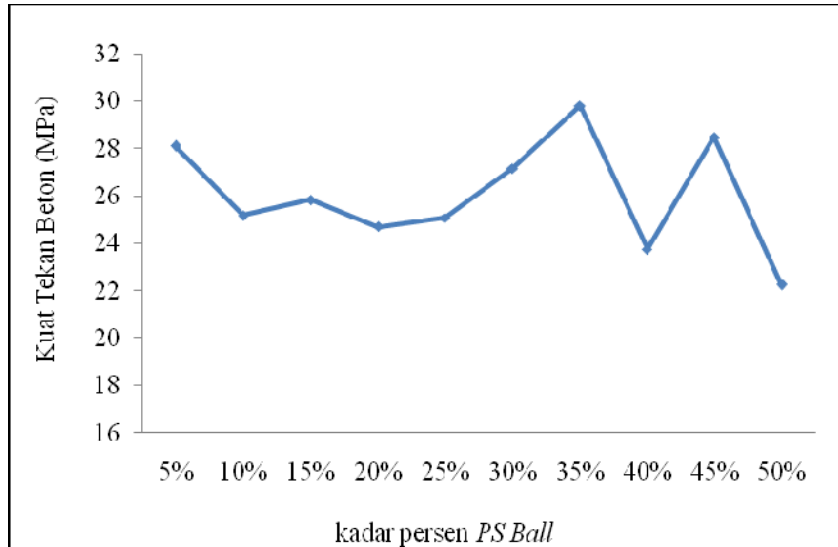
**Gambar 10. Pengujian kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan PS Ball Sebagai Pengganti Pasir Pada umur 14 Hari.**

Peningkatan maksimum kuat tekan yang dihasilkan yaitu pada saat mengganti pasir dengan 5 % PS Ball ke dalam campuran beton. Kuat tekan yang dihasilkan sebesar 28,36 MPa. Dibandingkan dengan kuat tekan beton pada saat umur 14 hari, kuat tekan beton pada umur 21 hari mengalami peningkatan dan dapat dilihat pada Gambar 11.



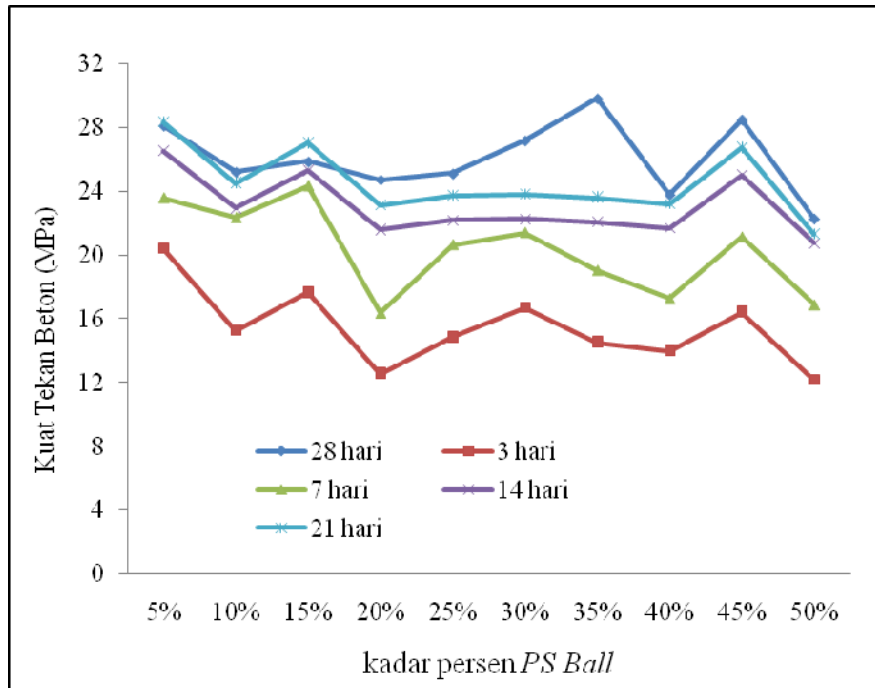
**Gambar 11. Pengujian kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan *PS Ball* Sebagai Pengganti pasir Pada umur 21 Hari.**

Pada pengujian beton umur 28 hari dapat dilihat peningkatan kuat tekan yang dihasilkan. Peningkatan maksimum kuat tekan yang dihasilkan yaitu pada saat mengganti pasir dengan 35 % *PS Ball* ke dalam campuran beton. Kuat tekan yang dihasilkan sebesar 29,80 MPa. Dibandingkan dengan kuat tekan umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 21 hari, pada kuat tekan umur 28 hari mengalami perbedaan. Kuat tekan maksimum bukan pada saat mengganti pasir dengan *PS Ball* dengan kadar 5 % melainkan dengan kadar yang jauh berbeda yaitu pada saat menggunakan *PS Ball* dengan kadar 35 % sebagai pengganti pasir. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 12.



**Gambar 12. Pengujian kuat Tekan Beton Dengan Menggunakan *PS Ball* Sebagai Pengganti Pasir Pada umur 28 Hari.**

Berdasarkan Gambar 13 dapat dilihat peningkatan kuat tekan beton dengan menggunakan *PS Ball* sebagai bahan pengganti pasir, peningkatan maksimum terjadi pada kadar *PS Ball* 35 %. Pada kadar 5 % dan 45 % terjadi peningkatan kuat tekan tetapi tidak sampai melebihi saat kadar 35 %. Pada kadar *PS Ball* 20 % terjadi penurunan kuat tekan yang signifikan. Dengan kadar *PS Ball* 50 % beton sudah mengalami penurunan kuat tekan jauh dibandingkan dengan kadar *PS Ball* yang lainnya. Kuat tekan maksimum pada saat umur 3 hari, 7 hari, 14 hari, dan 21 hari yaitu pada saat mengganti pasir dengan *PS Ball* sebanyak 5 %, sedangkan pada saat umur 28 hari kuat tekan maksimal terjadi pada saat mengganti pasir dengan *PS Ball* sebanyak 35 %.



**Gambar 13. Perbandingan Kuat tekan Beton dengan Menggunakan PS Ball sebagai Bahan Pengganti Pasir.**

Pada Tabel 8 dapat dilihat peningkatan kuat tekan beton pada umur 28 hari beton dengan menggunakan PS Ball sebagai pengganti pasir.

**Tabel 8. Peningkatan Kuat Tekan Beton Sesuai Umur Beton (MPa).**

umur beton (hari)	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %	35 %	40 %	45 %	50 %
3	20,37	15,28	17,64	12,56	14,85	16,69	14,52	13,96	16,41	12,17
7	23,58	22,35	24,33	16,37	20,65	21,41	19,05	17,26	21,13	16,88
14	26,50	22,92	25,28	21,60	22,16	22,26	22,07	21,69	24,99	20,75
21	28,36	24,52	27,05	23,11	23,72	23,82	23,61	23,21	26,74	21,31
28	28,11	25,18	25,84	24,71	25,09	27,16	29,80	23,77	28,48	22,26

Pada Tabel 9 dapat terlihat peningkatan kuat tekan beton umur 28 hari dibandingkan dengan beton normal yang didesain. Dan dapat terlihat bahwa peningkatan

kuat tekan beton optimum tercapai pada saat pasir digantikan dengan *PS Ball* sebanyak 35 % . Peningkatan yang terjadi sebanyak 1,16 kali dari kuat tekan beton normal yang diuji.

**Tabel 9. Perbandingan Kuat Tekan Dengan Beton Normal.**

No	Keterangan	Kuat Tekan (MPa)	Perbandingan kuat tekan dengan beton normal
1	beton normal	25,65	-
2	5 %	28,11	1,10
3	10 %	25,18	0,98
4	15 %	25,84	1,01
5	20 %	24,71	0,96
6	25 %	25,09	0,98
7	30 %	27,16	1,06
8	35 %	29,80	1,16
9	40 %	23,77	0,93
10	45 %	28,48	1,11
11	50 %	22,26	0,87

## 5. SIMPULAN

Simpulan yang dapat diambil dari dalam penelitian ini yaitu Penggunaan *PS Ball* dapat digunakan dalam campuran beton sebagai pengganti pasir dalam campuran beton. Hasil pengujian beton dengan menggunakan *PS Ball* sebagai bahan pengganti pasir dalam campuran beton didapatkan nilai kuat tekan maksimum beton dengan mengganti pasir dengan *PS Ball* sebanyak 35 % *PS Ball* dan kuat tekan minimum beton pada kadar 50 % *PS Ball*. Hasil penelitian dengan menggunakan *PS Ball* sebagai bahan pengganti pasir pada campuran beton, didapatkan peningkatan sebesar 1,16 kali dari kuat tekan beton normal yang telah diuji pada kadar 35 %.

## DAFTAR PUSTAKA

1. *ACI 318-02, "Building Codes Requirement for Structural Concrete and Commentary", ACI Committee, 2002.*
2. *Annual book of ASTM Standart, Destignation C 22, "Test Method for Bulk Density (Unit Weight)".*

3. *Annual book of ASTM Standart, Destignation C 33 / 33 M, "Standart Specification for Concrete Aggregate"*.
4. *Annual Book of ASTM Standart, Destignation C 39a – 93, "Standart Specification for Concrete Agregat"*.
5. *Annual book of ASTM Standart, Destignation C 40, "Test Method for Organic Impurities In Fine Aggregates for Concrete"*.
6. *Annual Book of ASTM Standart, Destignation C 78 – 94, "Standart Practice for Making and Curing Concrete Test Specimen in Laboratory"*.
7. *Annual book of ASTM Standart, Destignation C 136, "Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates"*.
8. *Annual book of ASTM Standart, Destignation C 143, "Standart Test Method For Slump of Hydraulic Cement Concrete"*.
9. *Annual book of ASTM Standart, Destignation C 873, "Standart Test Method For Compressive Strength of Concrete Cylinders Cast In Place In Cylindrical Molds"*.
10. *Annual book of ASTM Standart, Destignation C 989, "Spec for Slag Cement For Use In Concrete and Mortars"*.
11. *ASTM A 706 M – 93a, "Standard Specification for Low-Alloy Steel Deformed Bars for Concrete Reinforcement", Annual Book of ASTM Standards, Volume 01.04, pp. 353-357.*
12. Aulia Hamzah, "Sifat Fisik dan Mekanik Beton Mutu Tinggi dengan Campuran Copper slag", Tugas Akhir S - 1, FTSP, ITS, 1999.
13. Idris dan Rifai, "Buku Beton", 2002.
14. <http://purnabajaharsco.blogspot.com>, diunduh September 2013
15. SNI 03– 2834 – 2000, "Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal", 2000.
16. SNI 03 – 2847 – 2002, "Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung", 2002.