

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PENAMBAHAN
ABU SEKAM PADI NANO DAN BAHAN TAMBAH *SUPERPLASTICIZER*
TERHADAP KUAT TEKAN BETON**

Putri Ardiyati, Mira Budi Octaviani, Purwanto, Parang Sabdono

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang, Semarang 50239,
Telp.: (024) 7474770, Fax.: (024) 7460060

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki pengaruh penggunaan material abu sekam padi nano dan bahan tambah *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton. Abu sekam padi nano digunakan sebagai bahan pengganti semen. Pembuatan abu sekam padi nano menggunakan alat *Planetary Ball Milling* dengan lama penggilingan selama 1 jam. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan nano material abu sekam padi dan bahan tambah *superplasticizer* digunakan variasi prosentasi material nano abu sekam padi antara lain 5%, 10%, dan 15% dengan atau tanpa bahan tambah *superplasticizer*.

Pengujian dilakukan pada umur benda uji 28 hari dengan pembebanan uniaksial (satu arah). Hasil pada penelitian ini menunjukkan beton normal tanpa mensubstitusi dengan abu sekam padi nano dan tanpa *superplasticizer* memiliki kuat tekan yang tertinggi. Beton dengan abu sekam padi mengalami penurunan kuat tekan dibandingkan beton normal dikarenakan abu sekam padi menyerap air dan menambah panjang proses hidrasi semen pada campuran beton. Walaupun terjadi penurunan tersebut, melalui penelitian ini diharapkan teknologi nano dapat lebih dikembangkan pada bidang ilmu teknik sipil.

Kata Kunci : Kuat Tekan Beton, Teknologi Nano, Abu Sekam Padi, *Superplasticizer*, *Planetary Ball Milling*.

ABSTRACT

This research aimed to investigate effect of using nano materials rice husk ash and superplasticizer admixture to concrete compressive strength. Nano rice husk ash used as substitute of pozzolan portland cement. Production of nano rice husk ash use Planetary Ball Milling with duration of milling for 1 hour. To determine effect of using nano materials rice husk ash dan superplasticizer admixture used variation percentage of materials nano rice husk ash such ash 5%, 10%, and 15% with or without superplasticizer admixture.

Tests were conducted at 28 days with uniaxial loading (one-way). Result of this research indicate normal concrete without substitution of nano rice husk ash and without superplasticizer have highest of concrete compressive strength. Concrete with rice husk ash decreased in compressive strength because of rice husk ash absorb much water and increase the length of hydration process of cement in concrete mix. Although there is a decrease through this research is expected, nano techonology in civil engineering can more developed.

Keywords: *Concrete Compressive Strength, Nano Technology, Rice Husk Ash, Superplasticizer, Planetary ball Milling.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Teknologi nano adalah pembuatan dan penggunaan materi pada ukuran sangat kecil. Materi ini berada pada kisaran ukuran 1 hingga 100 nanometer ($1\text{nm} = 1 \times 10^{-9}\text{ m}$). Dengan teknologi nano tersebut dapat dilakukan optimasi untuk mendapatkan susunan material pada suatu volume beton tertentu yang ultra padat atau disebut sebagai *packing density*. Kepadatan tersebut dapat diperoleh karena ruang – ruang kosong yang ada diantara partikel – partikel yang berukuran relatif besar seperti partikel semen dapat diisi material halus berukuran nanometer seperti nano abu sekam padi.

Abu sekam padi merupakan bahan substitusi semen yang lebih unggul dibandingkan dengan bahan substitusi semen hasil ikutan industri dan pertanian yang lainnya seperti *slag* dan *fly ash* (Bakri,2008). Potensi pengembangan abu sekam padi pada bidang teknik sipil didasarkan pada aktivitas pozzolanic yang sangat tinggi dari abu sekam padi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi semen atau bahan tambahan semen (Bakri,2008).

Superplasticizer merupakan bahan tambah pada beton yang dapat meningkatkan workabilitas pada beton. Penggunaan *superplasticizer* pada campuran beton nano abu sekam padi digunakan karena abu sekam padi memiliki porositas yang sangat tinggi yaitu sekitar 79% sehingga menyebabkan sekam padi dapat menyerap air dalam jumlah banyak (Kaboosi,2007). Dengan penambahan *superplasticizer*, pengerjaan pembuatan beton nano abu sekam padi jadi lebih mudah walaupun kandungan air pada campuran beton nano abu sekam padi telah diserap abu sekam padi tersebut. Selain itu, dengan penambahan *superplasticizer* pada beton nano akan meningkatkan pada workabilitas pada beton nano tanpa mempengaruhi kekuatan pada beton nano tersebut. Sehingga pemanfaatan beton dengan material nano dalam dunia teknik sipil akan lebih meluas.

Tujuan Penelitian

1. Mengkaji prosentase komposisi nano abu sekam padi untuk beton yang menghasilkan mutu paling tinggi
2. Membandingkan pengaruh komposisi nano abu sekam padi pada beton dengan atau tanpa tambahan *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton.
3. Membandingkan pengaruh nano abu sekam padi pada beton dengan atau tanpa tambahan *superplasticizer* terhadap workabilitas beton.

Batasan Penelitian

1. Material penyusun yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :
 - Abu sekam padi yang dikonversi menjadi ukuran nano dengan alat *Planetary Ball Milling* (PBM)
 - Agregat halus berupa pasir dari Muntilan
 - Semen portland yang digunakan merupakan jenis semen portland tipe I (PPC)
 - Campuran beton yang digunakan menggunakan mix design dengan $f'c$ 35 MPa.
2. Benda uji kuat tekan yang digunakan adalah beton silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.

3. Mix design yang digunakan pada campuran beton nano abu sekam padi menggunakan metode *mix design* DOE (*Department Of Environment*).
4. Pengujian kuat tekan dilakukan pada beton usia 28 hari, dimana setiap sampel akan ditambahkan komposisi nano abu sekam padi yang berbeda yaitu 5%, 10%, 15% dari jumlah semen yang digunakan, dengan atau tanpa tambahan *superplasticizer* dan setiap komposisi tersebut akan dibuat 3 sampel.

Metode Penelitian

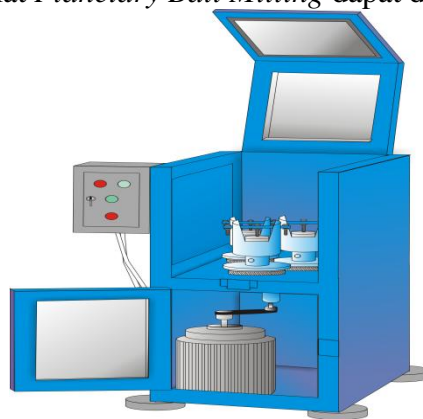
Metode penelitian ini antara lain :

1. Tahap Persiapan Penelitian dan Pengujian Material

Tahapan ini berupa studi literatur yang berkaitan dengan penelitian serta pengujian pada material yang digunakan. Pengujian material tersebut dilakukan untuk mengetahui apakah material yang digunakan sesuai dengan standar untuk pembuatan beton sesuai dengan peraturan yang berlaku. Selain itu, data hasil pengujian material nantinya digunakan untuk membuat *mix design*.

2. Tahapan Pengubahan Ukuran Material Abu Sekam Padi dari Mikro ke Nano

Penelitian ini menggunakan material abu sekam padi nano sebagai bahan substitusi semen. Pengubahan material abu sekam padi dari ukuran mikro menjadi ukuran nano menggunakan alat *Planetary Ball Milling* (PBM). Prinsip kerja dari alat tersebut memanfaatkan energi tumbukan dari bola – bola baja yang dimasukkan ke suatu wadah dan nantinya wadah tersebut diputar dengan kecepatan tinggi oleh mesin *Planetary Ball Milling* tersebut sehingga tercipta mekanisme penggerusan abu sekam padi yang berada di dalam wadah tersebut oleh bola- bola baja. Proses penggerusan dilakukan terus menerus selama 1 jam. Alat *Planetary Ball Milling* dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1. *Planetary Ball Milling*

3. Pembuatan Benda Uji

Benda uji berupa dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm. Benda uji tersebut terdiri dari 8 komposisi yang berbeda dengan setiap komposisi dibuat 3 sampel. Komposisi campuran beton antara lain sebagai berikut :

- a. Komposisi benda uji 1 = BN = Beton normal (1 PC : 1,91 Agregat Halus : 1,99 Agregat Kasar)
- b. Komposisi benda uji 2 = BNSP = Beton normal + *Superplasticizer* (0,25% berat semen)

- c. Komposisi benda uji 3 = BNaASP 5% = (0,95 PC + 0,05 nano abu sekam padi) : 1,91 Agregat Halus : 1,99 Agregat Kasar
- d. Komposisi benda uji 4 = BNaASP 10% = (0,90 PC + 0,10 nano abu sekam padi) : 1,91 Agregat Halus : 1,99 Agregat Kasar
- e. Komposisi benda uji 5 = BNaASP 15% = (0,85 PC + 0,15 nano abu sekam padi) : 1,91 Agregat Halus : 1,99 Agregat Kasar
- f. Komposisi benda uji 6 = BSPNaASP 5% = (0,95 PC + 0,05 nano abu sekam padi) : 1,91 Agregat Halus : 1,99 Agregat Kasar + *Superplasticizer* (0,25% berat semen)
- g. Komposisi benda uji 7 = BSPNaASP 10% = (0,90 PC + 0,10 nano abu sekam padi) : 1,91 Agregat Halus : 1,99 Agregat Kasar + *Superplasticizer* (0,25% berat semen)
- h. Komposisi benda uji 8 = BSPNaASP 15% = (0,85 PC + 0,15 nano abu sekam padi) : 1,91 Agregat Halus : 1,99 Agregat Kasar + *Superplasticizer* (0,25% berat semen)

Dari komposisi campuran tersebut lalu dibuat benda uji dengan tahapan sebagai berikut :

- a. Menimbang berat tiap bahan yang dibutuhkan sesuai dengan mix design yang telah dibuat. Bahan – bahan tersebut mencakup air, semen, agregat halus, agregat kasar, abu sekam padi nano dan *superplasticizer*.
- b. Melindungi atau menutup bahan – bahan yang telah ditimbang tersebut dengan karung. Tujuannya adalah bahan – bahan tersebut tidak terpengaruh kondisi sekitar tempat pengujian misalnya penguapan.
- c. Memastikan semua peralatan, baik untuk pengadukan maupun cetakan, telah bersih dari kotoran dan debu.
- d. Mengolesi permukaan cetakan bagian dalam dengan minyak pelumas agar beton tidak menempel pada cetakan sehingga memudahkan pengeluaran benda uji dari cetakan.
- e. Membasahi peralatan yang digunakan untuk mengaduk campuran beton, diantaranya loyang, besi pengaduk, pisau pengaduk, kerucut *Abrams* dan alas papan. Hal ini ditujukan agar air dalam campuran beton tidak berkurang akibat terserap oleh peralatan yang kering.
- f. Mencampur bahan – bahan kering yang telah disiapkan secara merata. Proses pencampuran pada penelitian ini menggunakan cara manual karena setiap komposisi tidak memungkinkan untuk menggunakan *mixer*.
- g. Memasukkan air sedikit demi sedikit sampai campuran menjadi homogen.
- h. Sebelum menuangkan campuran beton ke dalam cetakan, dilakukan uji slump terlebih dulu. Uji *Slump Test* dilakukan untuk 8 jenis komposisi yang berbeda.
- i. Benda uji yang telah dicetak disimpan dalam ruang lembab selama 24 jam.
- j. Setelah 24 jam, benda uji dalam cetakan tersebut dikeluarkan dan diberikan label sesuai dengan komposisinya.
- k. Setelah benda uji dikeluarkan dari cetakan, benda uji tersebut direndam ke dalam air sampai benda uji berumur 28 hari.

4. Tahap Pengujian

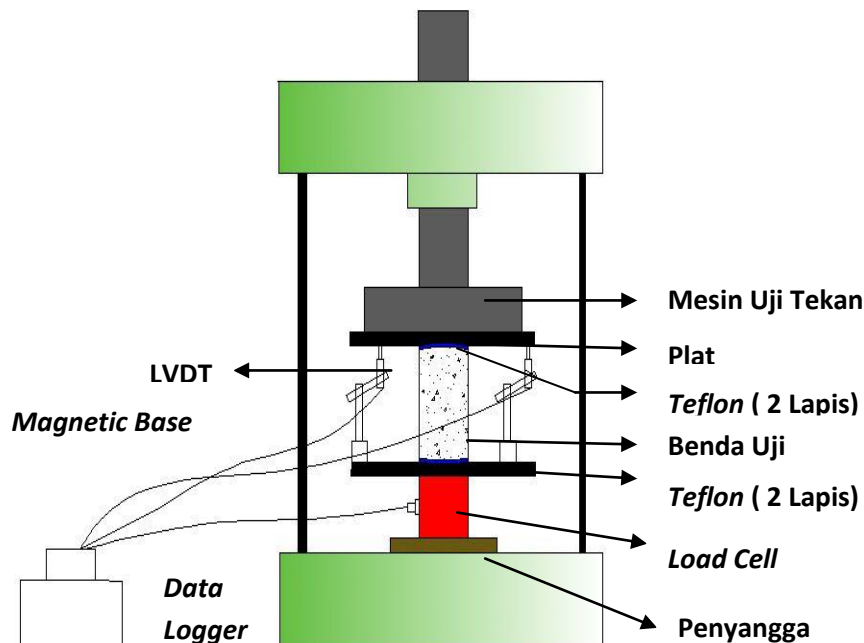
Tahap pengujian dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 sebagai berikut :

a. Analisa Ukuran Partikel

Analisa ukuran partikel abu sekam padi diidentifikasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffractometer*). Abu sekam padi yang terlebih dahulu digiling menggunakan alat PBM, selanjutnya diambil sampelnya untuk diuji seberapa besar ukuran dari abu sekam padi tersebut. Hasil dari pengujian alat XRD tersebut berupa grafik, dimana grafik tersebut akan memiliki beberapa puncak. Puncak grafik tersebut, selanjutnya dianalisa menggunakan persamaan Scherer. Dari analisa persamaan Scherer menghasilkan rata- rata ukuran bulir kristal abu sekam padi tersebut.

b. Uji Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur pengerasan beton 28 hari. Pengujian benda uji menggunakan *Universal Testing Machine* dengan *set-up* pengujian yaitu, memasang *load cell* pada alat, meletakkan pelat pada bagian atas *load cell*, meletakkan *teflon* diatas pelat, meletakkan benda uji diatas *teflon*, meletakkan *teflon* kembali diatas benda uji, meletakkan plat diatas *teflon* yang bertujuan untuk meratakan beban yang diberikan *Universal Testing Machine* serta agar diperoleh keakurasian angka hasil kuat tekan yang didapat tanpa pengaruh ikatan maupun kekuatan kaping seperti penggunaan belerang dan topi baja. *Teflon* yang digunakan sebanyak 2 lapis baik diatas maupun dibawah pelat. Antara lapisan *teflon* di lapisi oli terlebih dahulu sebelum diletakkan pada benda uji. Kemudian dilakukan pemasangan LVDT (*Linear Variable Displacement Transducer*) dan *data logger*. Pembebanan diberikan dengan cara menekan benda uji secara bertahap hingga mencapai beban maksimum yang dapat ditahan benda uji. Pembacaan beban dan deformasi pada benda uji dilakukan dengan menggunakan *data logger*. *Set up* pengujian dapat dilihat pada gambar 2.

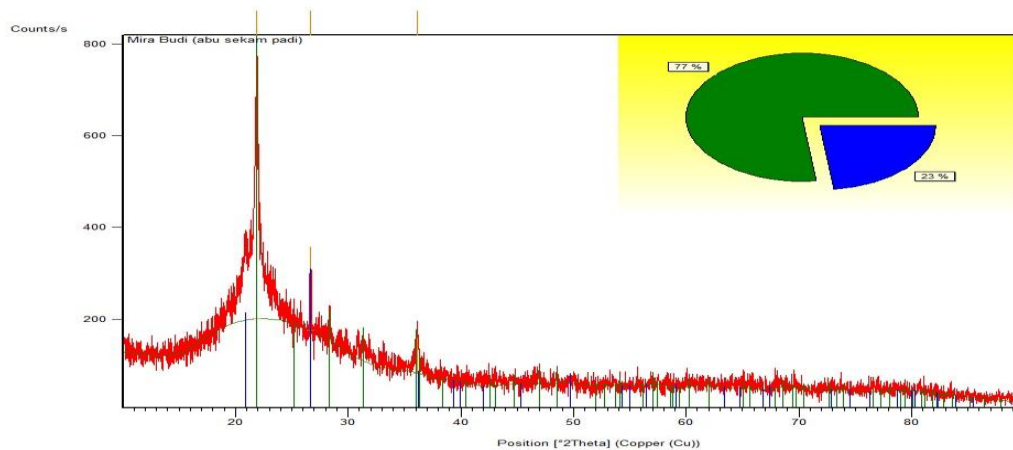


Gambar 2. *Set-Up* Pengujian

Hasil dan Analisa Data

Analisa Bulir Kristal Semen dengan Alat XRD

Analisa ukuran kristal dilakukan untuk mengetahui berapakah ukuran nano dari abu sekam padi yang telah dihancurkan dengan alat PBM (*Planetary Ball Milling*). Analisa ukuran butiran dari abu sekam padi dilakukan dengan alat XRD (*X-Ray Diffractometer*). Hasil pengujian dari analisa ukuran butiran disajikan dalam bentuk grafik, dari grafik tersebut terdapat puncak – puncak yang nantinya dianalisa dengan persamaan Scherrer. Rerata ukuran bulir kristal abu sekam padi yang didapatkan adalah 57,2856 nm (nanometer). Syarat dari suatu material dapat dikatakan material nano adalah apabila material tersebut memiliki ukuran berkisar antara 0 – 100 nm, sehingga abu sekam padi yang digunakan pada penelitian ini dapat dikategorikan sebagai material nano. Grafik hasil analisa ukuran butiran tersebut dapat dilihat pada grafik 1.



Grafik.1. Grafik Analisa Ukuran Butiran

Kuat Tekan Beton

Dari hasil pengujian didapatkan besar beban tekan yang dapat ditahan oleh masing-masing benda uji, selanjutnya dari beban maksimal yang terjadi dapat dihitung besar kuat tekan masing-masing benda uji yaitu dengan membagi beban maksimal dengan besar luas permukaan benda uji yang tertekan (7853.8 mm^2).

Dalam setiap komposisi benda uji terdapat 3 buah sampel silinder beton berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm untuk pengujian kuat tekan beton. Data hasil pengujian kuat tekan beton seperti tabel 1.

Tabel 1. Hasil Kuat Tekan Beton pada Umur 28 Hari

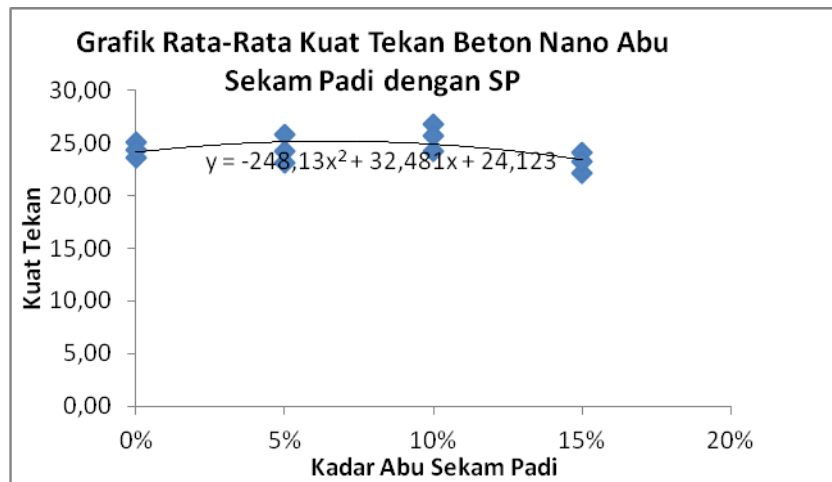
No	Benda Uji	1		2		3		Kuat Tekan Rata-rata(MPa)
		Berat (g)	Kuat Tekan (MPa)	Berat (g)	Kuat Tekan (MPa)	Berat (g)	Kuat Tekan (MPa)	
1	BN	3790	24,43	3760	29,48	3760	27,00	26,97
2	BNaASP 5%	3730	20,98	3760	25,08	3660	24,61	23,56
3	BNaKASP 10%	3670	21,62	3640	23,70	3650	22,38	22,57
4	BNaKASP 15%	3620	22,35	3630	20,64	3650	19,14	20,73
5	BNSP	3740	25,15	3750	23,59	3720	24,36	24,38
6	BSPNaASP 5%	3770	23,13	3660	24,20	3680	25,87	24,40
7	BSPNaASP 10%	3630	24,29	3690	26,81	3680	25,75	25,61
8	BSPNaASP 15%	3700	22,14	3700	24,08	3650	23,29	23, 71

Analisa Hasil Pengujian

1. Perbandingan pengaruh komposisi abu sekam padi nano dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan beton

Hasil kuat tekan yang diperoleh pada pengujian di atas dapat dibandingkan untuk mengetahui pengaruh dari masing-masing komposisi nano abu sekam padi dan *superplasticizer* terhadap kuat tekan. Benda uji dengan nilai kuat tekan tertinggi adalah beton normal. Namun pada benda uji dengan campuran nano abu sekam padi dan

superplasticizer mengalami peningkatan kuat tekan jika dibandingkan terhadap komposisi benda uji dengan campuran *superplasticizer* tanpa nano abu sekam padi. Pada komposisi 5% dan 10%, benda uji mengalami peningkatan kuat tekan beton, namun pada komposisi 15% nano abu sekam padi, benda uji mengalami penurunan kuat tekan. Hal ini menunjukkan bahwa pada eksperimen ini didapat kadar optimum nano abu sekam padi adalah pada 10% . Grafik 2 menunjukkan rata – rata kuat tekan beton abu sekam padi nano dengan *superplasticizer*.



Grafik 2. Rata – Rata Kuat Tekan Beton Abu Sekam Padi Nano dengan SP

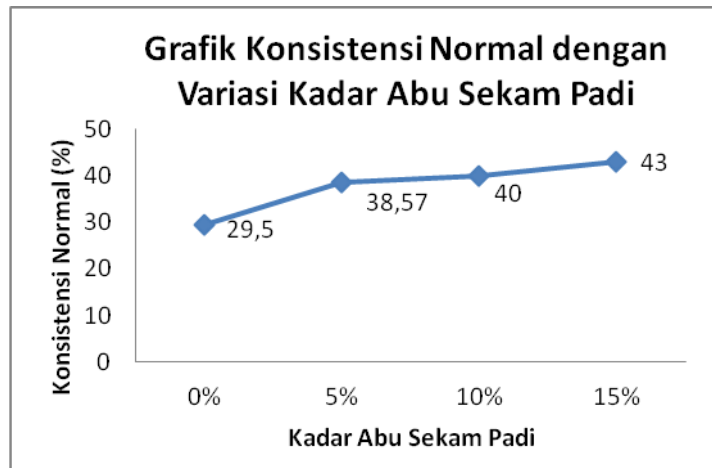
Dari grafik rata-rata benda uji dengan menggunakan *superplasticizer*, dapat diketahui kadar optimum abu sekam padi untuk mendapatkan kuat tekan optimum. Nilai kadar abu sekam padi optimum yang didapat dari turunan fungsi $y = -248,1 x^2 + 32,48 x + 24,12$ adalah diangka 6,54%.

Analisa hasil lain yang didapat dari diagram tersebut adalah benda uji dengan komposisi 10% nano abu sekam padi dengan *superplasticizer* masih memiliki kuat tekan dibawah benda uji tanpa campuran nano abu sekam padi ataupun *superplasticizer*. Penurunan kuat tekan yang terjadi sebesar 5,04%. Namun, nano abu sekam padi ini memiliki kontribusi dalam hal ekonomi dimana dapat mereduksi 10% dari jumlah semen yang digunakan dalam pembuatan beton dengan hanya mempengaruhi penurunan kuat tekan relatif kecil, yaitu 5,04%.

Adapun penurunan nilai kuat tekan beton ini disebabkan oleh beberapa hal sebagai berikut:

- a. Sekam padi yang memiliki nilai absorpsi air tinggi

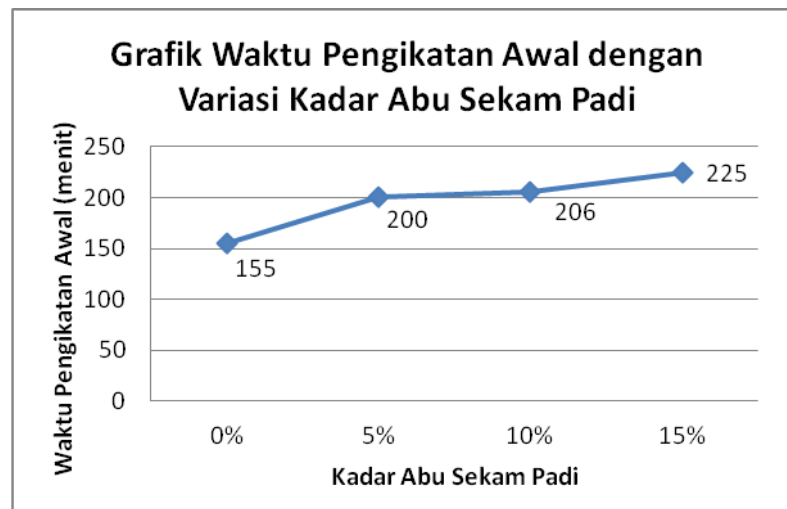
Porositas sekam padi yang sangat tinggi yaitu sekitar 79% menyebabkan sekam padi dapat menyerap air dalam jumlah yang banyak (Kaboosi, 2007). Masalah yang mungkin terjadi dalam pemanfaatan sekam padi untuk pembuatan beton yaitu besarnya nilai absorpsi air yang terjadi. Hal ini dapat menyebabkan beton menjadi keropos sehingga menurunkan kuat tekannya. Nilai absorpsi abu sekam padi yang tinggi dapat terlihat saat dilakukan uji konsistensi normal. Adapun grafik dari nilai konsistensi normal dari variasi kadar abu sekam padi adalah :



Grafik 3. Grafik Konsistensi Normal dengan Variasi Kadar Abu Sekam Padi

b. Reaksi senyawa abu sekam padi terhadap senyawa semen

Senyawa - senyawa yang terdapat pada semen adalah C_3S , C_2S , C_3A dan C_4AF , dimana senyawa yang membentuk kekuatan awal pada semen adalah senyawa C_3S yang dibantu oleh panas hidrasi dari senyawa C_3A . Hasil reaksi akan bereaksi kembali dengan unsur-unsur utama yang terdapat pada abu sekam padi yaitu silica dan alumina dengan demikian maka rantai reaksi hidrasi akan semakin panjang yang pada akhirnya memperlama waktu pengerasan beton. Hal ini dapat terlihat dari hasil uji waktu ikat awal semen dengan berbagai variasi campuran abu sekam padi pada grafik 4.



Gambar 4. Grafik Waktu Pengikatan Awal dengan Variasi Kadar Abu Sekam Padi

c. Proses pemadatan

Proses pemadatan yang tidak sempurna mengakibatkan adanya volume udara yang terkandung dalam beton. Semakin banyak volume udara dalam beton maka cenderung menurunkan kuat tekan beton yang disebabkan adanya pori-pori udara yang tidak terisi.

2.

Keleccakan/ Workabilitas

Pengukuran keleccakan adukan beton dilakukan dengan menggunakan *slump test*. Adanya abu sekam padi pada campuran beton memberikan pengaruh pada nilai *slump*-nya. Pada tabel 2 dapat dilihat nilai *slump* adukan beton dari masing-masing komposisi campuran.

Tabel 2. Nilai *Slump* Adukan Beton

No	Benda Uji	Nilai Slump (cm)
1	BN	6
2	BNaASP 5%	2
3	BNaKASP 10%	2
4	BNaKASP 15%	2
5	BNSP	19
6	BSPNaASP 5%	18
7	BSPNaASP 10%	18
8	BSPNaASP 15%	18

3. Pola Retak

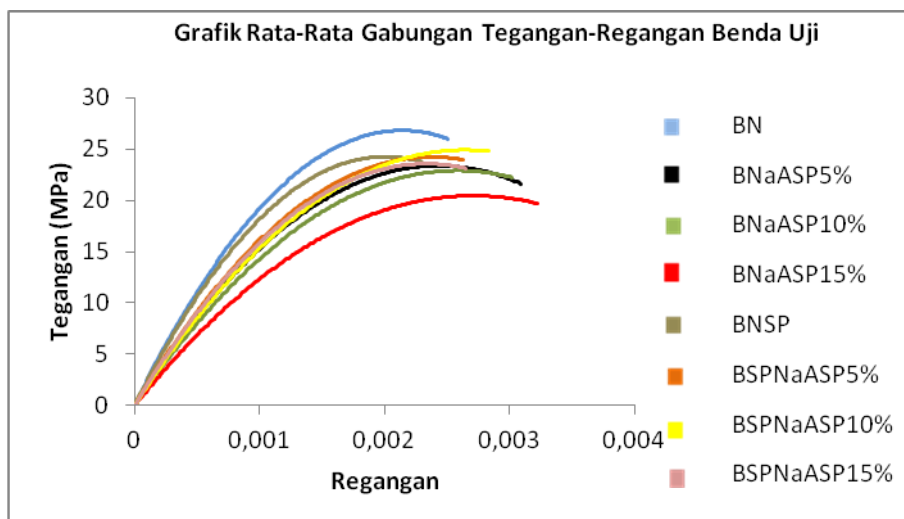
Dari hasil pengujian kuat tekan diperoleh pola retak untuk semua benda uji, dimana pola retak yang terjadi pada seluruh benda uji adalah pola retak columnar. Gambar pola retak columnar untuk keseluruhan benda uji dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Pola Retak Benda Uji

4. Hubungan Tegangan Regangan

Penelitian untuk mengetahui hubungan tegangan regangan beton dengan berbagai variasi komposisi dilakukan dengan cara memberikan beban secara bertahap dan dilengkapi perangkat LVDT untuk mengetahui besar lendutan beton. Dari hasil pengujian diperoleh harga tegangan dan regangan beton seperti yang terlihat pada gambar grafik 5



Gambar 5. Grafik Rata-Rata Gabungan Tegangan & Regangan

5.

Energi

Energi merupakan gaya dikalikan perpindahan. Dari data *load* dan *displacement* hasil pengujian dapat dicari energi yang diperlukan oleh benda uji untuk menahan tekanan akibat dilakukannya pengujian tekan pada benda uji tersebut. Dengan adanya grafik *load* dan *displacement* dapat diketahui energi dari masing – masing benda uji karena energi merupakan gaya dikalikan dengan perpindahan, dengan kata lain energi merupakan luas grafik *load* vs *displacement* dari 0 hingga ke *P Ultimate*. Hasil energi dari masing – masing benda uji dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini,

Tabel 3. Nilai Energi Benda Uji

NO	KODE BENDA UJI	ENERGI (Joule)
1	BK	58,81
2	BKASP 5%	60,26
3	BKASP 10%	63,89
4	BKASP 15%	59,7
5	BKSP	49,33
6	BKSPASP 5%	61,91
7	BKSPASP 10%	77,29
8	BKSPASP 15%	57,74

Kesimpulan

1. Kuat tekan terbesar dihasilkan oleh beton normal atau tanpa penambahan nano abu sekam ataupun *superplasticizer*.
2. Kadar abu sekam padi nano optimum adalah pada persentase 6,54% dengan *superplasticizer*
3. Beton nano abu sekam padi dengan atau tanpa *superplasticizer* menghasilkan kuat tekan yang lebih kecil dibandingkan dengan beton normal pada umur 28 hari.
4. Beton dengan komposisi 10% nano abu sekam padi (sebagai pengganti semen 10%) dan tambahan *superplasticizer* menghasilkan kuat tekan terbesar dibandingkan dengan beton nano abu sekam padi dengan atau tanpa *superplasticizer* tetapi nilai kuat tekan beton tersebut masih tidak dapat melampaui kuat tekan beton normal.
5. Campuran beton dengan tambahan *superplasticizer* memiliki nilai *slump* yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran beton tanpa *superplasticizer* sehingga dapat dikatakan dengan kehadiran *superplasticizer* menghasilkan campuran beton dengan workabilitas yang lebih baik
6. Komposisi beton dengan cara mereduksi semen 10% dan menggantikannya dengan nano abu sekam padi 10% dan tambahan *superplasticizer* dapat digunakan sebagai alternatif komposisi pembuatan beton. Walaupun hasil kuat tekan beton tersebut menurun 5,04% dari kuat tekan beton normal, tetapi komposisi tersebut dapat mereduksi semen sebesar 10%

Daftar Pustaka

- Bakri. (2008). *Chemical and Physical Component of Rice Husk Ash as SCM for Cement Composite Manufacture*. Jurnal Perennial. 5 (1). 9-14.
- Kaboosi, K. (2007). *The Feasibility of Rice Husk Application as an Envelope Material in Subsurface Drainage System*. Islamic Azad University, Science and Research Branch. Tehran, Iran.
- Lakum, Khairul C. (2009). Pemanfaatan abu sekam padi sebagai campuran untuk peningkatan kekuatan beton. USU Repository. 1-53.
- Sebayang, Surya. (2011). *Correlation between rice husk ash as substitution materials the amount of cement and properties of high strength flowing concrete*. Jurnal Rekayasa. Volume 15. Nomor 1. 1-8.
- Bui, D. D., Hu, J. and Stroeven, P. (2005). *Particle Size Effect on the Strength of Rice Husk Ash Blended Gap-Graded Portland Cement Concrete*. Cement & Concrete Composites. 27: 357–366.