

PEMANFAATAN ABU SEKAM PADI DENGAN *TREATMENT* HCL SEBAGAI PENGGANTI SEMEN DALAM PEMBUATAN BETON

Maria¹, Chris², Handoko³, dan Paravita⁴

ABSTRAK : Beton *pozzolanic* merupakan beton dengan penambahan material *pozzolan* yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan semen dalam campuran beton. Penelitian ini berfokus pada pengaruh penggunaan material *pozzolan* berupa *Rice Husk Ash* (RHA) terhadap *workability* dan kuat tekan dari beton. Persentase penggunaan RHA yang digunakan adalah 5%, 10%, dan 15%. Dilakukan empat jenis *treatment* yang berbeda pada RHA antara lain penumbukan, penambahan *alkali treatment* (HCl), pembakaran dengan suhu 600°C, serta penambahan *alkali treatment* (HCl) pada RHA yang telah dibakar dengan suhu 600°C. Analisa terhadap RHA yang dibakar dengan suhu 600°C dilakukan dengan pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF). Hasil tes menunjukkan bahwa RHA yang digunakan merupakan *pozzolan* tipe C dengan total $\text{SiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$ sebesar 83.82%. Dilakukan pengujian kuat tekan pada tiga sampel beton kubus berukuran 15x15x15 cm³ pada saat umur beton mencapai 7, 14, 28, dan 56 hari. Hasil menunjukkan bahwa beton dengan campuran RHA memiliki *workability* yang lebih rendah dibandingkan dengan beton kontrol. Uji kuat tekan beton dengan penambahan abu sekam mencapai 30.56 MPa selisih 7.1 % dari kuat tekan beton kontrol (32.89 MPa).

KATA KUNCI: beton *pozzolanic*, RHA, kuat tekan, *alkali treatment*, HCl.

1. PENDAHULUAN

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang banyak dipergunakan dalam struktur bangunan modern saat ini. Beton pada umumnya merupakan campuran agregat, air, dan semen portland. Semen portland konvensional diproduksi dengan menghaluskan kalsium silika yang bersifat hidrolisis dan dicampur dengan bahan gipsum. Proses pembakaran pada tungku (*kiln*) dapat mencapai lebih dari 1250°C dan menghasilkan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil sampingan pembakaran. Banyaknya jumlah penggunaan beton dalam konstruksi mengakibatkan peningkatan kebutuhan material beton, sehingga memicu penambangan batuan kapur sebagai salah satu bahan pembentuk semen secara besar-besaran. Hal ini menyebabkan turunnya jumlah sumber daya alam yang tersedia untuk keperluan konstruksi dan rusaknya lingkungan sekitar akibat penambangan.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka diperlukan bahan alternatif yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan dari semen. Bahan-bahan tambahan tersebut antara lain seperti pemanfaatan limbah buangan serat ijuk, sabut kelapa, serat nilon, RHA, ampas tebu, sisa kayu, limbah gergajian, abu cangkang sawit, abu terbang (*fly ash*), *mikrosilika* (*silica fume*), cangkang kemiri dan lain-lain. (Mulyono, 2004). Masalah yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah pemanfaatan bahan *rice husk ash* dari limbah padi yang digunakan sebagai bahan pengganti semen untuk campuran beton.

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, bzt_77@yahoo.com

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, chriss_z@yahoo.co.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hands@peter.petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, paravita@peter.petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

2.1. Pozzolanic Material (Bahan Pozzolan)

Pozzolan adalah suatu material tambahan yang berasal dari alam dan batuan, yang sebagian besar memiliki kandungan senyawa silika (Si) dan alumina (Al), dimana *pozzolan* mampu bereaksi terhadap senyawa $\text{Ca}(\text{OH})_2$ hasil dari reaksi hidrasi antara semen dan air.

2.2. Kandungan Senyawa

Berdasarkan ASTM C-618 pada **Tabel 1**, suatu material dapat memiliki sifat *pozzolan* apabila memiliki kandungan senyawa SiO_2 , Fe_2O_3 , dan Al_2O_3 minimum 70%. Senyawa SiO_2 memegang peranan lebih penting dibandingkan dua senyawa lainnya, dikarenakan senyawa SiO_2 mampu bereaksi dengan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ membentuk CSH yang mampu meningkatkan kekuatan campuran beton.

Tabel 1. Standar Kandungan Pozzolan ASTM C-618

Chemical (%)	ASTM C-618, Pozzolan		
	Class F	Class C	Class N
SiO_2	–	–	–
Al_2O_3	–	–	–
Fe_2O_3	–	–	–
$\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3$	70 minimum	50 minimum	70 minimum
O_3	–	–	–
CaO	5 maximum	5 minimum	5 maximum
MgO	–	–	–
TiO_2	–	–	–
K_2O	–	–	–
Na_2O	–	–	–
SO_3	5 maximum	5 maximum	4 maximum
LOI	6 maximum	6 maximum	10 maximum
Moisture Content	3 maximum	3 maximum	3 maximum
Available Alkali	1.5 maximum	1.5 maximum	1.5 maximum

2.3. Abu Sekam Padi (Rice Husk Ash)

Sekam padi adalah kulit yang membungkus butiran beras, dimana kulit padi akan terpisah dan menjadi limbah atau buangan. Jika sekam padi dibakar akan menghasilkan RHA. Penggilingan padi selalu menghasilkan kulit gabah / Sekam padi yang cukup banyak yang akan menjadi material sisa. Ketika bulir padi digiling, 78% dari beratnya akan menjadi beras dan akan menghasilkan 22% berat kulit sekam. Kulit sekam ini dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam proses produksi. Kulit sekam terdiri 75% bahan mudah terbakar dan 25% berat akan berubah menjadi abu. Abu ini dikenal sebagai *Rice Husk Ash (RHA)* yang memiliki kandungan silika reaktif sekitar 85% -90%.

2.4. Asam Klorida (HCl)

HCl adalah asam kuat yang juga larutan akuatik dari gas hidrogen klorida. Telah dilakukan kajian pengaruh perlakuan kimia pada RHA menggunakan larutan HCl 0,01 M yang disertai pengadukan dan pemanasan selama 4 jam pada suhu 100°C. Residu disaring kemudian dicuci dengan akuades dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 12 jam. Hasil yang diperoleh disebut RHA yang digunakan sebagai bahan pozzolan beton. Tujuan penggunaan HCl adalah agar dapat mengurangi kandungan logam pengotor sehingga diperoleh RHA dengan persentase silika lebih tinggi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu tahapan persiapan bahan, tahap pembuatan benda uji dan tahap pengujian.

3.1. Tahap Persiapan Bahan

Pada tahap ini dilakukan penyiapan bahan dan alat yang akan digunakan. Bahan yang digunakan terdiri dari, kerikil berukuran 1-2 cm, pasir Lumajang, semen, *rice husk ash*, air dan HCl. Pada tahap ini juga dilakukan pembakaran menggunakan alat *furnace* dengan suhu mencapai 600°C, dan *alkali treatment* dengan HCl.

3.2. Tahap Perhitungan *Mix Design* dan Pembuatan Benda Uji

Pada tahap ini untuk menghasilkan beton dengan kuat tekan ≥ 25 MPa, digunakan *mix design* dengan metode DOE mutu K-300. *Mix design* dapat dilihat pada **Tabel 2**

Tabel 2. *Mix Design* untuk Beton Kubus (per 12 sampel)

Material	Massa (Kg)			
	RHA0%	RHA5%	RHA10%	RHA15%
Pasir	36.64	36.64	36.64	36.64
Kerikil	54.96	54.96	54.96	54.96
Semen	18.49	17.57	16.64	15.72
<i>RHA</i>	-	0.925	1.85	2.77
Air	10.163	10.163	10.163	10.163

Penelitian ini akan dilaksanakan dalam lima tahap dengan campuran bahan yang berbeda, tahap pertama dilakukan dengan membuat beton kontrol, kemudian diikuti dengan pembuatan beton dengan tambahan RHA saja, beton dengan tambahan RHA yang sudah diberi *alkali treatment*, beton dengan tambahan RHA yang dibakar, kemudian yang terakhir, beton dengan tambahan RHA yang dibakar dan diberi *alkali treatment*. Masing-masing kombinasi selain beton kontrol, dibuat benda ujinya dengan tambahan abu sebesar 5%, 10%, dan 15%.

3.3. Tahap Pengujian Benda Uji

Pengujian beton terdiri dari dua jenis yaitu pengujian beton segar (*fresh concrete*) dan beton keras (*hardened concrete*). Pengujian beton segar dilakukan dengan *slump test* sebelum beton dituang kedalam bekisting. Pengujian beton keras merupakan pengujian kuat tekan (*compressive test*) pada benda uji yang berumur 7, 14, 28, dan 56 hari.

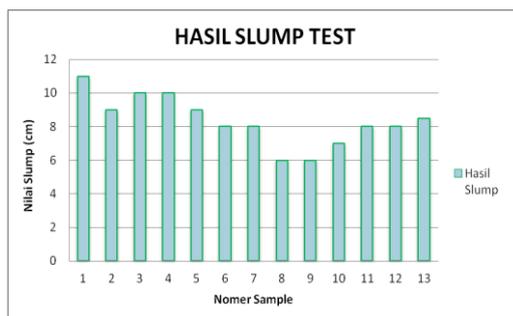
3.4. Tahap Hasil dan Analisis

Data-data yang didapatkan dari hasil pengujian selanjutnya dianalisis untuk mengetahui pengaruh penambahan RHA, tanpa dan dengan *alkali treatment* dalam campuran beton.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian Beton Segar

Pengujian Beton segar dilakukan melalui uji *slump test*. Nilai uji *slump test* mempresentasikan *workability* beton yang dibuat, dimana semakin tinggi nilai uji *slump test* memiliki *workability* yang semakin baik. Hasil pengujian dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Nilai Slump Test

Dapat dilihat pada **Gambar 1** bahwa hasil *slump* dari beton dengan penambahan RHA, mengalami penurunan jika dibandingkan dengan hasil *slump* beton kontrol. Berkurangnya nilai *slump* pada beton yang mengandung RHA ini terjadi karena RHA memiliki struktur partikel yang porous (Van Tuan et al. 2011), sehingga air yang ada dalam campuran beton terserap oleh RHA tersebut. Hal ini yang menyebabkan adonan beton menjadi lebih kering dan secara otomatis menurunkan *workability* beton (nilai *slump*).

4.2. Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton dan Strength Activity Index (SAI)

Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur hari ke-7, ke-14, dan ke-28 setelah perawatan.

Dalam pengujian ini, juga dilakukan analisa *Strength Activity Index* (SAI). Dari besar nilai *Strength Activity Index* ini didapatkan indikasi mengenai *pozzolan activity* dari RHA. Menurut ASTM C-311, untuk mendapatkan nilai *Strength Activity Index* didapatkan dari persamaan (1) berikut ini:

$$\text{Strength Activity Index (SAI)} = (A/B) \times 100 \quad (1)$$

Dimana:

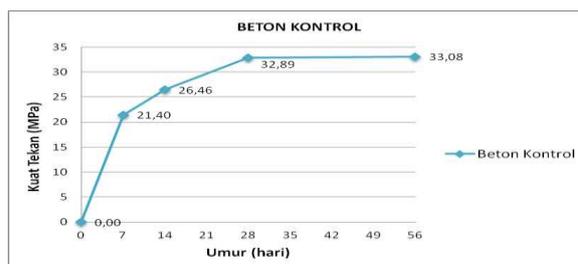
A= rata-rata *compressive strength*.

B= rata-rata *compressive strength mix design control* (RHA-0%).

Pada pengujian ini digunakan sampel dengan empat variasi komposisi RHA dan empat jenis RHA yang telah ditreatment masing-masing pada campuran beton sebagai material pengganti sebagian semen yaitu dengan persentase RHA sebesar 0% atau beton kontrol, RHA 5%, 10%, dan 15%. Komposisi *mix design* dapat dilihat pada **Tabel 2**. Berikut adalah hasil dari pengujian kuat tekan beton dari benda uji (**Tabel 3-7**) dan grafik *strength development* pada setiap benda uji (**Gambar 2-6**):

Tabel 3. Hasil Kuat Tekan Beton Kontrol

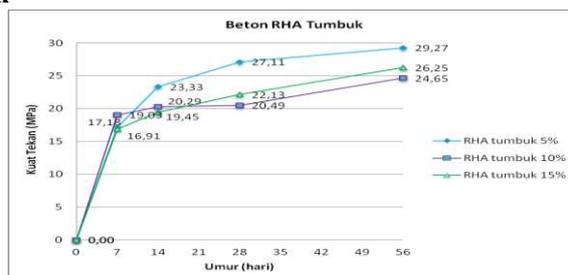
TYPE	KUAT TEKAN RATA-RATA (MPa)			
	7 HARI	14 HARI	28 HARI	56 HARI
Kontrol	21,40	26,46	32,89	33,08



Gambar 2. Kuat Tekan Beton Kontrol

Tabel 4. Hasil Kuat Tekan Beton dengan RHA Tumbuk

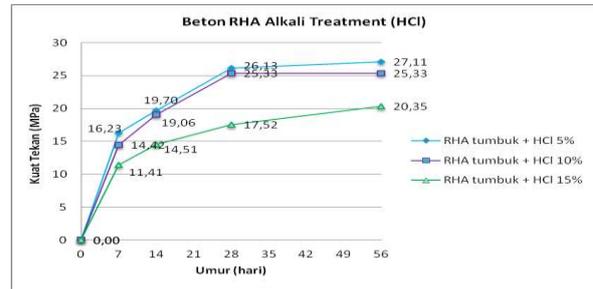
TYPE	KUAT TEKAN RATA-RATA (MPa)			
	7 HARI	14 HARI	28 HARI	56 HARI
RHA tumbuk 5%	17,18	23,33	27,11	29,27
RHA tumbuk 10%	19,03	20,29	20,49	24,65
RHA tumbuk 15%	16,91	19,45	22,13	26,25



Gambar 3. Kuat Tekan Beton RHA Tumbuk

Tabel 5. Hasil Kuat Tekan Beton dengan RHA dengan Alkali Treatment (HCl)

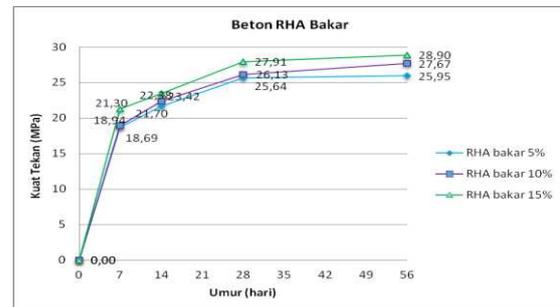
TYPE	KUAT TEKAN RATA-RATA (MPa)			
	7 HARI	14 HARI	28 HARI	56 HARI
RHA tumbuk + HCl 5%	16,23	19,70	26,13	27,11
RHA tumbuk + HCl 10%	14,42	19,06	25,33	25,33
RHA tumbuk + HCl 15%	11,41	14,51	17,52	20,35



Gambar 4. Kuat Tekan Beton RHA + HCl

Tabel 6. Hasil Kuat Tekan Beton dengan RHA Bakar

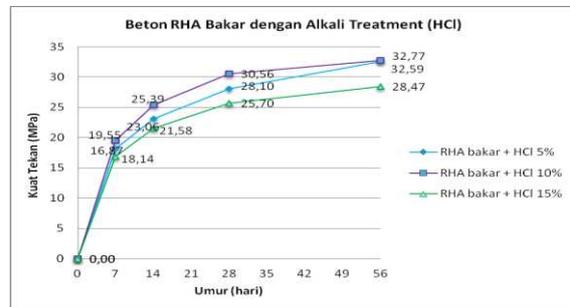
TYPE	KUAT TEKAN RATA-RATA (MPa)			
	7 HARI	14 HARI	28 HARI	56 HARI
RHA bakar + HCl 5%	18,69	21,70	25,64	25,95
RHA bakar + HCl 10%	18,94	22,38	26,13	27,67
RHA bakar + HCl 15%	21,30	23,42	27,91	28,90



Gambar 5. Kuat Tekan Beton RHA Bakar

Tabel 7. Hasil Kuat Tekan Beton dengan RHA Bakar dengan Alkali Treatment (HCl)

TYPE	KUAT TEKAN RATA-RATA (MPa)			
	7 HARI	14 HARI	28 HARI	56 HARI
RHA bakar + HCl 5%	18,14	23,06	28,10	32,59
RHA bakar + HCl 10%	19,55	25,39	30,56	32,77
RHA bakar + HCl 15%	16,87	21,58	25,70	28,47

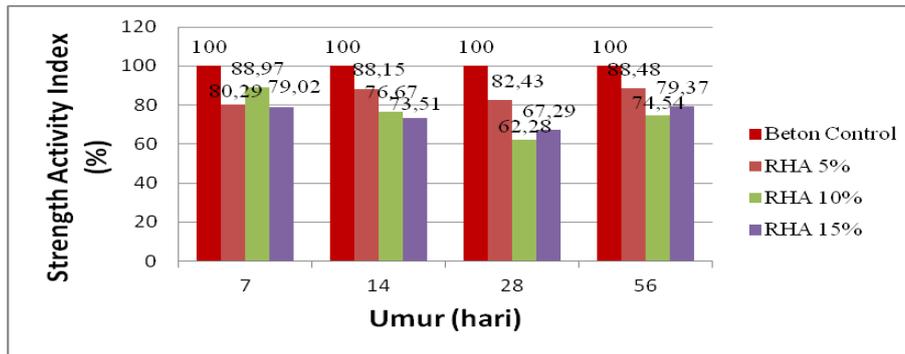


Gambar 6. Kuat Tekan Beton RHA Bakar + HCl

Dapat dilihat pada **Gambar 2**, bahwa kuat tekan beton kontrol pada umur 28 hari adalah 32,89 MPa. **Gambar 3,4,5, dan 6** menunjukkan masing-masing kuat tekan optimum beton dengan RHA tumbuk, RHA dengan *treatment* HCl, RHA bakar, dan RHA bakar yang ditreatment HCl pada umur 28 hari adalah 27,11 MPa, 26,33 MPa, 27,91 MPa, dan 30,56 MPa. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa kuat tekan beton pozzolan yang paling mendekati kuat tekan beton kontrol adalah beton dengan penambahan RHA yang telah dibakar 600°C dan ditreatment dengan HCl sebesar 10%, yaitu 30,56 MPa. Kuat tekan beton tersebut selisih 2,33 MPa dari kuat tekan beton kontrol. Sampel yang sama memiliki kuat tekan tertinggi pada umur 56 hari dengan kuat tekan 32,77 MPa. Berikut adalah hasil dari pengujian kuat tekan rata-rata sekaligus hasil analisa *Strength Activity Index* dari benda uji (**Tabel 8-11**). Pada **Gambar 7-9** secara umum penambahan RHA pada beton dapat menurunkan kuat tekan apabila dibandingkan dengan kuat tekan beton normal pada umur 7, 14, 28, dan 56 hari.

Tabel 8. Kuat Tekan dan *Strength Activity Index* Beton RHA Tumbuk

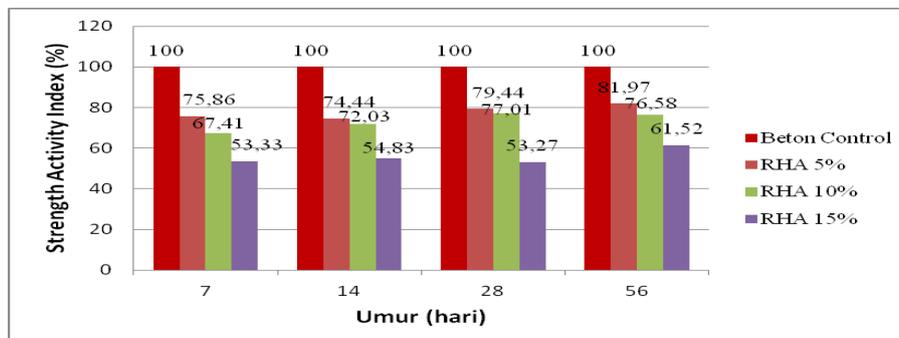
Nama Sampel	Kuat Tekan 7 hari		Kuat Tekan 14 hari		Kuat Tekan 28 hari		Kuat Tekan 56 hari	
	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)
Beton Kontrol	21,40	100	26,46	100	32,89	100	33,08	100
RHA tumbuk 5%	17,18	80,29	23,33	88,15	27,11	82,43	29,27	88,48
RHA tumbuk 10%	19,03	88,97	20,29	76,67	20,49	62,28	24,65	74,54
RHA tumbuk 15%	16,91	79,02	19,45	73,51	22,13	67,29	26,25	79,37



Gambar 7. SAI beton dengan RHA Tumbuk

Tabel 9. Kuat Tekan dan *Strength Activity Index* Beton RHA + HCl

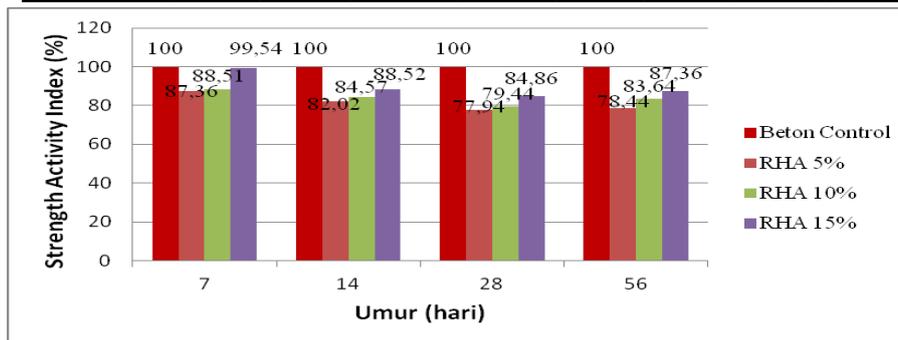
Nama Sampel	Kuat Tekan 7 hari		Kuat Tekan 14 hari		Kuat Tekan 28 hari		Kuat Tekan 56 hari	
	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)
Beton Kontrol	21,40	100	26,46	100	32,89	100	33,08	100
RHA + HCl 5%	16,23	75,86	19,70	74,44	26,13	79,44	27,11	81,97
RHA + HCl 10%	14,42	67,41	19,06	72,03	25,33	77,01	25,33	76,58
RHA + HCl 15%	11,41	53,33	14,51	54,83	17,52	53,27	20,35	61,52



Gambar 8. SAI Beton dengan RHA + HCl

Tabel 10. Kuat Tekan dan *Strength Activity Index* Beton RHA Bakar

Nama Sampel	Kuat Tekan 7 hari		Kuat Tekan 14 hari		Kuat Tekan 28 hari		Kuat Tekan 56 hari	
	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)
Beton Kontrol	21,40	100	26,46	100	32,89	100	33,08	100
RHA bakar 5%	18,69	87,36	21,70	82,02	25,64	77,94	25,95	78,44
RHA bakar 10%	18,94	88,51	22,38	84,57	26,13	79,44	27,67	83,64
RHA bakar 15%	21,30	99,54	23,42	88,52	27,91	84,86	28,90	87,36

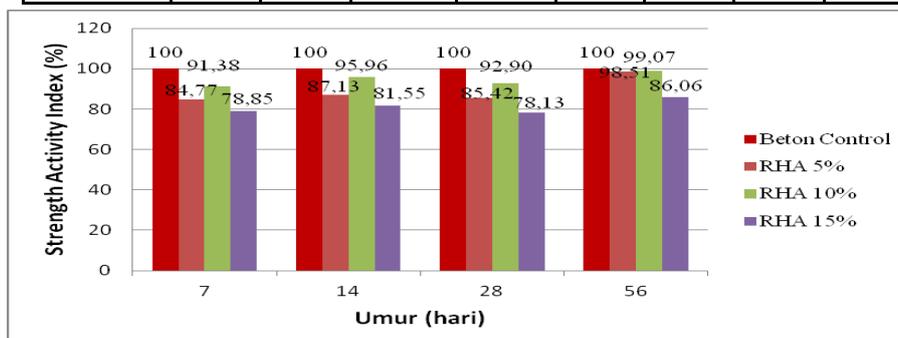


Gambar 9. SAI Beton dengan RHA Bakar

Pada **Gambar 10** menunjukkan perbedaan apabila dibandingkan dengan ketiga sampel yang lain, penambahan RHA yang telah dibakar dan di treatment dengan HCl pada beton mengalami peningkatan kekuatan yang lebih stabil. Selain itu, nilai *Strength Activity Index* pada **Gambar 10** juga memiliki persentase yang paling tinggi bila dibandingkan dengan persentase nilai SAI beton yang lain.

Tabel 11. Kuat Tekan dan *Strength Activity Index* Beton RHA Bakar + HCl

Nama Sampel	Kuat Tekan 7 hari		Kuat Tekan 14 hari		Kuat Tekan 28 hari		Kuat Tekan 56 hari	
	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)	MPa	SAI (%)
Beton Kontrol	21,40	100	26,46	100	32,89	100	33,08	100
RHA bakar + HCl 5%	18,14	84,77	23,06	87,13	28,10	85,42	32,59	98,51
RHA bakar + HCl 10%	19,55	91,38	25,39	95,96	30,56	92,90	32,77	99,07
RHA bakar + HCl 15%	16,87	78,85	21,58	81,55	25,70	78,13	28,47	86,06



Gambar 10. SAI Beton dengan RHA Bakar + HCl

5. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan analisa yang didapat dengan melakukan pengujian pada benda uji yang dibuat, secara umum dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini menghasilkan beton *pozzolanic* yang memiliki kuat tekan yang cukup baik dengan mutu > 25 MPa. *Mix design* yang digunakan adalah *mix design* dengan perhitungan berdasarkan metode DOE mutu K-300 / 25 MPa dan *water per cement ratio* 0.55. Rice Husk Ash (RHA) ditambahkan ke dalam campuran beton dengan presentase 5%, 10%, dan 15% dari berat semen.
2. Proses pembakaran pada RHA dengan suhu 600°C terbukti dapat meningkatkan mutu beton dibandingkan dengan RHA yang belum dibakar. Selain itu penambahan proses *alkali treatment* pada RHA secara umum dapat menurunkan kekuatan dari beton pada RHA yang belum dibakar. Namun, apabila RHA yang telah dibakar ditambahkan dengan proses *alkali treatment*, kekuatan tekan beton secara umum akan meningkat.
3. Beton yang memiliki kuat tekan optimum adalah beton dengan penambahan RHA yang telah dibakar dengan suhu 600°C dan di *treatment* dengan HCl sebesar 10% sebagai pengganti dari semen dalam campuran beton. Kuat tekan beton tersebut adalah sebesar 30.56 MPa selisih 7.1% dari kekuatan tekan beton kontrol (32.89 MPa).
4. Hasil analisa dengan menggunakan Strength Activity Index pada beton dengan campuran RHA yang telah dibakar dan beton dengan campuran RHA yang telah dibakar lalu di *treatment* dengan HCl menunjukkan bahwa semua sampel memiliki kekuatan yang cukup baik (> 75% kuat tekan beton kontrol).
5. Penurunan nilai *slump* pada beton yang telah ditambahkan RHA terjadi karena RHA memiliki struktur partikel yang *porous*, sehingga air yang ada dalam campuran beton terserap oleh RHA tersebut. Hal ini dapat mengakibatkan turunnya *workability* pada beton.

5.2. Saran

Saran untuk penelitian berikutnya mengenai pengaruh penambahan RHA yang telah dibakar dengan suhu 600°C dengan *treatment* HCl terhadap kuat tekan beton adalah:

1. Diharapkan dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai RHA sehingga dapat membuat beton yang ramah lingkungan.
2. Sampel RHA dapat lebih dikembangkan dengan cara mengambil beberapa jenis RHA dari beberapa daerah, tidak hanya 1 daerah. Hal ini dikarenakan jenis padi yang berbeda, memiliki kandungan yang berbeda.
3. Dalam pembuatan beton diatas, metode pemadatan beton yang digunakan adalah secara manual, sehingga kekuatan beton dalam *mix design* yang sama sekalipun, hasilnya dapat berbeda. Untuk penelitian selanjutnya, diharapkan dapat menggunakan metode pemadatan dengan menggunakan *vibrator* untuk mengurangi adanya udara yang terjebak atau *microvoids* dalam beton.
4. Ruang lingkup penelitian ini masih bisa dikembangkan, yaitu dengan menambah variabel suhu pembakaran dan dapat menggunakan jenis *alkali treatment* yang lain.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta.
- Van Tuan, N., Ye, G., van Breugel, K., & Copuroglu, O. (2011). Hydration and Microstructure of Ultra High Performance Concrete Incorporating Rice Husk Ash. *Cement and Concrete Research*, 41(11), 1104–1111.