

ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP KUAT TEKAN BETON PERFORMA TINGGI MENGUNAKAN ABU SEKAM PADI

Erwinsah¹, Syamsul Bahri², Fajri³

- ¹⁾ Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata, email: syahputraerwin13@gmail.com
- ²⁾ Dosen, Program Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata, email: syamsul_bahri@pnl.ac.id
- ³⁾ Dosen, Program Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata, email: fajri@pnl.ac.id

ABSTRAK

Abu sekam padi (ASP) adalah hasil pembakaran limbah sekam padi yang memiliki kandungan silica tinggi dan dapat digunakan sebagai campuran beton. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh temperatur pada kuat tekan beton mutu K-400 dengan campuran ASP sebanyak 20%. Campuran tersebut disimulasi dengan kadar air awal sebesar 0% (ASP20-0), 10% (ASP20-10), dan 20% (ASP20-20) dari air campuran beton. Uji kuat tekan menggunakan kubus 10x10x10 cm sebanyak 32 sampel. Selanjutnya dilakukan pengujian tambahan: ultrasonic pulse velocity (UPV), hammer, water absorption, dan kuat tarik belah silinder Ø10x20 cm sebanyak 32 sampel. Pengujian dilakukan setelah perawatan selama 28 hari kemudian benda uji dibakar pada variasi suhu 300°C, 600°C, dan 900°C selama 1 jam. Pada suhu 25°C menunjukkan bahwa kuat tekan beton kontrol lebih tinggi 17,24% daripada beton dengan campuran ASP. Namun pada suhu 300°C kuat tekan beton kontrol, ASP20-0 dan ASP20-10 meningkat berturut-turut sebesar 8,59%, 11,67%, dan 11,55%. Namun kuat tekan ASP20-20 turun 2,56% dibandingkan kuat tekan beton suhu normal. Hasil pengujian UPV pada benda uji yang dibakar 300°C menunjukkan kualitas beton yang cukup baik. Namun pada pembakaran >300°C kualitas beton menurun menjadi sangat buruk. Hasil pengujian hammer test menunjukkan kuat desak tidak sesuai dengan kuat tekan sebenarnya dikarenakan luas penampang benda uji 10x10x10 cm. Hasil pengujian water absorption menunjukkan pada suhu 25°C tingkat penyerapan air pada beton kontrol, ASP20-10, dan ASP20-20 berturut-turut sebesar 1,69%, 0,7%, dan 0,63%. Namun pada ASP20-0 penyerapan air lebih tinggi yaitu sebesar 2,62%. Hasil pengujian kuat tarik belah pada suhu 25°C menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton kontrol lebih tinggi 14,48% daripada beton dengan campuran ASP. Namun pada suhu 300°C kuat tarik belah pada ASP20-20 lebih tinggi 29,10% dari kuat tarik belah beton lainnya.

Kata Kunci : Temperatur, kuat tekan, kuat tarik belah, UPV, hammer test, water absorption.

I. PENDAHULUAN

Penggunaan beton semakin meluas sebagai bahan konstruksi, maka semakin dituntut untuk meningkatkan kualitas beton sehingga diperlukan suatu perencanaan yang teliti dan benar sesuai dengan syarat-syarat serta prosedur yang telah ditentukan agar diperoleh mutu beton yang diinginkan. Ada beberapa cara untuk meningkatkan kekuatan beton, diantaranya adalah dengan pemberian bahan tambahan. Bahan-bahan yang ditambahkan ke dalam campuran beton biasanya digunakan untuk memodifikasi sifat dan karakteristik dari beton seperti mengurangi pori-pori antar sel dan pori-pori kapiler agar dapat dengan mudah dikerjakan dan menghemat biaya (Tata, 2016).

Indonesia merupakan negara agraris dengan mata pencaharian penduduk terbanyak yaitu sebagai petani padi. Limbah sekam yang diperoleh dari proses penggilingan padi apabila dibiarkan begitu saja tanpa ada penanggulangan maka akan berdampak buruk terhadap lingkungan sekitar. Salah satu cara menanggulangi masalah tersebut ialah limbah tersebut

dapat dijadikan sebagai bahan tambah produk pembuatan beton. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Provinsi Aceh, produksi padi di Aceh mencapai 1,9 juta ton per tahun.

Sekam padi merupakan limbah dari hasil penggilingan padi yang belum dimanfaatkan secara optimal. Sekitar 20% padi mengandung limbah sekam padi, sebagian kecil digunakan untuk bahan bakar pada pembakaran bata merah atau dibuang begitu saja. Penanganan yang kurang tepat terhadap sekam padi akan menimbulkan pencemaran lingkungan. Sekam padi yang dibakar selama 4 jam pada temperatur 500°C akan menghasilkan abu sekam padi (ASP) dengan kandungan silika (SiO₂) sebesar 94-96% (Andhi, 2007). ASP disubstitusikan dengan semen sebanyak 20% tidak mempengaruhi kekuatan maupun sifat daya tahan dari beton (Mahmud dan Bahri, 2016).

Terjadinya perubahan temperatur yang cukup tinggi, seperti yang terjadi pada peristiwa kebakaran, akan berpengaruh terhadap elemen-elemen struktur beton. Karena pada proses tersebut akan terjadi suatu siklus pemanasan dan pendinginan yang bergantian, sehingga menyebabkan adanya perubahan fase fisis dan kimiawi secara kompleks. Hal ini akan mempengaruhi kualitas/kekuatan struktur beton tersebut dan akan menyebabkan beton menjadi getas (Wahyuni dan Anggraini, 2010).

Penelitian bertujuan untuk mempelajari bagaimanakah pengaruh pembakaran terhadap sifat fisis dan sifat mekanis beton yang telah dibakar maupun yang belum dibakar dengan campuran ASP yang digunakan pada kondisi air awal yang bervariasi. Pengujian yang dilakukan adalah kuat tekan, *ultrasonic pulse velocity* (UPV), *hammer test*, kuat tarik belah, dan *water absorption*.

II. METODOLOGI

A. *Beton Performa Tinggi*

Beton performa tinggi merupakan beton dengan perlakuan khusus yang tidak dapat selalu dicapai hanya dengan penggunaan material konvensional tanpa penambahan bahan tambah khusus. Beton performa tinggi biasanya digunakan untuk bahan bangunan struktur seperti struktur bangunan gedung bertingkat tinggi, struktur jembatan, dan memerlukan beton dengan kuat tekan lebih dari 40 MPa (Luga dan Atis, 2016). Beton pada umumnya tersusun dari empat bahan penyusun utama yaitu semen, agregat kasar dan halus serta air. Jika diperlukan, bahan tambah (admixture) dapat ditambahkan untuk mengubah sifat – sifat tertentu beton yang bersangkutan.

B. *Pengaruh Temperatur Pada Beton*

Terjadinya perubahan temperatur yang cukup tinggi pada saat kebakaran terjadi akan mempengaruhi kualitas/kekuatan struktur beton tersebut seperti porositas beton. Pada proses kebakaran dengan temperatur melebihi suhu kamar akan terjadi proses penguapan pada struktur, karena pada beton normal yang dibakar akan mengalami penguapan air bebas dalam pori-pori kapiler yang berukuran besar dan diikuti oleh pori-pori yang lebih kecil sehingga beton menjadi lebih porus (Partowiyono, 1996). Selanjutnya Partowiyono (1996) melaporkan disamping penguapan struktur juga akan mengalami pemuaihan pada material-material penyusun beton normal akibat dari terurainya atom-atom penyusun beton karena perubahan temperatur. Sehingga diduga akan terjadi perubahan nilai porositas terhadap beton, mengingat sifat beton performa tinggi yang hampir sama dengan beton normal, meskipun ketahanan beton performa tinggi terhadap panas lebih tinggi dibanding beton normal, namun permasalahan yang timbul adalah berapa besar perubahan tingkat porositas beton mutu tinggi seiring dengan kenaikan suhu pada proses kebakaran, sehingga dapat digunakan sebagai acuan untuk proteksi struktur beton pasca kebakaran.

Komponen dasar material beton antara lain ialah semen, agregat kasar, agregat halus dan air. Pada penelitian ini selain 4 komponen dasar material, ada penambahan material lain yaitu abu sekam padi dan bahan tambah berupa *superplasticizer*.

C. Material

Semen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Ordinary Portland Cement* (OPC) produksi lokal tipe 1 merk *Andalas*, jenis semen ini sering digunakan pada pembangunan struktur seperti bangunan-bangunan umum. Tipe semen ini dalam penggunaannya tidak memerlukan sifat khusus, memiliki kandungan *silica* yang tinggi, dan memenuhi spesifikasi standar ASTM C 150. Abu sekam padi (ASP) yang digunakan pada penelitian ini diambil dari pabrik penggilingan padi di Peunteuet, Kota Lhokseumawe. ASP yang digunakan telah dibakar ditempat pembakaran terbuka dengan cara mengambil bagian yang telah terbakar sempurna berwarna putih ke abu-abuan, setelah itu digiling dengan Los Angeles Machines sampai membentuk particle lebih kecil dari ukuran semen. Agregat kasar yang digunakan berupa batu pecah yang berasal dari PT.Krueng Meuh, kabupaten Aceh Utara. Batu dihasilkan dari desintegrasi alami batuan-batuan yang diperoleh dari pemecah batu dengan ukuran maksimum <20 mm. Agregat kasar yang digunakan harus sesuai dengan syarat ASTM/SNI yaitu terdiri dari butir-butir keras dan tidak berpori, tidak mengandung lumpur >1%. Agregat halus yang digunakan adalah pasir alami dari Krueng Manee, kabupaten Aceh Utara dengan ukuran butiran lolos saringan 4,75 mm, dan tidak mengandung kadar lumpur >5%, serta sudah sesuai dengan standar yang diisyaratkan pada ASTM/SNI. Air yang digunakan dalam penelitian ini adalah air yang diambil dari sumur bor yang telah disediakan di Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe dan kualitas air tersebut terhindar dari zat-zat kimia sehingga bagus untuk di campur pada pekerjaan beton. Bahan tambah (admixture) yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe F jenis Naphthalene Formaldehde Sulphanate produksi Sika dengan merk dagang Sikament NN yang berwarna dark brown (coklat gelap), dan berat jenis antara 1,16-1,18 kg/l.

D. Mix Proportion

Mix proportion rencana material yang digunakan seperti semen dan kondisi awal pada abu sekam padi. 20% berat semen yang digunakan adalah ASP, kemudian dibuat tiga campuran ASP yaitu dengan kadar air 0%, 10%, dan 20% yang ditambahkan dari air campuran beton.

Tabel 1. *Mix Proportion* kontrol dan dengan campuran ASP

No.	Mix ID	Semen %	Kondisi kadar air dari abu sekam padi
1.	Kontrol	100	0
2.	ASP 20 - 0	80	Kering Oven
3.	ASP 20 - 10	80	Abu sekam padi yang disemprot 10% air dari mix design
4.	ASP 20 - 20	80	Abu sekam padi yang disemprot 20% air dari mix design

Tabel 1 menunjukkan benda uji yang digunakan pada penelitian ini bentuk dan ukurannya disesuaikan dengan standar pengujian yang berlaku. Benda uji yang digunakan berupa kubus dengan dimensi 10x10x10 cm, dan silinder Ø10x20 cm. Beton akan diuji setelah melewati masa perawatan selama 28 hari, kemudian dibakar menggunakan alat *furnace* dengan variasi variasi suhu 300°C, 600°C, dan 900°C dengan pembakaran konstan selama 1 jam. setelah 1 jam dilanjutkan dengan pegujian UPV, hammer test, uji tekan beton, uji tarik belah, dan *water absorption* beton.

E. *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Test*

UPV bekerja dengan memberikan getaran gelombang longitudinal lewat transduser elektro-akustik. Permukaan beton diberikan *Grease lubricant* (Gemuk pelumas) sebelum pengujian dimulai (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Pengujian UPV

Pengujian UPV dilakukan dengan dua metode pada benda uji kubus ukuran 10x10x10 cm yaitu metode *direct* (langsung), dan metode semi langsung (*semi-direct*). Untuk benda uji silinder Ø10x20 cm hanya dilakukan pengujian dengan metode *direct*. Waktu tempuh T yang dibutuhkan untuk merambatkan gelombang pada lintasan beton sepanjang L dapat diukur dengan persamaan (1).

$$v = L / T \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- v = Kecepatan gelombang longitudinal (km/detik atau m/detik)
- L = Panjang lintasan beton yang dilewati (km, m)
- T = Waktu tempuh gelombang longitudinal ultrasonik pada lintasan L (detik)

Pada pengujian UPV metode semi direct, panjang lintasan L dapat dihitung dengan persamaan (2):

$$L = \sqrt{a^2 + b^2} \dots\dots\dots (2)$$

F. *Hammer Test*

Metode pengujian *hammer* ini dilakukan dengan memberikan beban *intact* (tumbukan) pada permukaan beton dengan menggunakan suatu massa yang diaktifkan dengan menggunakan energi yang besarnya tertentu. Jarak pantulan yang timbul dari massa tersebut pada saat terjadi tumbukan dengan permukaan beton benda uji dapat memberikan indikasi kekerasan juga setelah dikalibrasi. Test akan dilakukan pada beton berumur 28 hari, dengan setiap test menggunakan kubus 10x10x10 cm dan silinder Ø10x20 cm masing-masing sebanyak 2 buah (lihat Gambar 2).

Gambar 2. Pengujian *hammer*

G. Pengujian Kuat Tekan Beton

Pengujian kuat tekan beton akan diuji setelah melewati masa *curing* (perawatan) selama 28 hari. Benda uji diuji dengan alat penekan berkapasitas >2500 kN setelah menjalani masa *curing* ditimbang beratnya kemudian benda uji diletakkan pada mesin penekan dengan kecepatan 0,2 MPa–1 MPa untuk setiap detiknya hingga benda uji hancur, dan didapat nilai beban maksimum yang bekerja pada benda uji (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Pengujian kuat tekan

Nilai kuat tekan diperoleh berdasarkan hasil yang berupa gaya (P) yang terjadi pada saat benda uji hancur, atau dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan (3).

$$f'c = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

- $f'c$ = Kuat Tekan (kg/cm²)
- P = Gaya Tekan (N)
- A = Luas Penampang Kubus (mm²)

H. Pengujian Kuat Tarik Belah Beton

Kuat tarik belah adalah salah satu parameter penting kekuatan beton. Nilai kuat tarik belah diperoleh melalui pengujian tekan dengan membebani setiap benda uji silinder secara lateral sampai pada kekuatan maksimumnya (lihat Gambar 4).



Gambar 4. Pengujian kuat tarik belah

Kuat tarik belah beton dapat diperhitungkan dengan menggunakan persamaan (4):

$$f_{sp} = \frac{2F}{\pi \times L \times d} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan:

- f_{sp} = Kuat tekan beton (N/mm²)
- F = Beban maksimum (N)
- L = Panjang silinder (mm)
- d = Diameter silinder (mm)

I. Water Absorption

Pengujian *water absorpsi* pada benda uji dilakukan setelah pengujian sifat mekanis, tujuannya adalah untuk melihat berapa nilai *absorpsi* (penyerapan air) yang terjadi pada beton yang telah dibakar pada suhu 300°C, 600°C, dan 900°C. Benda uji yang telah selesai pengujian sifat mekanis diambil sedikit bongkahannya, kemudian ditimbang berat awalnya, selanjutnya ditimbang dalam air, dan kemudian ditimbang berat basahnya atau dalam kondisi SSD (setengah kering setengah basah). Pengujian ini dilakukan terhadap tiap jenis benda uji baik yang telah dibakar maupun yang belum dibakar. Berdasarkan SNI 03-6433-2000, perhitungan besarnya persentase penyerapan air pada beton dapat di hitung dengan menggunakan persamaan (5).

$$Absorpsi = \frac{B-A}{A} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

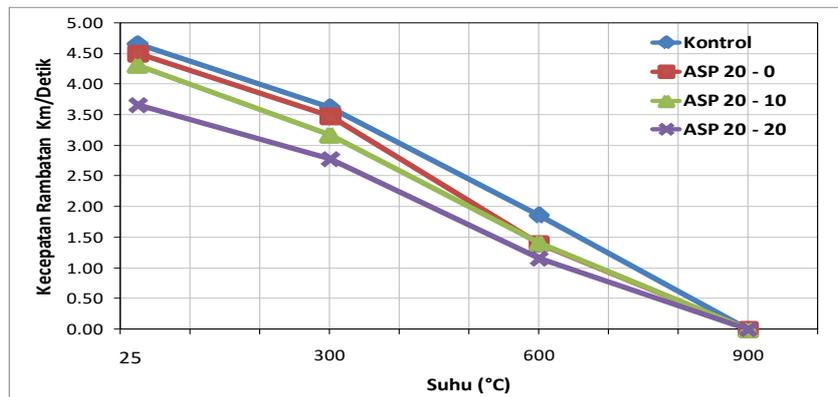
- A = Berat benda uji kering (kg)
- B = Berat benda uji dalam keadaan basah (kg)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh pembakaran beton terhadap pengujian UPV

Gambar 5 menunjukkan kondisi kualitas benda uji pada pada suhu yang berbeda-beda. Pada suhu 25°C kualitas benda uji kontrol dan yang menggunakan campuran ASP tergolong baik dengan kecepatan rambatan antara 4.5-3.5 km/detik. Setelah pembakaran dengan suhu

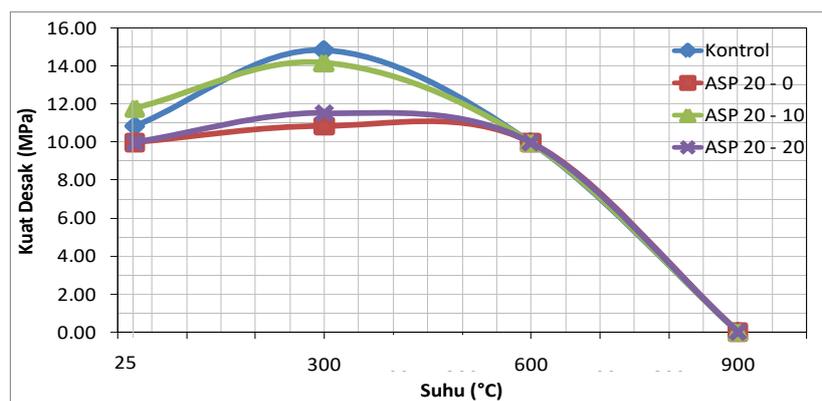
300°C, kecepatan rambatan pada beton menjadi 3.5 s/d 3.0 km/detik yaitu tergolong cukup baik. Pada suhu 600°C kecepatan rambatan pada tiap jenis benda uji menurun hingga <2.0 km/detik yaitu tergolong buruk. Pada 900°C kualitas beton sudah tergolong sangat buruk karena sudah mengalami retakan yang cukup besar pada permukaannya.



Gambar 5. Hasil pengujian UPV

B. Hammer test

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian hammer pada benda uji kubus ukuran 10x10x10 cm dan silinder Ø10x20 cm. Kuat desak yang diperoleh tidak sesuai dengan kuat tekan beton yang sebenarnya, kemungkinan hal ini dikarenakan pada saat pengujian hammer, luasan bidang pada benda uji terlalu kecil sehingga pantulan yang diperoleh tidak sesuai dengan hasil pengujian kuat tekan. Jadi dapat disimpulkan, benda uji kubus ukuran 10x10x10 cm dan silinder Ø10x20 cm tidak cocok untuk pengujian hammer.

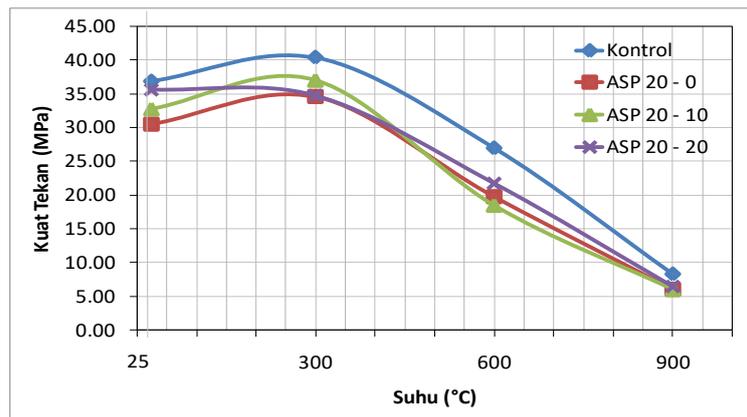


Gambar 6. Hasil pengujian hammer

C. Pengujian Kuat Tekan

Gambar 7 menunjukkan perbedaan kuat tekan pada tiap jenis beton. pada suhu 300°C, kuat tekan pada beton kontrol, ASP20-0, dan ASP20-10 meningkat berturut-turut sebesar 8.59%, 11.67%, dan 11.55%. Namun kuat tekan pada ASP20-20 menurun sebesar 2.56% dari suhu normal. Pada suhu 600°C, kuat tekan pada beton kontrol, ASP 20-0, ASP 20-10, dan ASP 20-20 menurun dari suhu normal dengan urutan 27.02%, 35.36%, 43.73%, dan 38.93%. Pada suhu 900°C, kuat tekan pada beton kontrol, ASP 20-0, ASP 20-10, dan ASP 20-20 menurun >80% dari suhu normal dengan urutan 77.53%, 80.16%, 81.85%, dan 82.01%. semua benda uji menunjukkan kuat tekan meningkat pada suhu 300°C. Hasil ini sesuai dengan penelitian Wang, dkk (2017) bahwa kuat tekan beton meningkat pada suhu 200°C dikarenakan terjadinya proses hidrasi yang lebih cepat pada semen dengan persentase peningkatan sebesar 8,7 %. Selanjutnya

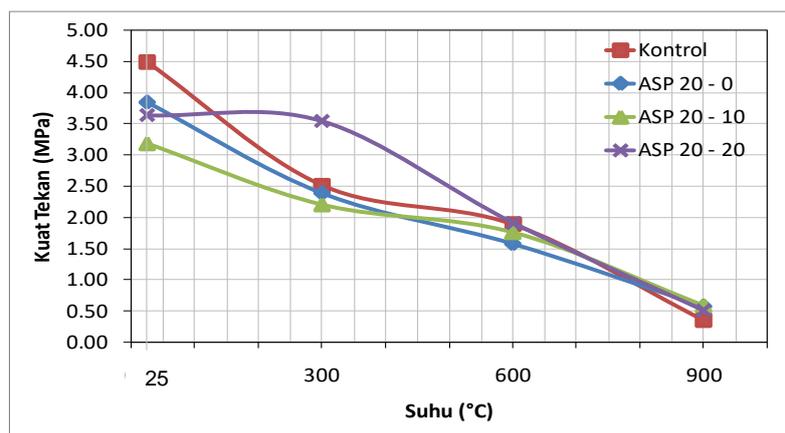
Deschner, dkk (2017) mengatakan proses hidrasi pada semen terjadi pada suhu 80°C , dan kuat tekan beton akan meningkat setelah proses hidrasi terjadi.



Gambar 7. Hasil pengujian kuat tekan

D. Pengujian Kuat Tarik belah

Gambar 8 menunjukkan perbedaan kuat tarik belah pada tiap jenis beton. Pada suhu 300°C , kuat tarik belah pada beton kontrol, ASP20-0, dan ASP20-10 turun lebih rendah dari suhu normal dengan urutan sebesar 44%, 37,9, 30,81%, dan 2,58%. Namun pada suhu 300°C ini, kuat tarik belah pada ASP20-20 lebih tinggi dari pada beton lainnya yaitu dengan penurunan hanya sebesar 2,58% atau sebesar 3,54 MPa sedangkan beton yang lain sebesar <3 MPa. Pada suhu 600°C , kuat tarik belah pada beton kontrol, ASP 20-0, ASP 20-10, dan ASP 20-20 menurun hingga $>50\%$ dengan urutan 57,95%, 59,02%, 44,78%, 47,41%. Pada suhu 900°C , kuat tarik belah pada beton kontrol, ASP 20-0, ASP 20-10, dan ASP 20-20 menurun hingga $>80\%$ dari suhu normal.

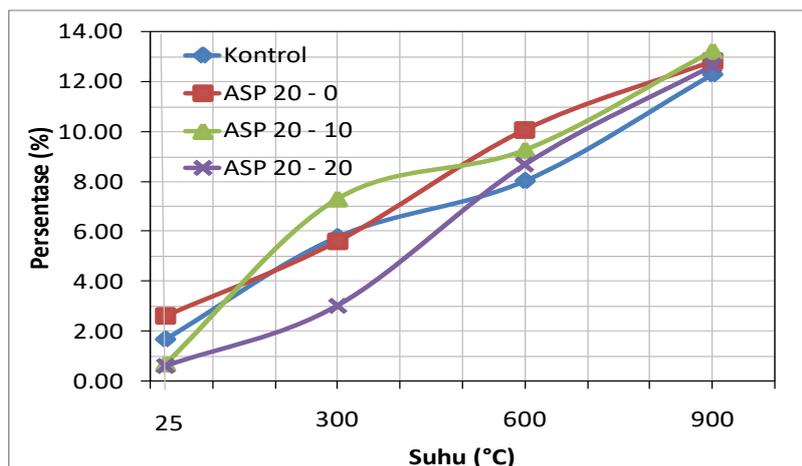


Gambar 8. Hasil pengujian kuat tarik belah

E. Pengujian Water Absorption

Gambar 9 menunjukkan pengujian *water absorption* pada tiap jenis beton. Persentase penyerapan air terus meningkat, semakin tinggi temperature pembakaran maka tingkat penyerapan juga semakin tinggi. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya rongga pada beton. Tingkat penyerapan beton terjadi pada variasi pembakaran 300°C , 600°C , dan 900°C dengan urutan persentase penyerapan air pada kontrol sebesar 1,69%, 7,79%, 8,04%, dan 12,31%. Pada ASP 20-0 sebesar 2,62%, 5,61%, 10,08%, dan 12,83%. Pada ASP 20-10 sebesar 0,7%, 7,31%, 9,27%, dan 13,23%. Pada ASP 20-20 sebesar 0,63%, 3,05%, 8,69%, dan 12,64%. Selain itu,

beton yang telah dibakar mengalami perubahan pada sifat fisisnya, yaitu pada warna, keretakan, pengeroposan, dan peningkatan nilai porositas.



Gambar 9. Hasil pengujian water absorption

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa pada suhu normal (25°C) kondisi kualitas benda uji kontrol dan yang menggunakan campuran ASP tergolong dalam kualitas baik dengan kecepatan rambatan antara 4.5 s/d 3.5 km/detik. setelah pembakaran dengan suhu 300°C kecepatan rambatan antara 3.5 s/d 3.0 km/detik tergolong cukup baik. Pada suhu 600°C kecepatan rambatan menurun hingga <2.0 km/detik tergolong buruk. Pada 900°C kualitas beton sudah tergolong sangat buruk karena sudah mengalami retakan yang cukup besar pada permukaannya.

Pengaruh pembakaran terhadap sifat mekanis beton mempengaruhi nilai kuat tekan dan kuat tarik belahnya. Pada suhu 300°C kuat tekan pada Kontrol, ASP 20-0, dan ASP20-10 meningkat berturut-turut sebesar 8.59%, 11.67%, dan 11.55%. Namun kuat tekan menurun pada ASP 20-20 sebesar -2.56% dari suhu normal. Hasil pengujian kuat tarik belah pada suhu 25°C menunjukkan bahwa kuat tarik belah beton kontrol lebih tinggi 14,48% daripada beton dengan campuran ASP. Namun pada suhu 300°C kuat tarik belah pada ASP20-20 lebih tinggi 29,10% dari kuat tarik belah beton lainnya.

Pada suhu normal (25°C), tingkat penyerapan air (*water absorption*) beton kontrol, ASP20-10, dan ASP 20-20 berturut-turut sebesar 1.69%, 0.70%, dan 0.63%. Sedangkan pada ASP20-0 tingkat penyerapan air lebih tinggi yaitu sebesar 2,62%, kemungkinan hal ini disebabkan oleh abu sekam padi yang digunakan masih dalam kondisi kering sehingga tingkat penyerapannya masih tinggi. pada pembakaran 300°C, 600°C, dan 900°C penyerapan air pada beton terus meningkat hingga >12%. Selain itu, beton yang telah dibakar mengalami perubahan pada sifat fisisnya, yaitu pada warna, keretakan, pengeroposan, dan peningkatan nilai porositas.

DAFTAR PUSTAKA

- Andhi L.P. dan Didik P. 2007. Akta Kimindo No.1, Vol.3. *Abu Sekam Padi Sebagai Sumber Silika Pada Sintesis Zeolit ZSM-5 Tanpa Menggunakan Templat Organik*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Amir Partowiyono. 1996. “ Perilaku Beton dengan Perubahan Temperatur” , PU Pemukiman, Bandung,
- Badan Pusat Statistik Provinsi Aceh. 2018. *Statistik Tanaman Padi 2018 Provinsi Aceh* .Online<https://aceh.bps.go.id/news/2018>. Diakses 4 april 2018.
- Deschner, F. dkk. 2013. *Effect of temperature on the hydration of Portland cement blended with siliceous fly ash*. University of Erlangen-Nuremberg, 91054 Erlangen, Germany.

- Wang, W.H. dkk. 2017. *Effect of Rice Husk Ash on High-Temperature Mechanical Properties and Microstructure of Concrete*. Ningxia University, Yinchuan 750 021, Ningxia, P.R. China.
- Luga, E. and Atis, C. D. 2016 *Strength Properties of Slag / Fly Ash Blends Activated with Sodium Metasilicate and Sodium Hydroxide+Silica Fume*. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*.; 60 (2): 223-228.
- Mahmud, H. Bahri, S. 2016. *Effect of rice husk ash on strength and durability of high strength high performance concrete*. *International Journal of Civil and Environmental Engineering* Vol 10 No 3, 390
- Tata, Arbain, dkk. 2016. *Pengaruh penggunaan abu sekam padi sebagai campuran bahan baku beton terhadap sifat mekanis beton*. Universitas Khairun : Maluku Utara.
- Wahyuni, E. dan Anggraini, R., 2010, *Pengaruh Perbedaan Proses Pendinginan Terhadap Perubahan Fisik Dan Kuat Tekan Beton Pasca Bakar*, *Jurnal Rekayasa Sipil / Volume 4, No.1– 2010* ISSN 1978 – 5658.