

Tingkat Ketahanan Api pada Mortar Kulit Singkong sebagai *Fire Passive Protection* Bangunan Hunian Kelas I

Bella Naziel Iqmalia¹, Moch Luqman Ashari², Ridho Bayuaji³

Prodi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja¹, Jurusan Teknik Permesinan Kapal², Departemen Teknik Infrastruktur Sipil³
Surabaya^{1,2,3}, Indonesia

e-mail : bellanaziell@student.pps.ac.id

Abstrak—Aspek utama yang harus dipenuhi dalam perancangan bangunan adalah faktor keamanan dan keselamatan terhadap bahaya kebakaran, sehingga sistem proteksi kebakaran harus terencana sejak awal proses perancangan bangunan dilakukan. Mortar merupakan material bahan bangunan berbasah dasar semen dalam infrastruktur bangunan sebagai pengikat, perekat, dan pelapis pada dinding. Pemanfaatan karbon aktif dari limbah kulit singkong atau *Cassava Peel Activated Carbon (CPAC)* dapat digunakan menjadi material pengganti sebagian semen yang digunakan pada penelitian ini. Sebagian material semen diganti dengan CPAC pada 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. CPAC didapatkan melalui tahap karbonisasi pada suhu 250C dan aktivasi menggunakan larutan KOH 3M. Sampel uji yang digunakan pada penelitian ini berbentuk kubus dengan ukuran 5cm x 5 cm x 5cm dan setelah berusia 7 hari, dilakukan uji bakar modifikasi SNI 1740-2008 dan uji kuat tekan SNI 03-6825-20002. Hasil pengujian bakar menunjukkan bahwa sampel uji dengan kode M.5 yang mengandung CPAC 25% merupakan sampel uji terbaik dalam mempertahankan api dan panas. Hal tersebut menunjukkan bahwa CPAC atau zat aktif yang terdapat kulit singkong mampu mencegah lompatan energi elektron melewati titik kritis pada saat pembakaran dan dapat digunakan sebagai alternatif bahan pengganti sebagian semen.

Keywords— *Cassava Peel Activated Carbon (CPAC); Kebakaran; Mortar Uji; Tingkat Ketahanan Api*

I. PENDAHULUAN

Sejak Januari tahun 2010 hingga Oktober 2019, Indonesia tercatat telah mengalami bencana kebakaran non alam dan dampak industri berjumlah 1.224 kasus kejadian ((BNPB), 2020). Kebakaran tidak hanya mengakibatkan kerugian berupa kerusakan bangunan saja, melainkan kerugian moral dan jiwa korban. Rendahnya pemahaman dan kesadaran masyarakat serta rendahnya sarana sistem proteksi menjadi pemicu terjadinya bencana kebakaran.

Jenis bangunan yang memiliki frekuensi resiko kebakaran terbesar yaitu gedung hunian (perumahan), bangunan industri atau pabrik, pertokoan, dan perkantoran ((DISPEMKAR)). Bangunan gedung hunian berdasarkan SNI 03-1736-2000 termasuk ke dalam bangunan gedung kelas 1. Semakin meningkatnya pembangunan gedung hunian, maka semakin beragam pula sarana proteksi kebakaran yang perlu disediakan. Aspek utama yang harus dipenuhi dalam perancangan bangunan

adalah faktor keamanan dan keselamatan terhadap bahaya kebakaran sehingga sistem proteksi kebakaran harus terencana sejak awal proses perancangan bangunan dilakukan. Peran utama proteksi pasif dalam suatu bangunan gedung yaitu mengatur pemilihan bahan dan interior bangunan yang digunakan dalam upaya meminimalisir intensitas kebakaran dan menunjang tersedianya waktu evakuasi saat kebakaran terjadi.

Penelitian ini berfokus pada bahan pengganti sebagian material pembentuk utama dinding. Mortar merupakan material bahan bangunan berbasah dasar semen dalam infrastruktur bangunan sebagai pengikat, perekat, dan pelapis pada dinding. Perencanaan material dinding dengan menambahkan karbon aktif kulit singkong atau biasa disebut dengan *Cassava Peel Activated Carbon (CPAC)* pada sebagian semen yang digunakan sebagai bahan perekat tambahan pada dinding. Persentase kulit singkong pada bagian dalam dapat mencapai 15% dari berat total dan mengandung 59,31% karbon (Suprabawati, N.W., & Jasmansyah, 2018). Singkong (*Manihot Esculenta Crantz*) memiliki kandungan karbohidrat tinggi. Kandungan karbon yang tinggi dapat dimanfaatkan untuk pembuatan karbon aktif atau arang aktif alami. Zat aktif tersebut mampu mencegah lompatan energi elektron melewati titik kritis di lapisan terluar atom saat pembakaran yang sesuai dengan teori “free radical” oleh Randall Hartolaksone, tokoh penemu Indonesia (Pranowo, 2009).

Harapannya, pada penelitian ini CPAC memiliki daya tahan yang cukup lama untuk berikatan secara kovalen dengan bahan material dinding sehingga dapat berkontribusi pada terciptanya inovasi dinding yang memiliki ketahanan terhadap penjalaran api, serta menjadi bahan konstruksi alternatif yang ramah lingkungan.

II. METODOLOGI

A. Pembuatan Karbon Aktif Kulit Singkong

Pembuatan karbon aktif dimulai dengan tahap dehidrasi, kulit singkong dibersihkan terlebih dahulu dan bagian kulit luar berwarna coklat dibuang, sedangkan bagian putihnya dipotong dengan ukuran 50mm x5mm kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 24 jam hingga bahan baku kulit singkong kering dan kadar airnya hilang. Sedangkan pada tahap karbonisasi kulit singkong yang telah mengering dibungkus

dengan *aluminium foil* dan dibakar didalam *furnace* pada suhu 300°C selama 2 jam. Hasil karbonisasi berupa karbon tanpa aktivator. Tahap terakhir yaitu aktivasi dengan KOH 100 mL 3M kemudian di stirer menggunakan *stirer magnetic* selama 1 jam. Hasil aktivasi diendapkan selama 48 jam kemudian dinetralkan dengan HCl dan dicuci dengan aquades hingga mendapatkan ph 6-7. Hasil pengendapan dan penetralkan kemudian dikeringkan pada oven pada suhu 105°C selama 24 jam sehingga didapatkan serbuk karbon aktif.

B. Karakterisasi CPAC

Karakterisasi CPAC dilakukan melalui pengujian *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX)* untuk melihat morfologi permukaan sekaligus komposisi karbon aktif dan pengujian *Fourier Transform Infrared (FTIR)* untuk mengetahui ikatan-ikatan yang terbentuk di dalam karbon aktif yang berkaitan dengan gugus fungsi zat aktif yang mampu mencegah lompatan energi elektron melewati titik kritis di lapisan terluar atom saat terjadi kebakaran.

C. Rancangan Benda Uji

Benda uji berbentuk kubus dengan ukuran sisi 5 cm dibuat dari mortar campuran semen *portland*, CPAC, pasir kwarsa, dan air suling dengan variasi persentase penambahan CPAC pada bahan campuran mortar normal dengan kadar maksimum penambahan sebesar 25%. Variasi persentase penambahan CPAC dalam campuran adalah perbandingan volume antara CPAC dan semen yang digunakan.

TABLE I. VARIASI BENDA UJI

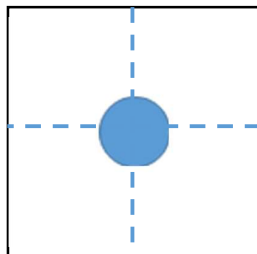
Kode Sampel	Volume Semen (%)	Volume CPAC (%)
M 0	100,0	0,0
M 1	95,0	5,0
M 2	90,0	10,0
M 3	85,0	15,0
M 4	80,0	20,0
M 5	75,0	25,0

D. Pengujian Tingkat Ketahanan Api Mortar

Pengujian tingkat ketahanan api dilakukan berdasarkan modifikasi SNI 1740 tahun 2008 dan menggunakan alat pembakaran dan untuk mendapatkan area pembakaran yang luas, digunakan tungku gas yang dimodifikasi seperti Gambar 1 di bawah ini. Sedangkan Gambar 2 merupakan titik pengukuran suhu ketika uji bakar dilakukan.



Gambar 1. Tungku Gas Pembakaran (Nastain & Maryoto, 2018)



Gambar 2. Titik Pengukuran Suhu (Penulis, 2020)

Penembakan api ke mortar dilakukan selama kurang lebih 90 menit dan dilakukan pengukuran tiap 10 menit pada sisi

batako yang terkena api (terekpose api) dan menggunakan thermometer infrared. Tingkat kerusakan akibat kebakaran juga diamati secara visual.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembuatan Cassava Peel Activated Carbon (CPAC)

Pada proses pembuatan material pengganti semen dari karbon aktif berbahan baku kulit singkong, mula-mula bahan baku yang dikumpulkan dicuci terlebih dahulu dengan cara menghilangkan tanah atau kotoran yang menempel. Kemudian bagian coklat dari kulit singkong dikupas dan bagian putih kulit singkong yang telah bersih dipotong kecil-kecil berukuran 0,5 cm x 2 cm selama 3 hari dijemur dibawah terik matahari. Kemudian kulit singkong dipanaskan menggunakan oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Suhu dan lama pengovenan menyesuaikan penelitian sebelumnya dari (Yusro & Zainuri, 2015), (Setiyoningsih, Indarti, & Mulyono, 2018), dan (Santoso, Susilo, & Nugroho, 2014). Proses ini merupakan proses dehidrasi untuk menghilangkan kadar air sisa karena kandungan air pada kulit singkong cukup banyak sekitar 7,9% hingga 10,32%. Proses dehidrasi menyebabkan kulit singkong menyusut secara volume dan berat 50% akibat panas matahari yang mampu membantu proses pelepasan kandungan air. Kulit singkong yang telah bersih dan telah melalui proses dehidrasi selanjutnya dilakukan proses karbonisasi dengan cara memanaskan kulit singkong pada suhu 250°C selama 4 jam.

Hasil karbonisasi pada penelitian ini disaring menggunakan ayakan 100 mesh sesuai SNI 06-3720 tahun 1995. Serbuk hasil penghalusan kemudian diaktivasi menggunakan activating agent yaitu *Kalium Hidroksida* atau *Pottasium Hidroksida (KOH)* 3M sesuai dengan penelitian sebelumnya. Penggunaan *activating agent* KOH 3M pada penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan serbuk karbon aktif terbaik dan memenuhi persyaratan arang aktif teknis yang sesuai dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Selanjutnya karbon aktif disaring dan dicuci dengan aquadest hingga mendapatkan pH netral dan hasil netralisasi dikeringkan menggunakan oven selama 24 jam pada suhu 105°C. Karbon aktif yang telah dihasilkan kemudian disimpan pada desikator modifikasi. Berikut Tabel 2 merupakan karakteristik karbon aktif kulit singkong yang telah dibuat sebelumnya.

TABLE II. KARAKTERISTIK FISIK CPAC

Karbon Aktif	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)
CPAC	10	5,5

Hasil pengujian kadar air dan kadar abu karbon aktif menunjukkan kesesuaian dengan SNI 06-3730 tahun 1995 khususnya syarat mutu karbon aktif berbentuk serbuk harus mengandung kadar air maksimal 15% dan kadar abu maksimal 10%.

B. Karakteristik Kimia CPAC

Penggunaan limbah agrikultur kulit singkong (*Cassava Peel*) sebagai bahan pozzolan atau sebagai *Supplementary Cementitious Materials (SCM)* pada dinding menjadi suatu hal yang sangat menarik untuk diteliti. Berdasarkan Uji SEM-EDX yang telah dilakukan, komposisi CPAC yang memproduksi reaksi *pozzolan* yaitu adanya unsur-unsur Al, O, Ca, Mg, S,

dan K yang nantinya akan berikatan dengan material semen pada mortar dengan beberapa komposisi senyawa semen seperti $\text{Ca}(\text{OH})_2$, SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , SO_3 , dan K_2O . Unsur-unsur pada Tabel 3 menunjukkan bahwasannya CPAC telah memenuhi kriteria atau persyaratan ASTM 618-78 yaitu mengandung unsur-unsur pozzolan.

C. Sampel Uji

Sampel yang akan digunakan sebagai benda uji berupa mortar berbentuk kubus dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm sesuai dengan SNI 1740 tahun 2008. Selain itu, sampel atau benda uji berbentuk kubus tersebut sesuai dengan SNI 03-6285 Tahun 2002 tentang metode pengujian kekuatan tekan mortar. Preliminary test yang dilakukan sebelum sampel kubus di uji diantaranya yaitu pengujian FTIR dan SEM-EDX untuk mengetahui karakteristik dari bahan baku material yang akan digunakan dalam pembuatan sampel uji mortar.

Bahan utama dalam pembuatan mortar yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen *portland* tipe 1. Perbandingan komposisi campuran semen + CPAC : Pasir : air adalah 2 : 6 : 1. Volume bruto mortar sebesar 125 mm³.

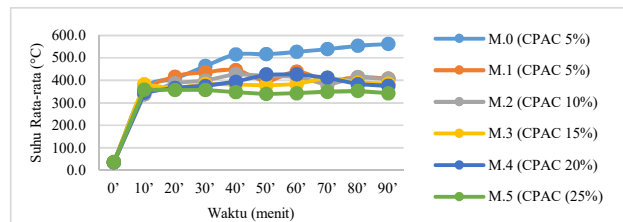
D. Tingkat Ketahanan Api Mortar

Pengujian ketahanan api dilakukan berdasarkan modifikasi SNI 1740 tahun 2008 dengan menggunakan gas *torch* (kompor bakar) dan *butane fuel* sebagai bahan bakar yang mampu menyesuaikan lokasi titik bakar yang digunakan dan suhunya mencapai 750°C. Pembakaran dilakukan kurang lebih 90 menit dan dilakukan pengukuran suhu pada titik pengukuran tiap 10 menit, baik pada sisi mortar yang terkena api langsung (terekpose api) maupun sisi sebaliknya (tidak terekpose api). Berikut Tabel 4 menunjukkan bahwa suhu meningkat secara tajam pada selang waktu 0-10 menit dan perlahan pada selang waktu 10-90 menit.

TABLE III. HASIL PENGUKURAN SUHU PADA SISI TEREKPOSE API

Kode Sampel	Suhu Pengukuran (°C)									
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	70'	80'	90'
M.0	35,4	35,8,3	40,7,6	46,4,2	51,5,4	51,6,5	52,6,9	53,8,7	55,4,1	56,1,9
M.1	36,0	33,9,2	41,5,6	43,6,0	44,5,0	39,8,7	43,8,3	40,0,0	41,3,7	40,8,5
M.2	36,7	33,7,1	38,7,9	39,8,9	42,8,5	41,9,4	41,8,1	37,9,7	41,4,2	40,6,4
M.3	36,2	38,2,1	36,2,4	38,4,4	38,1,5	37,8,5	38,2,9	41,2,5	38,9,3	38,5,7
M.4	36,1	34,5,5	36,6,8	37,4,5	39,3,5	42,6,2	42,6,9	41,1,3	38,3,1	37,5,6
M.5	36,3	35,9,0	35,7,7	35,7,6	34,7,5	33,9,5	34,2,8	34,9,5	35,2,7	34,3,0

Berikut Gambar 4 menunjukkan hubungan suhu rata-rata dengan lama waktu pembakaran pada berbagai variasi komposisi mortar pada sampel yang terkena paparan api secara langsung (terekpose api).



Gambar 4. Hubungan Suhu dan Lama Pembakaran pada Berbagai Variasi Komposisi Sampel Uji (pada Sisi Terekpose Api) (Hasil Pengujian, 2020)

Hasil pengujian pada Gambar 4 di atas menunjukkan bahwa suhu pada sisi yang terpapar api secara langsung (terekpose api) meningkat seiring bertambahnya waktu pembakaran. Tetapi menurun seiring meningkatnya CPAC dalam mortar sampel uji. Hal tersebut dimungkinkan karena adanya ikatan unsur dari kedua material yang mampu menurunkan suhu kebakaran.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian bakar yang telah dilakukan, pada sisi sampel uji yang terekpose api menunjukkan bahwa suhu semakin meningkat seiring bertambahnya waktu kebakaran tetapi rata-rata suhu menurun ketika persentase CPAC yang digunakan lebih banyak. Hal tersebut dikarenakan terdapat ikatan-ikatan antara CPAC dengan material pembuatan mortar yang mampu memutus rantai kimia ketika kebakaran terjadi sehingga suhu pada saat kebakaran menurun. Berdasarkan grafik analisa hasil uji bakar, sampel mortar dengan kode M.5 (CPAC 25%) merupakan sampel uji yang paling baik dalam mempertahankan api dan panas ketika uji bakar dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah mendanai penelitian ini sehingga dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] (BNPB), B. N. (2020, Januari 09). Data Kejadian Bencana Kebakaran. Diambil kembali dari <http://geospasial.bnpb.go.id/pantauanbencana/data/dataakbukumikmall.php>.
- [2] (BPS), B. P. (2019). Produksi Ubi Kayu Menurut Provinsi 2014-2018. Jakarta: Badan Pusat Statisti (BPS) Kementerian Pertanian.
- [3] Indonesia, B. S. (1995). SNI 06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- [4] Indonesia, B. S. (2002). SNI 03-6285-2002 tentang Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland untuk Pekerjaan Sipil. Jakarta: Badan Standar Nasional Indonesia.
- [5] Indonesia, K. P. (2008). Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008 Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan. Jakarta: KEMENPUPR
- [6] Indonesia, R. (2008). UU RI No 28 Tahun 2008 tentang Bangunan Gedung. Jakarta: Republik Indonesia.
- [7] Suprabawati, A., N.W., H., & Jasmansyah. (2018). Kulit Singkong (Manihot Esculenta Crantz) sebagai Karbon Aktif dengan Berbagai Langkah Pembuatan untuk Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb²⁺) dalam Air. Jurnal Kartika Kimia Vol.1 No..1, 21-28.
- [8] Yusro, K., & Zainuri, M. (2015). Karakterisasi Material Penyerap Gelombang Radar Berbahan Dasar Karbon Aktif Kulit Singkong dan Barium M-Heksaferit. Jurnal Sains dan Seni Vol.4 No.1,1-4.