

## REAKSI JARAK PEMBAKARAN TERHADAP SUHU PLESTER DINDING

**Masayu Widiastuti<sup>1)</sup>, Ery Budiman<sup>2)</sup>, Fachriza Noor Abdi<sup>3)</sup>.**

<sup>1)</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9  
Kampus Gunung Kelua, Samarinda  
e-mail: [masayuwidi@ft.unmul.ac.id](mailto:masayuwidi@ft.unmul.ac.id)

<sup>2)</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9  
Kampus Gunung Kelua, Samarinda  
e-mail: [ery\\_budi@yahoo.com](mailto:ery_budi@yahoo.com)

<sup>3)</sup>Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman, Jl. Sambaliung No.9  
Kampus Gunung Kelua, Samarinda  
e-mail: [fnabdi@yahoo.com](mailto:fnabdi@yahoo.com) / [fnabdi@ft.unmul.ac.id](mailto:fnabdi@ft.unmul.ac.id)

### Abstrak

Kepadatan bangunan yang ada kadang membawa resiko bencana yang timbul akibat kebakaran yang terjadi. Upaya untuk menghambat resiko tersebut dengan memperhatikan kondisi bangunan dengan memodifikasi terhadap bahan campuran plesteran dinding menggunakan bahan yang memiliki karakteristik dapat menghambat rambatan panas dan tahan terhadap bakar api.

Dan dalam penelitian ini dilakukan tinjauan terhadap pengaruh jarak pembakaran terhadap suhu plesteran dinding. Plesteran dinding dibentuk berupa panel yang kemudian diuji bakar. Hasil yang diperoleh bahwa semakin jauh jarak api semakin kecil suhu pada titik tinjau tersebut. Pada jarak yang sama pengaruh suhu pada varian panel menunjukkan perbedaan suhu, hal tersebut dipengaruhi perbedaan sifat dan karakteristik rambat panas material pembentuknya dalam menghantar panas. Pada jarak yang sama suhu panas sisi bakar lebih tinggi dibanding sisi belakang titik bakar dan pada awal proses pembakaran terjadi peningkatan suhu pada titik tinjau, seiring bertambahnya waktu pertambahan suhu cenderung menurun.

Kata kunci: Plesteran dinding, Karakteristik, titik bakar

### Abstract

*The density of existing buildings sometimes carries a risk of disaster arising from the fire that occurs. Efforts to inhibit this risk by taking into account the condition of the building by modifying the mixture of wall plaster using materials that have characteristics that can inhibit heat propagation and are resistant to fire. And in this study a review was carried out on the effect of the firing distance on the temperature of the wall plaster. The wall plaster is formed in the form of panels which are then tested for fire. The results obtained are that the farther the fire is, the smaller the temperature at the review point. At the same distance the effect of temperature on the panel variants shows a difference in temperature, this is influenced by differences in the properties and characteristics of the heat propagation of the forming material in conducting heat.*

*At the same distance the hot temperature of the combustion side is higher than the back side of the burn point and at the beginning of the combustion process the temperature increases at the review point, with increasing time the temperature tends to decrease.*

*Key words: Wall plastering, characteristics, burning point*

## Pendahuluan

Perkembangan suatu daerah selalu seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, sehingga dengan peningkatan jumlah penduduk kebutuhan bangunan juga meningkat.

Pertumbuhan kebutuhan bangunan sebagai tempat tinggal (rumah) maupun fasilitas lainnya juga dialami di kota Samarinda seiring bertambahnya penduduk.

Kepadatan bangunan yang ada kadang membawa resiko bencana yang timbul akibat kebakaran yang terjadi. Sehingga perlu dilakukan penataan dan pengembangan terhadap bangunan yang ada, dengan upaya memberikan perhatian terhadap kondisi bangunan yang ada. Dalam upaya peningkatan kualitas bahan bangunan perlu dilakukan penelitian pembuatan plesteran sebagai penutup dinding dengan memanfaatkan bahan tambah yang mempunyai karakteristik tahan terhadap panas api, berupa limbah kaca, limbah keramik dan tanah lempung.

Alternatif penggunaan bahan campuran plesteran dinding yang digunakan sebagai penutup dinding beton dan kayu dengan tambahan bahan penghambat panas dan tahan terhadap bakar api.

Tujuan Penelitian ini untuk mendapatkan produk inovasi teknologi campuran bahan plesteran dinding sebagai pelindung kebakaran, dengan memanfaatkan karakteristik/sifat teknis dari tanah lempung, limbah pecahan keramik, limbah pecahan kaca untuk konduksi panas api.

Dapat memprediksi reaksi pengaruh jarak bakar api terhadap suhu bahan konstruksi berupa plesteran dinding maupun bahan konstruksi lainnya, sebagai ketahanan konstruksi, serta menerapkan manfaat pada penelitian lanjutan.

## Landasan Teori

### Karakteristik Tanah Lempung

Tanah lempung lunak memiliki karakteristik yang khusus diantaranya daya dukung rendah, kemampuan yang tinggi, indeks plastisitas yang tinggi, kadar air relatif tinggi, serta gaya geser yang kecil. Tanah lempung adalah tanah yang mempunyai partikel mineral tertentu yang menghasilkan sifat-sifat plastis

pada tanah bila dicampur air dan dalam keadaan kering akan menjadi keras, sedangkan bila dibakar akan menjadi padat dan kuat. Tanah lempung yang terlalu plastis pada umumnya memiliki persentase penyusutan lebih dari 15% sehingga mengalami resiko retak/pecah yang tinggi. Untuk mengatasinya dapat ditambahkan pasir halus.

Tanah lempung memiliki kualitas kemampuan bakar, suhu bakar berkaitan langsung dengan suhu kematangan, yaitu kondisi benda yang telah mencapai kematangan pada suhu tertentu secara tepat tanpa mengalami perubahan bentuk. Dalam proses pembakaran tanah lempung akan mengalami proses perubahan (*ceramic change*) pada suhu sekitar 600°C, dengan hilangnya air pembentuk dari bahan benda.

### Karakteristik Kaca

Kaca adalah benda keras, dengan sifat keras, transparan, bening, dan dapat pecah. (untuk jendela, botol, dan sebagainya). Kaca sebagai produk anorganik yang dilebur dan didinginkan secara cepat tanpa terjadi pengkristalan.

Kaca dihasilkan dari SiO<sub>2</sub> (dalam kimia disebut dengan kwarsa), yaitu pasir yang dilelehkan hingga mencapai suhu 2000°C. Pada kondisi kaca cair akan memiliki sifat rekat tinggi terhadap semua bahan yang digunakan dalam industri tahan api. Kemampuan adhesifnya adalah 3-5 kali lebih tinggi dari semen, yang memastikan produksi beton tahan panas berkualitas tinggi atas dasar campurannya. Aplikasi penggunaan kaca di berbagai elemen bangunan, diantaranya dapat digunakan untuk atap, dinding, lantai, jendela, pintu, dan anak tangga. Kaca memiliki berbagai spesifikasi yang bervariasi sehingga memudahkan penggunaan untuk berbagai keperluan.

Dalam keseharian penggunaan kaca cukup banyak. Maka akan semakin banyak pula sampah kaca yang dihasilkan seperti botol kaca bekas minuman, pecahan kaca jendela, dan sampah kaca dari peralatan rumah tangga lainnya. Karena kaca adalah sampah anorganik seperti yang sudah disebutkan sebelumnya, maka untuk mengurangi sampah kaca dengan sistem *reuse* (memakai kembali) dan *recycling* (mendaur ulang).

### **Karakteristik Keramik**

Keramik adalah semua benda-benda yang terbuat dari tanah liat/lempung yang mengalami suatu proses pengerasan dengan pembakaran suhu tinggi.

Adapun sifat keramik antara lain: tidak korosif, ringan, keras dan stabil pada suhu tinggi. Keramik pada umumnya mempunyai struktur kristalin dan sedikit elektron bebasnya. Susunan kimia keramik sangat bermacam-macam yang terdiri dari senyawa yang sederhana hingga campuran beberapa fase kompleks.

Kekuatan dan ikatan keramik menyebabkan tingginya titik lebur, tahan korosi, rendahnya konduktivitas termal, dan tingginya kekuatan kompresif dari material tersebut. Secara umum keramik mempunyai senyawa-senyawa kimia antara lain:  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{TiC}$ ,  $\text{UO}_2$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{MgSiO}_3$ , dan lain-lain (Aprilina, 2005).

Keramik memiliki sifat-sifat sebagai berikut :

- Memiliki kapasitas panas yang baik dan konduktivitas panas yang rendah.
- Mampu menahan terhadap korosi.
- Dapat bersifat magnetik dan nonmagnetik.
- Keras, dan kuat
- Dapat menjadi isolator sebagai sifat listriknya, semikonduktor, konduktor bahkan super konduktor.

Bahan-bahan tahan panas, berupa bahan yang terdiri dari bahan yang mengandung magnesium dan silika aluminium.

### **Plesteran Dinding**

Plesteran dinding dipasang setelah pemasangan batu bata selesai. Plesteran sebagai lapisan penutup suatu bidang bangunan agar tingkat kekuatannya lebih kokoh, sehingga kualitas plesteran yang diberikan bisa mempengaruhi daya tahan yang dimiliki oleh dinding bangunan. Tahapan plesteran dinding merupakan landasan utama mencapai finishing dinding yang baik dan umumnya komposisi dari adukan plesteran ini adalah semen, pasir dan air.

Dalam menggunakan adukan plesteran menurut SNI 2008 ada tiga jenis komposisi perbandingan, yaitu :

Plesteran Dengan Komposisi 1 PC : 4 PP

Plesteran Dengan Komposisi 1 PC : 5 PP

Plesteran Dengan Komposisi 1 PC : 6 PP

### **Uji Pembakaran**

Uji Pembakaran dalam kegiatan penelitian ini adalah untuk melihat perpindahan panas (suhu). Secara umum perpindahan panas dapat terjadi dalam 3 mekanisme, yaitu konduksi, konveksi dan radiasi. Konveksi adalah perpindahan panas melalui gerakan udara, dimana sebagian panas api yang dihasilkan dipermukaan material ditransmisikan ke udara membentuk gas gas panas. Konduksi adalah perpindahan panas melalui material padat. Radiasi adalah perpindahan panas oleh gelombang elektromagnetik.

Bahan yang mempunyai konduktivitas yang baik disebut dengan konduktor, misalnya logam. Sedangkan bahan yang mempunyai konduktivitas jelek disebut isolator, misalnya asbes, wol, dan lain lain.

Bahan dikatakan konduktor apabila bahan mempunyai nilai  $k$  yang besar yaitu  $> 4.15 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , umumnya bahan terbuat dari logam. Sedangkan untuk isolator mempunyai nilai  $k < 4.01 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ , biasanya bahan tersebut terbuat dari bahan bukan logam, sehingga nilai konduktivitas termal menentukan jenis dari penghantar yaitu konduksi panas yang baik (*good conductor*) nilai koefisien konduktivitas termal besar, dan penghantar panas yang tidak baik (*good isolator*) untuk nilai koefisien panas yang kecil

### **Metodologi**

Metode yang dipakai dalam penelitian ini berupa metode Experimental yang dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Sipil dan Workshop Fakultas Teknik Universitas Mulawaraman.

Metode eksperimen yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah pengembangan baru metode pencampuran trial mix.

Bahan-bahan yang digunakan berupa :

- Semen, dalam penelitian ini digunakan adalah semen tipe PCC (*Portland Composite Cement*) dengan merk Semen Tonasa, yang

- berfungsi sebagai pengikat campuran.
2. Agregat halus yang digunakan berupa pasir Palu, dengan kondisi agregat halus yaitu pasir yang lolos pada saringan 4,75 mm. Sebelum dipakai sebagai benda uji, pasir diuji untuk mengetahui kelayakan dan data teknis meliputi kandungan lumpur, gradasi pasir dan berat jenis.
  3. Tanah Lempung, tanah Lempung hitam sebagai bahan campuran plesteran, yang dilakukan pengeringan dan penghancuran terlebih dahulu.
  4. Limbah Kaca, limbah pecahan kaca yang digunakan merupakan hasil yang sudah dihancurkan mendekati gradasi pasir yang digunakan.
  5. Limbah pecahan keramik, limbah pecahan keramik yang digunakan merupakan hasil yang sudah dihancurkan mendekati gradasi pasir yang digunakan.
  6. Air berasal dari Laboratorium Rekayasa Sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawarman.

Peralatan yang digunakan berupa Alat uji Fisis Agregat halus, palu penghancur keramik dan kaca, Mold cetak panel dari triplek dengan dimensi 40 cm x 20 cm x 3 cm. Furnish (Tungku Bakar) dibuat modifikasi agar pembakaran secara horisontal, Gas LPG, Thermo couple, Stop Watch, Alat pemadat dan cetok gasir

#### Pembuatan Benda Uji

Variasi dan jumlah benda uji yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 4 varian campuran bahan yang berbeda, dengan komposisi hasil untuk trial mix.

#### Tipe Plesteran 1:

Tanah Lempung, Pasir, Semen, Air

#### Tipe Plesteran 2:

Pecahan Kaca, Pasir, Semen, Air

#### Tipe Plesteran 3:

Pecahan Keramik, Pasir, Semen, Air

#### Tipe Plesteran 4:

Pasir, Semen, Air (sebagai tipe normal)

Benda uji dibentuk berupa panel dengan dimensi (lebar) 20 cm x (panjang) 40 cm, x (tebal) 3 cm

Jumlah masing masing varian 6 sampel, yang dengan variasi 4 tipe sehingga jumlah keseluruhan sampel 24 buah. Pengujian pada benda uji dilakukan setelah pemeraman 14 hari.

#### Pengujian Benda Uji

Dalam proses ini sampel berupa panel plesteran diberi tanda titik di bagian sisi pembakaran (sisi yang terkena api) dan sisi sebaliknya (sisi yang tidak terkena api), dengan posisi bahwa titik (0) sebagai titik pembakaran berada di 5 cm dari sisi lebar dan 10 cm dari sisi panjang panel. Selanjutnya titik pemantauan diletakkan searah sisi memanjang yaitu titik (1) berjarak 5 cm dari titik pembakaran, titik (2) berjarak 10 cm dari titik pembakaran, dan titik (3) berjarak 20 cm dari titik pembakaran, titik (4) berjarak 30 cm dari titik pembakaran. Pengukuran temperatur dilakukan pada tanda titik dengan masing masing titik interval waktu 10 menit selama pembakaran 2 jam.

Pengujian bakar panel plesteran ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan material plesteran terhadap api. Pengujian ini dilakukan merujuk pada standar SNI 03-1746-1989 yang menyebutkan bahwa bangunan evakuasi kebakaran terdiri dari konstruksi tahan api selama 2 jam.

#### Hasil

##### Data Bahan Penyusun Plesteran

Bahan utama Plesteran berupa Pasir, Semen dan Air, dan varian bahan tambah yang digunakan berupa pecahan kaca, pecahan keramik, dan tanah lempung. Pada penelitian ini penentuan komposisi plesteran menurut SNI 2008, digunakan Plesteran Komposisi 1 PC : 4 PP, dengan faktor air semen menyesuaikan kondisi bahan.

Dari pengujian properties bahan campuran plesteran diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Properties Pasir Palu

Jenis Pengujian	Hasil
Berat Jenis	2,69
Penyerapan	0,61
Kadar Air	7%
Kadar Lumpur	4,08%
Gradasi Agregat Halus	Zona I
Modulus Kehalusan Butir (MHB)	3,6
Organik	Skala 2

Tabel 2. Propesties Tanah Lempung

Jenis Pengujian	Hasil
Berat Jenis	2,395
Batas Cair	45,1 %
Batas Plastis	25,4 %
Indeks Plastisitas	19,7 %

Dalam penentuan pasir dan bahan tambahan pada pasir (kaca, keramik, dan tanah lempung) sesuai perhitungan dalam SNI sehingga kebutuhan bahan untuksampel dapat terlihat pada tabel 3 dan 4 dibawah ini :

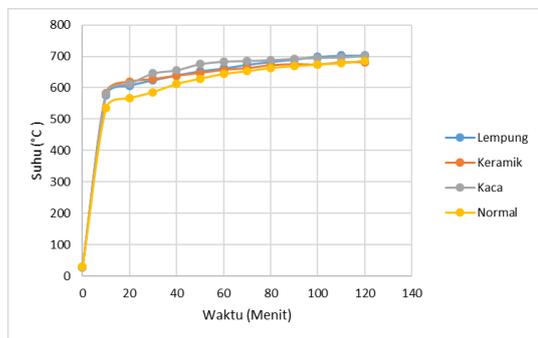
Tabel 3. Bahan dalam 6 sampel tiap varian

Varian	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (FAS 0.5) (kg)	Bahan Tambahan pasir (kg)	Penambahan air (kg)
1PC : 4 PP	9,072	30,989	4,536	0,000	0
1PC : 2.7PP : 1.3Kaca	9,072	20,659	4,536	10,330	0
1PC : 2.7PP : 1.3 Keramik	9,072	20,659	4,536	10,330	0
1PC : 2.7PP : 1.3 Lempung	9,072	20,659	4,536	9,197	4,1477568

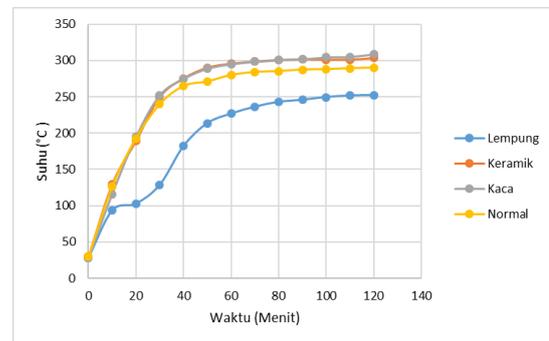
Tabel 4. Komposisi bahan campuran per M<sup>3</sup>

Varian	Semen (kg)	Pasir (kg)	Air (FAS 0.5) (kg)	Bahan Pengganti (kg)	Penambahan air (kg)
1PC : 4 PP	630	2152,000	315	0,000	0,000
1PC : 2.7PP : 1.3Kaca	630	1434,667	315	717,333	0,000
1PC : 2.7PP : 1.3 Keramik	630	1434,667	315	717,333	0,000
1PC : 2.7PP : 1.3 Lempung	630	1434,667	315	638,667	288,039

Berikut adalah hasil rerata dari uji pembakaran terhadap varian sampel, berupa grafik perubahan suhu rata-rata yang terjadi pada benda uji.

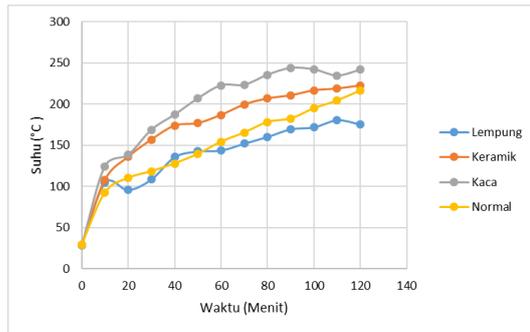


Grafik 1. perubahan suhu titik(0)sisi bakar

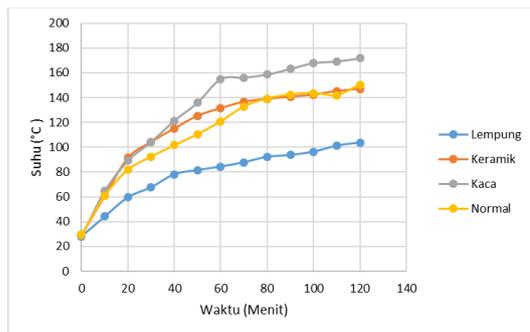


Grafik 2. perubahan suhu titik (0) cm sisi belakang

Tampak pada Grafik 1 bahwa suhu dititik (0) sisi pembakaran untuk semua varian panel kondisinya relative sama, yaitu terjadi peningkatan suhu material pada 10 menit pertama 550<sup>0</sup>C - 600<sup>0</sup>C hal ini menunjukkan reaksi semua pelat menyerap panas permukaan seketika, dan suhu terendah pada panel Normal. Seiring pertambahan waktu terjadi peningkatan Suhu yang sama antara varian panel. Pada grafik (2) yaitu dititik (0) yang berseberangan sisi (bagian belakang) tampak perbedaan suhu yang cukup signifikan dari rerata 700<sup>0</sup>C di sisi pembakaran dan rerata 300<sup>0</sup>C di sisi belakang untuk panel campuran kaca dan campuran keramik, sementara campuran normal berkisar pada rerata 285<sup>0</sup>C dan campuran lempung pada suhu 250<sup>0</sup>C, hal ini dipengaruhi adanya ketebalan sampel dan varian bahan campuran.



Grafik 3. perubahan suhu jarak 10 cm sisi bakar



Grafik 4. perubahan suhu jarak 10 cm sisi belakang

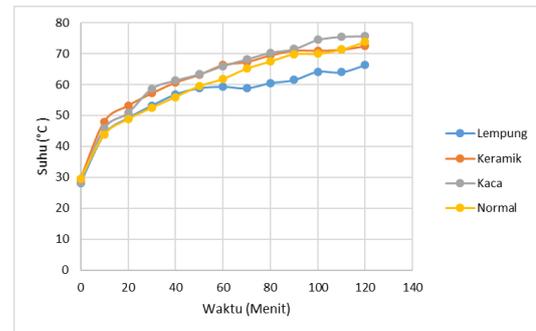
Grafik 3 merupakan keadaan suhu pada titik yang berjarak 10 cm dari titik bakar, memperlihatkan suhu yang lebih rendah dari titik 0 dan tampak bahwa pada jarak tersebut suhu varian panel kaca lebih tinggi dari varian

lainnya, dan suhu terendah pada varian panel lempung.

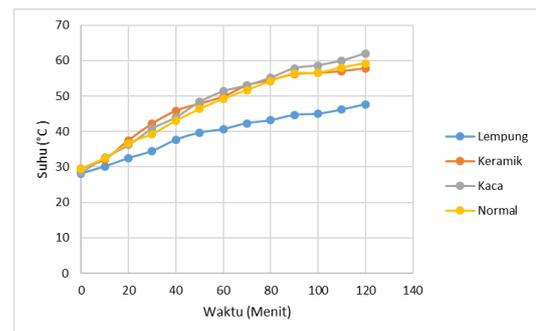
Pada menit ke 120 tampak suhu panel varian kaca, keramik dan normal masih diatas 200<sup>0</sup>C, sementara pada panel lempung suhu pada menit tersebut di bawah 200<sup>0</sup>C.

Grafik 4, merupakan suhu pada titik yang berjarak 10 cm dari sisi belakang titik bakar, menunjukkan suhu panel kaca pada menit ke 120 adalah 178<sup>0</sup>C sementara panel normal dan panel keramik cenderung sama yaitu 150<sup>0</sup>C dan panel lempung 100<sup>0</sup>C, titik tinjau ini memiliki suhu yang lebih rendah daripada sisi bakar.

Selanjutnya dari pembacaan suhu berjarak 20 cm dari titik bakar pada sisi bakar dan sisi belakang dapat terlihat sebagai berikut :



Grafik 5. perubahan suhu jarak 20 cm sisi pembakaran



Grafik 6. perubahan suhu jarak 20 cm sisi belakang

Grafik 5 merupakan suhu pada titik yang berjarak 20 cm dari titik bakar, memperlihatkan suhu yang lebih rendah dari grafik 3 dan tampak bahwa pada jarak tersebut suhu varian panel kaca lebih tinggi dari varian lainnya, dan suhu

terendah pada varian panel lempung.

Pada menit ke 120 tampak suhu panel varian kaca 78°C, panel keramik dan normal masih 73°C, sementara pada panel lempung suhu pada menit tersebut 68°C.

Grafik 6, merupakan suhu pada titik yang berjarak 20 cm dari sisi belakang titik bakar, menunjukkan suhu panel kaca pada menit ke 120 adalah 61°C sementara panel normal dan panel keramik cenderung sama yaitu 58°C dan panel lempung 49°C.

Grafik 2, memperlihatkan bahwa suhu pada titik (0) disisi belakang (3 cm tebal panel) memiliki suhu yang lebih rendah bila dibandingkan dengan suhu pada jarak 3 cm disisi bakar (merujuk pada grafik 3), hal ini disebabkan transfer panas api disisi belakang harus menembus material padatnya sementara panas pada sisi bakar selain karena panas api, uap panas api juga turut meningkatkan suhu permukaan titik tinjau tersebut.

### Kesimpulan

1. Dari hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa pengaruh jarak api pada titik tinjau mempengaruhi suhu material panel. Semakin jauh jarak api semakin kecil suhu pada titik tinjau tersebut.
2. Dan pada jarak yang sama pengaruh suhu pada varian panel menunjukkan perbedaan suhu. Hal tersebut dikarenakan perbedaan sifat dan karakteristik rambat panas material pembentuknya dalam menghantar panas.
3. Pada jarak yang sama suhu panas sisi bakar lebih tinggi dibanding sisi belakang titik bakar
4. Peningkatan suhu pada titik tinjau terjadi diawal proses pembakaran dan seiring bertambahnya waktu pertambahan suhu cenderung menurun

Berikut adalah gambar proses kegiatan penelitian yang dilakukan di laboratorium Rekayasa sipil Fakultas Teknik Universitas Mulawarman



Gambar 1. Pencetakan panel plesteran



Gambar 2. Setting perletakan alat bakar dan panel



Gambar 3. Proses pembakaran pada titik bakar

### DAFTAR PUSTAKA

1. ASTM E119-88, *Standard Test Method for fire Tests of Building Construction and Material*, Volume 04.07 Building Seals and Sealants: Fire Standards; Building Constructions, American Society of Testing and Material, Philadelphia PA., pp331- 351.
2. Akmal, Imelda. (2009). *Rumah Ide: Kaca dan Fiberglass*. Gramedia: Jakarta
3. Antoni dan Nugraha, Paul. 2007. *Teknologi Beton*. Penerbit Andi Offset. Yogyakarta.
4. Boedi Wibowo dkk, *Agustus 2012*.

- Pengaruh kehalusan pasir terhadap kuat tekan beton*". Jurnal Sipil Volume 10, Nomor 2  
[.http://www.iptek.its.ac.id/index.php/jats/article/view/2667](http://www.iptek.its.ac.id/index.php/jats/article/view/2667) 10 maret 2020.
5. Departemen Pekerjaan Umum. Badan Penelitian Dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. SNI1970:2008
  6. Maksun Tanubrata, 2016, Penjalaran Kebakaran Pada Suatu Konstruksi Bangunan Gedung Akibat Sumber Panas, Jurnal Teknik Sipil Volume 12, Universitas Kristen Maranatha
  7. Nugroho, F.I., 2014, Konduktivitas dan Ketahanan Api Batako *Papercrete* Sebagai Material Dinding Bangunan, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
  8. Reni Sulistyowati - Media Komunikasi Teknik Sipil Vol. 13, Okt. 2005
  9. Standar Nasional Indonesia. 1989. *Pemasangan Alat Bantu Evakuasi untuk Pencegahan Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Rumah dan Gedung (SNI 03-1746-1989)*. Bandung.