

KETAHANAN PELAT BETON KOMPOSIT ALDECK TERHADAP API DAN KINERJA PELAT BAJA GELOMBANG SEBAGAI PENGGANTI TULANGAN POSITIF

Oleh: Lasino, Dany Cahyadi, M. Nur Fajri

Pusat Litbang Permukiman Jl. Panyaungan, Cileunyi Wetan – Kab. Bandung 40393

E-mail: lsn_pu@yahoo.com

Tanggal masuk naskah: 29 Februari 2008, Tanggal revisi terakhir : 29 Mei 2008

Abstrak

Telah dilakukan penelitian mengenai pelat beton komposit aldeck. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan pelat beton komposit aldeck terhadap api dan kinerja pelat baja gelombang sebagai pengganti tulangan positif yang dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis teknis dan ekonomis dalam pengembangannya. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan melakukan pembuatan benda uji berupa panel beton komposit Aldeck, berukuran 356 cm x 300 cm x 12 cm dari bahan beton mutu yang disyaratkan $f'c$ 27,5 N/mm² dan lapisan dasar baja gelombang. Dari hasil pengujian berupa uji bakar dapat disimpulkan bahwa pelat baja gelombang Aldeck dapat berfungsi sebagai pengganti tulangan positif sekaligus sebagai dasar (floor decking) dalam pembuatan komponen panel beton.

Kata kunci : Aldeck, Pelat Baja, Pelat Beton Komposit.

Abstract

A research of aldeck composite concrete slab has been conducted. This research aims at knowing the endurance of aldeck composite concrete slab to fire resistance and the performance of corrugated steel plate as the substitute of positive momen which can serve as a fundamental principle in technical analysis and economic. Research method applied is experimental method by making a specimen of composite aldeck concrete slab. The size of the specimen is 356 cm x 300 cm x 12 cm with the required concrete material $f'c$ 27,5 N/mm² and corugated steel bed plate. From the result of burning test, it can be concluded that Aldeck corrugated steel plate can be used as positive momen also as the base (floor decking) in making of concrete panel component.

Keywords : Aldeck, Steel Plate, Composite Concrete Slab.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Adanya produk lembaran baja gelombang yang dapat digunakan sebagai dasar dalam pembuatan pelat beton komposit dan telah banyak beredar di pasaran, maka perlu dilakukan penelitian terhadap ketahanan api yang merupakan salah satu persyaratan penting dari komponen bangunan. Sesuai dengan persyaratan teknis yang

tertuang dalam Undang-Undang No. 28 Th. 2002 tentang Bangunan Gedung khususnya pada pasal 17 sampai dengan pasal 20 maka komponen bangunan harus mempunyai ketahanan terhadap api (TKA) tertentu sesuai dengan kelas atau fungsi bangunan. Penelitian ini juga untuk mengetahui kinerja pelat tersebut, karena selain berfungsi sebagai dasar pelat beton juga berfungsi pula sebagai pengganti tulangan momen positif pada komponen tersebut. Berdasarkan spe-

sifikasi produk dari bahan tersebut disebutkan bahwa penggunaan bahan ini dapat berfungsi pula sebagai pengganti tulangan positif, sehingga tidak memerlukan penambahan tulangan, yang berarti dapat mengurangi biaya konstruksi.

Beberapa keunggulan dari bahan ini di antaranya adalah bentuknya yang sederhana sehingga dalam penggunaan tidak memerlukan tenaga ahli khusus, dibentuk sedemikian rupa sehingga memiliki ikatan secara mekanik terhadap beton di atasnya. Pelat gelombang sisi atas dapat berfungsi sebagai pengganti tulangan positif, diberi lapisan tahan karat sehingga mempunyai umur pakai (*life time*) yang cukup panjang, dan untuk kondisi tertentu dapat berfungsi sekaligus sebagai penutup langit-langit.

Terlepas dari beberapa keunggulan tersebut, karena bahan ini merupakan bahan logam yang memang rentan terhadap temperatur tinggi, maka diperkirakan masih memiliki kelemahan dari aspek ketahanan terhadap api, terutama pada temperatur tinggi dengan tenggang waktu yang cukup lama. Untuk mengetahui sejauhmana ketahanan komponen aldeck ini terhadap api, maka perlu dilakukan penelitian uji bakar skala penuh dengan variabel luas tulangan dan pemberian beban uji pada komponen pelat tersebut.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan pelat beton komposit aldeck terhadap api dan kinerja pelat baja gelombang sebagai pengganti tulangan positif yang dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis teknis dan ekonomis dalam pengembangannya.

TINJAUAN PUSTAKA

Perilaku Baja terhadap Temperatur Tinggi

Pada temperatur di atas 93°C kurva tegangan regangan pada baja mulai tidak linier dan secara bertahap titik leleh akan menghilang. Modulus elastisitas, kuat leleh dan kuat tarik putus akan menurun seiring dengan meningkatnya temperatur pada baja. Pada temperatur 430°C sampai dengan 530°C terjadi laju penurunan yang sangat drastis, karena pada temperatur ini baja mulai mencapai titik leleh. Walaupun perilaku baja terhadap temperatur tinggi selalu berbeda namun secara umum akan mempunyai perilaku yang sama, hal ini disebabkan oleh sifat kimia dan mikrostrukturnya yang berbeda.

Baja dengan persentase karbon yang tinggi seperti A36 dan A40 menunjukkan pelapukan regangan (*strain aging*) pada temperatur 150°C sampai dengan 370°C, ini terlihat dari kenaikan relatif titik leleh dan kekuatan tarik pada daerah temperatur tersebut dari nilai rata-ratanya. Tetapi pada temperatur bakar mencapai 260°C sampai dengan 320°C, kekuatan tarik *ultimate* akan naik sebesar 10% dari kondisi normal, sedangkan kekuatannya tidak memberikan perbedaan yang signifikan. Pelapukan regangan akan menyebabkan turunnya kekuatan dan kekakuan, sehingga sangat merugikan terhadap struktur baja. Sedangkan penurunan nilai modulus elastisitas pada temperatur dibawah 540°C belum terlalu signifikan tetapi pada temperatur di atas 540°C akan turun secara drastis.

Suatu catatan penting bahwa pada suhu antara 260°C sampai dengan 320°C deformasi pada baja akan meningkat sebanding dengan lamanya waktu pem-

bebanan. Fenomena ini mirip dengan peristiwa rangkai (*creep*) pada baja akibat pembebanan tetap. Pengaruh temperatur tinggi terhadap sifat lainnya adalah dapat memperbaiki daya tahan kejut takik sampai kira-kira 65°C sampai dengan 95°C, tetapi dapat meningkatkan sifat getasnya akibat perubahan metalurgis, seperti pengendapan se-nyawa karbon yang mulai terjadi pada temperatur 510°C. Baja umumnya di-gunakan pada keadaan temperatur dibawah 540°C dan beberapa baja yang diberi perlakuan panas harus dijaga agar temperaturnya dibawah 430°C.

Perilaku Beton terhadap Temperatur Tinggi

Sifat beton pada saat terbakar sangat tergantung pada agregat atau campuran bahan yang digunakan. Batu andesit, batu apung (*clinker*) dan bahan bersifat pozolan seperti *fly ash*, bubuk bata merah dan sejenisnya mempunyai sifat lebih tahan terhadap temperatur tinggi. Sedangkan agregat dari batu kapur (*kalsit*), obsidian dan sejenisnya akan cepat berubah sifat dan bentuknya apabila terkena panas sehingga akan mengembang dan akhirnya akan meledak. Kekuatan beton akan menurun secara signifikan mulai pada temperatur 200°C dan akan dibarengi dengan ke-rusakan secara fisis pada temperatur diatas 450°C yang diiringi dengan perubahan sifat fisis seperti terjadi retak, terkelupas (*spalling*), lendutan dan perubahan bentuk lainnya.

Persyaratan Lendutan

Akibat temperatur tinggi yang terkena langsung pada komponen pelat beton, akan mengakibatkan perubahan bentuk yaitu melendut terutama dalam kondisi terbebani. Hal ini karena melelehnya baja tulangan sebagai elemen penahan

tarik pada sistem struktur tersebut. Persyaratan lendutan menurut Australian Standard (AS) 1530.4-1990 pasal 4.7.2, adalah sebagai berikut :

- Lendutan maksimum (δ_{maks}) mm jika bentang pelat (L) sepanjang 2,5 meter, adalah :

$$\delta_{maks} = \frac{L}{20} (mm) = \frac{2500}{20} (mm) = 125 mm$$

- Laju lendutan maksimum (δ maks) mm/menit Untuk ketebalan pelat lantai 12 cm, adalah:

$$\delta_{maks} = \frac{L^2}{9000 \times d} (mm/menit)$$

$$\delta_{maks} = \frac{(2500)^2}{9000 \times 120} (mm/menit)$$

$$\delta_{maks} = 5,79 mm/menit$$

Untuk ketebalan pelat lantai 10 cm, adalah :

$$\delta_{maks} = \frac{L^2}{9000 \times d} (mm/menit)$$

$$\delta_{maks} = \frac{(2500)^2}{9000 \times 100} (mm/menit)$$

$$\delta_{maks} = 6,49 mm/menit$$

Laju lendutan tersebut diterapkan setelah lendutan L/30 dilampaui, atau 2500/30 = 83,3 mm.

- Berdasarkan panduan pengujian ketahanan api komponen struktur bangunan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung SNI 03-1741-1989.

Persyaratan lendutan untuk komponen lantai yang memiliki ketahanan api selama 1 jam, adalah:

$$\delta \leq \frac{L^2}{10000} (cm) = \frac{(250)^2}{10000} (cm) = 6,25 cm$$

Maka lendutan lantai untuk ketahanan api 1 jam, adalah $\leq 6,25$ cm (62,5 mm).

Persyaratan lendutan untuk komponen lantai yang memiliki ketahanan api selama 2 jam, adalah:

$$\delta \leq \frac{L^2}{6000} \text{ (cm)} = \frac{(250)^2}{6000} \text{ (cm)} \\ = 10,42 \text{ cm}$$

Maka lendutan lantai untuk ketahanan api 2 jam, adalah $\leq 10,42 \text{ cm}$ (104,2 mm).

Persyaratan lendutan untuk komponen lantai yang memiliki ketahanan api selama 3 jam, adalah lendutan maksimum menurut persyaratan yang ditetapkan dalam Australian Standard (AS) 1530.4-1990 pasal 4.7.2, yaitu :

$$\delta_{maks} = \frac{L}{20} \text{ (mm)} = \frac{2500}{20} \text{ (mm)} \\ = 125 \text{ mm}$$

dimana :

L = jarak bentang bersih;

d = tebal pelat.

Kriteria Ketahanan Api

Pengamatan yang dilakukan pada penelitian pembakaran lantai komposit Aldeck meliputi kelaikan secara struktur, yaitu stabilitas, integritas dan insulasi sebagai berikut :

- Kelaikan struktur (Stabilitas)
 1. Lendutan yang terjadi pada saat percobaan, untuk ketahanan api (*fire rating*) 1 jam tidak boleh lebih dari 62,5 mm;
 2. Lendutan yang terjadi pada saat percobaan, untuk ketahanan api (*fire rating*) 2 jam tidak boleh lebih dari 104,2 mm;
 3. Lendutan yang terjadi pada saat percobaan, untuk ketahanan api (*fire rating*) 3 jam tidak boleh lebih dari 125 mm;
- Integritas
Tidak terjadi retak-retak tembus, sehingga menurunkan fungsi

struktur serta menyebarkan api atau asap;

- Insulasi
Temperatur permukaan lantai bagian atas (bagian belakang benda uji) tidak lebih dari 260°C.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan melakukan pembuatan benda uji berupa panel beton komposit Aldeck, berukuran 356 cm x 300 cm x 12 cm dari bahan beton mutu yang disyaratkan $f'c$ 27,5 N/mm² dan lapisan dasar baja gelombang.

Pengujian bakar dilaksanakan dengan menggunakan tungku bakar skala penuh berdasarkan standar JIS A 1304-1975 selama 3 jam. Dalam uji bakar pelat beton diberi beban uji merata sebesar 400 kg/m² untuk pelat dengan penambahan tulangan, dan 250 kg/m² untuk pelat tanpa penambahan tulangan dengan menggunakan pasir dan dilakukan pengamatan terhadap temperatur belakang benda uji serta lendutan yang terjadi sejalan dengan perkembangan temperatur waktu. Secara umum langkah-langkah pelaksanaan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut :

• Bahan dan Alat

Bahan aluminium floor deck (Aldeck) mempunyai ukuran nominal lebar 60 cm, tebal 0,75 mm dan panjang 300 cm (tetapi dapat dipotong disesuaikan dengan kebutuhan) digunakan sebagai floor decking yang sekaligus sebagai pengganti tulangan tarik.

Karena floor deck ini merupakan pelat gelombang maka ukuran panel beton adalah 356 cm x 300 cm x 12 cm (7 cm).

Mutu beton yang disyaratkan $f'c$ 27,5 MPa, mutu baja tulangan positif : BJTD 40 (\varnothing 10 – 30 cm) dan mutu baja tulangan negatif : BRC 40 (\varnothing 6 – 15 cm).

- **Peralatan Uji**

Peralatan uji yang digunakan adalah tungku multi-guna, (*multi-use furnace*) *thermocouple*, *thermoduck*, *portable data logger*, rekorder dan lain-lain.

- **Standar Uji**

Standar uji yang diacu adalah JIS A 1304-1975, ISO 834, ASTM E 119-1988 dan SNI 1741-1989-F.

- **Penempatan Benda Uji**

Benda uji diletakkan diatas tungku dengan empat sisi menumpu pada bagian sisi tungku.

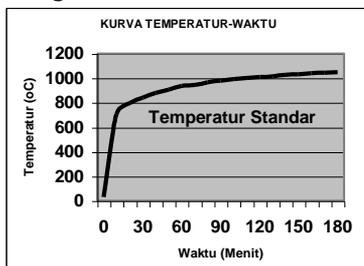
- **Pembebanan**

Beban uji yang digunakan berupa beban tetap merata ditempatkan diatas panel berupa pasir sebesar 400 kg/m² sesuai dengan persyaratan pembebanan untuk bangunan perkantoran, dan umum 250 kg/m² untuk bangunan hunian/tempat tinggal.

- **Pembakaran**

Pembakaran dilakukan setelah benda uji diletakkan diatas tungku, pemberian beban dan penempatan *thermocouple* untuk mengukur temperatur dan dial gauge untuk mengukur lendutan selesai.

Pembakaran dilakukan dengan mengikuti kurva temperatur standar sebagai berikut :



Tabel 1.
Kurva temperatur-waktu standar

No.	Interval Waktu (menit)	Temperatur Standar (°C)
1	0	30
2	10	705
3	20	795
4	30	840
5	40	880
6	50	905
7	60	935
8	70	945
9	80	965
10	90	980
11	100	990
12	110	1000
13	120	1010
14	130	1015
15	140	1025
16	150	1030
17	160	1040
18	170	1045
19	180	1050

Pengamatan Temperatur

- Temperatur tungku, diamati melalui *thermoduct* untuk mengontrol temperatur tungku sesuai temperatur standar.
- Temperatur benda uji terdiri dari 6 (enam) titik yaitu, permukaan dasar (gelombang bawah pelat *com-bideck*); permukaan atas (gelombang atas) pelat *com-bideck*; tulangan positif (bawah); tulangan negatif (atas); inti pelat beton; permukaan atas pelat beton dan ruangan selama pembakaran.

Pengamatan Kerusakan

- Pengamatan kerusakan secara visual diamati selama proses pembakaran yang meliputi perubahan bentuk, terjadinya retak-retak, lendutan, perubahan warna pada permukaan beton dan kerusakan lainnya sesuai dengan perkembangan kenaikan temperatur, terutama pada kondisi krisis

dimana temperatur diperkirakan telah mem-pengaruhi terhadap karakteristik beton. Terjadinya lendutan pada titik tertentu akan terlihat dari pe-ngukuran dengan alat transducer yang dicatat langsung oleh data logger, sedangkan indikasi adanya retak akan ditunjukkan dengan keluarnya asap bahkan bila retak cukup besar akan terlihat jilatan api dari dalam tungku.

- Berikutnya pengamatan dilanjutkan setelah benda uji dipindahkan dari atas tungku, baik selama pengangkutan dan setelah diletakkan di lantai dasar.

HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN

HASIL PENELITIAN

Pengujian Beton

Benda uji berbentuk silinder beton ukuran nominal tinggi 30 cm dan diameter 15 cm. Diuji pada umur 3 hari, 7 hari dan 28 hari terdapat pada tabel 2.

Kuat Tarik Besi Tulangan

Besi beton yang diuji terdiri dari 2 jenis, yaitu BJTD 10 yang digunakan sebagai tulangan positip dan BJTD 6 yang digunakan sebagai tulangan negatip. Hasil uji terdapat pada tabel 3.

Pengamatan Visual

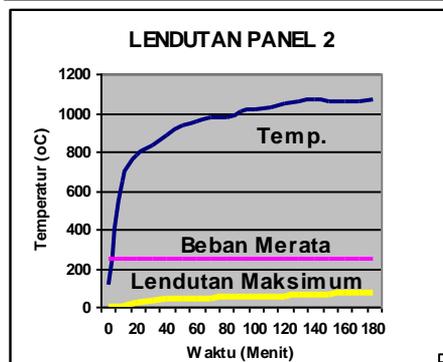
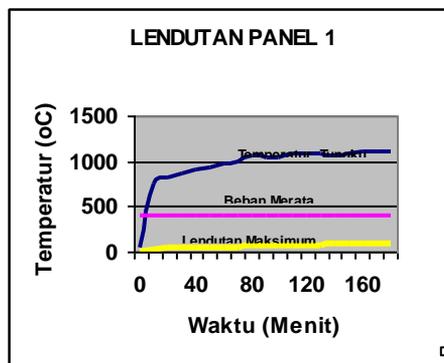
Lendutan yang terjadi diamati sejak pemberian beban secara bertahap, dan ditunjukkan setelah pembakaran benda uji sampai pembakaran selesai. Hasil pengamatan terdapat pada gambar lendutan panel 1 dan 2.

Tabel 2.
Hasil Pengujian Silinder Beton

Umur (Hari)	Hasil Uji rata-rata dari 6 contoh uji:			
	Luas Bid. Tekan (cm ²)	Berat (kg)	Beban (kg)	Kuat Tekan (N/mm ²)
3	176,62	12,58	32.20	18,23
7	176,62	12,43	41.92	23,73
28	176,62	12,31	60.60	34,31

Tabel 3.
Hasil Pengujian Besi Beton

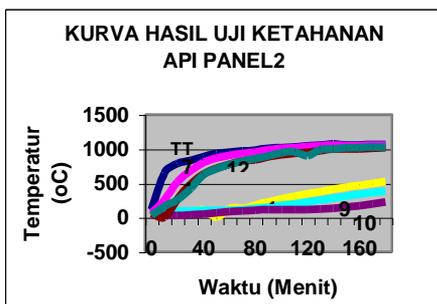
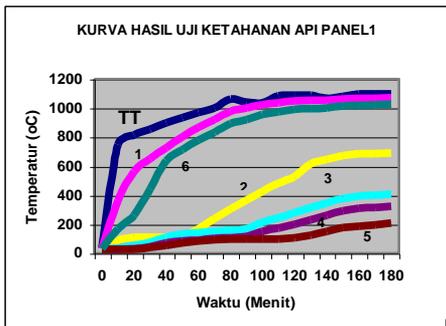
Luas Bid. Tarik Rata-rata (mm ²)	Berat Rata-rata (gr)	Beban Rata-rata (kg)		Kuat Tarik Rata-rata (kg/mm ²)	
		Leleh	Putus	Leleh	Putus
72,5	382,9	3.1	4.0	42,4	54,7
25,3	100,3	1,1	1,4	44,7	56,9



Ketahanan terhadap Api

Uji ketahanan terhadap api dilakukan dengan pengamatan temperatur di belakang benda uji (temperatur bagian atas pelat beton) selama pembakaran.

Hasil uji ketahanan terhadap api, terdapat pada gambar berikut ini.



Keterangan :

- TT** : Temperatur Tungku;
- 1-7** : Temp. pelat combideck Gelombang (bawah);
- 2** : Temp. tulangan positip (bawah);
- 3-8** : Temp. inti beton (titik tengah pelat);
- 4-9** : Temp. tulangan negatip (atas);
- 5-10** : Temp. permukaan beton atas (temp.belakang benda uji);
- 6-11** : Temp. pelat combideck gelombang (atas).

PEMBAHASAN

- Hasil pengujian kuat tekan silinder beton pada umur 3 hari, 7 hari sampai dengan 28 hari terjadi kenaikan yang cukup signifikan, sesuai perkembangan kekuatan beton normal pada umumnya, dari hasil tersebut terlihat bahwa beton memenuhi mutu yang disyaratkan yaitu $f'c$ 27,5 N/mm² dan memenuhi syarat sebagai bahan beton struktural.

- Kuat tarik besi beton yang digunakan cukup baik dengan kuat tarik leleh rata-rata **423,6 N/mm²** dan kuat tarik putus rata-rata **547,1 N/mm²** dan memenuhi syarat sebagai baja tulangan mutu BJTD 40.
- Hasil pengujian terhadap kedua jenis panel beton Aldeck yaitu tipe 1 dengan tulangan positip dan tipe 2 tanpa tulangan positip, menunjukkan bahwa kedua tipe lantai tersebut tidak mengalami retak-retak tembus dan tidak terjadi radiasi panas yang ditandai dengan rendahnya tem-peratur pada pada permukaan bagian atas benda uji (belakang benda uji). Lendutan yang terjadi pada selang waktu pembakaran 60 menit dicapai 47,14 mm dengan temperatur belakang benda uji 83,60°C, kemudian selama 120 menit lendutan yang terjadi sebesar 71,62 mm, temperatur belakang benda uji 105,50°C, selanjutnya lendutan selama 180 menit tercapai 92,66 mm dengan temperatur belakang benda uji 208,70°C. Dimana per-syaratannya lendutan untuk 60 menit = 62,50 mm, lendutan 120 menit = 104.20 mm dan lendutan maksimum 180 menit = 125 mm dengan temperatur belakang benda uji tidak lebih dari 260°C, JIS A 1304 – 1975 dan SNI 03 – 1741 – 1989 – F). Dengan demikian pelat beton Aldeck yang diteliti dapat memenuhi persyaratan sebagai elemen panel tahan api selama 3 jam.
- Hasil pengamatan terhadap integritas bahan / komponen memberikan indikasi bahwa pada pembakaran selama 3 jam dengan temperatur sampai dengan 1099,12 °C, tidak terjadi retak pada

permukaan pelat beton yang menimbulkan keluarnya asap atau jilatan api, hal ini menunjukkan bahwa komponen tersebut cukup tahan terhadap suhu tinggi. Retak terjadi pada bagian sudut tumpuan yang tidak mengakibatkan radiasi panas kebagian atas pelat.

- Pengamatan terhadap stabilitas komponen memberikan hasil bahwa pelat beton komposit aldeck mengalami perubahan bentuk pada suhu 1097,50 °C, yang diakibatkan oleh lendutan sehingga pada bagian ujung pelat terangkat. Namun demikian terjadinya perubahan bentuk tersebut setelah pembakaran berlangsung selama 3 jam, sehingga masih dikategorikan dapat memenuhi persyaratan sebagai elemen panel tahan api selama 3 jam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengamatan visual dari kedua jenis contoh panel beton Aldeck dapat disimpulkan sebagai berikut ;

- Lantai komposit Aldeck dengan tulangan positif diuji dengan beban merata 400 kg/m² mempunyai ketahanan terhadap api (*fire rating*) selama 3 jam, dengan lendutan maksimum 92,66 mm dan temperatur belakang benda uji sebesar 208,70°C.
- Lantai komposit Aldeck tanpa tulangan positif diuji dengan beban merata 250 kg/m² mempunyai ketahanan terhadap api (*fire rating*) selama 3 jam, dengan lendutan maksimum 73,50 mm dan temperatur belakang benda uji sebesar 223,8°C.
- Dengan pengurangan tulangan positif pada contoh panel-2 masih mempunyai kekuatan yang cukup

baik sehingga dapat digunakan sebagai komponen struktur lantai bangunan hunian.

- Berdasarkan hasil uji bakar tersebut dapat disimpulkan bahwa pelat baja gelombang Aldeck dapat berfungsi sebagai pengganti tulangan positif sekaligus sebagai dasar (*floor decking*) dalam pembuatan komponen panel beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1997, *Concrete and Aggregates*, Annual Book of ASTM Standard 1997, Volume 04-02.
- , 1990, *Fire Resistance Test of Elements of Building Construction*, Australian Standard (AS) 1530-4-1990, part 4.
- , 1996, *Mineral Admixture*, American Concrete Institute (ACI), Compilation.
- , 1982, *Bondeck Structural Steel Floor Decking*, Technical Design Manual, Lysaght Brownbuilt Industries, BD 14-7, Desember.
- , 1975, *Method of Fire Resistance Test for Structural Parts of Buildings*, Japan Industrial Standard (JIS) A 1304-1975.
- Jelle Witteveen, 1976, *Design Method for Fire Exposed Structures*, delf-Netherlands.
- Patterson, James, 1993, *Simplified Design for Building Fire safety*, John Willey & Sons, Inc, page 3-11.
- Departemen Pekerjaan Umum , 1990, *Kepmen PU No. 441/KPTS/1998 tentang Persyaratan Teknis Bangunan Gedung*.
- Kantor Menteri Negara Pekerjaan Umum, 2000, *Kepmeneg PU No. 10/KPTS/2000 tentang Ketentuan Teknis Pengamanan Terhadap Bahaya Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan*.

