

Cara uji ketahanan api komponen struktur bangunan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung

“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”

Daftar isi

Daftar isi	i
Prakata	ii
Pendahuluan	iii
1 Ruang lingkup	1
2 Acuan normatif	1
3 Istilah dan definisi	1
4 Peralatan uji	3
5 Kondisi pengujian	7
6 Persiapan benda uji	9
7 Aplikasi instrumentasi	10
8 Prosedur pengujian	13
9 Kriteria kinerja	15
10 Validitas pengujian	16
11 Hasil uji	16
12 Laporan pengujian	17
Lampiran A	19
Lampiran B	20
Lampiran C	22

Prakata

Standar Nasional Indonesia (SNI) berjudul 'Cara uji ketahanan api komponen struktur bangunan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung' adalah revisi dari SNI 03-1741-2000, 'Metode pengujian tahan api komponen struktur bangunan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung', dengan perubahan pada penyesuaian dengan peralatan yang ada pada laboratorium api di Pusat Litbang Permukiman.

SNI ini disusun oleh Panitia Teknik Bahan Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil melalui Gugus Kerja Struktur dan Konstruksi Bangunan pada Subpanitia Teknis Bahan, Sains, Struktur dan Konstruksi Bangunan.

Tata cara penulisan disusun mengikuti Pedoman Standardisasi Nasional 08:2007 dan dibahas dalam forum konsensus yang diselenggarakan pada tanggal 6 Desember 2006 oleh Subpanitia Teknis yang melibatkan para nara sumber, pakar dan lembaga terkait.

Pendahuluan

Standar uji ketahanan api komponen struktur bangunan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung ini dimaksudkan untuk digunakan sebagai panduan dalam melakukan pengujian ketahanan api komponen-komponen struktur bangunan meliputi lantai, kolom, balok, atap, dan dinding bangunan.

Tujuan dari standar uji ini adalah untuk menentukan Tingkat Ketahanan Api (TKA) komponen-komponen struktur bangunan yang dinyatakan dalam aspek-aspek stabilitas, integritas, dan insulasi terukur sebagai durasi dalam satuan waktu (menit).

“ Copy standar ini dibuat oleh BSN untuk Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum dalam rangka Penyebarluasan, Pengenalan dan Pengaplikasian Standar, Pedoman, Manual (SPM) Bidang Konstruksi Bangunan dan Rekayasa Sipil ”

Cara uji ketahanan api komponen struktur bangunan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung

1 Ruang lingkup

Standar ini menjelaskan cara uji untuk menentukan tingkat ketahanan api berbagai komponen struktur bangunan. Dari data pengujian akan diperoleh penggolongan atas dasar jangka waktu dimana kinerja unsur-unsur yang diuji di bawah kondisi-kondisi ini sesuai dengan kriteria. Pada Standar ini tidak menjelaskan mengenai K3.

2 Acuan normatif

ISO 834-1:1999, *Fire Resistance Tests – Elements of building construction*

JIS A 1304-1994, *Methods of fire resistance test for structural parts of buildings*

3 Istilah dan definisi

3.1

benda uji

elemen atau bagian dari suatu konstruksi bangunan yang ditujukan untuk diuji tingkat ketahanan apinya

3.2

bidang tekanan netral

elevasi dimana tekanan di dalam dan di luar tungku pembakaran adalah sama

3.3

deformasi

perubahan bentuk atau dimensi apapun dari suatu unsur konstruksi dalam kaitan dengan pengaruh panas dan atau struktural yang meliputi defleksi, ekspansi atau kontraksi elemen

3.4

insulasi

kemampuan elemen pemisah konstruksi bangunan ketika diekspos api pada satu sisi, untuk membatasi kenaikan temperatur pada sisi tak terekspos dibawah level tertentu

3.5

integritas

kemampuan elemen pemisah konstruksi bangunan, ketika diekspos ke api pada satu sisi, untuk menjaga jangan sampai nyala api dan gas panas terjadi pada sisi tak terekspos

3.6

kekangan

pembatas ekspansi atau rotasi (yang dipengaruhi oleh tindakan mekanis dan atau panas) yang diusahakan pada kondisi-kondisi bagian ujung, pinggir atau pendukung suatu benda uji

3.7

komponen pemikul beban

suatu komponen yang dimaksudkan untuk memikul atau mendukung suatu beban eksternal bangunan dan mempertahankan daya dukung tersebut dalam hal terjadi kebakaran

3.8

komponen pemisah atau partisi

komponen bangunan yang dimaksudkan untuk memisahkan antara dua area bersebelahan

3.9

komponen struktur bangunan

komponen struktur yang telah terdefinisi, seperti dinding, lantai, atap, balok atau kolom

3.10

konstruksi pengujian

susunan lengkap benda uji dan konstruksi pendukungnya

3.11

level lantai acuan

tingkat permukaan lantai yang dijadikan acuan relatif terhadap posisi komponen bangunan

3.12

sifat material aktual

sifat bahan yang ditentukan dari contoh yang mewakili untuk pengujian api sesuai dengan persyaratan standar produk terkait

3.13

stabilitas

kemampuan benda dari suatu komponen pemikul beban untuk mendukung beban ujinya seperti yang disyaratkan, tanpa melebihi kriteria yang ditetapkan berkenaan dengan tingkat dan laju deformasi

3.14

struktur pendukung

struktur yang disyaratkan untuk pelaksanaan pengujian beberapa elemen bangunan, tempat dimana benda uji yang dirakit, contohnya dinding dimana pintu yang akan diuji dipasang

3.15

termokopel jelajah (*roving thermocouple*)

termokopel dengan desain khusus dimana sambungan pengukuran (*hot junction*) disolder atau dilas pada cakram tembaga, digunakan untuk mengukur temperatur di titik-titik yang diduga terjadi pemanasan berlebih (*hot spot*) pada sisi permukaan benda uji yang tidak terekspos api

3.16

uji kalibrasi

prosedur untuk menilai kondisi-kondisi pengujian secara eksperimen

4 Peralatan uji

4.1 Umum

Peralatan yang dipergunakan dalam pengujian ini terdiri dari:

- a) tungku yang dirancang khusus untuk pengujian seperti yang disyaratkan;
- b) peralatan pengendali temperatur tungku agar dapat diatur sesuai persyaratan yang disebutkan pada Pasal 5.1;
- c) peralatan untuk mengendalikan dan memonitor tekanan gas panas pada tungku yang disebutkan pada Pasal 5.2;
- d) kerangka dimana benda uji dapat ditegakkan dan disambungkan dengan tungku sehingga tercipta kondisi pemanasan, tekanan, dan daya dukung yang sesuai;
- e) susunan untuk pembebanan dan pembatas benda uji seperti yang disyaratkan, termasuk untuk mengendalikan dan memonitor beban;
- f) pengukur temperatur dalam tungku dan sisi yang tidak terkena panas pada benda uji, dan apabila diperlukan, pada struktur benda uji;
- g) pengukur deformasi benda uji seperti disyaratkan;
- h) alat untuk mengevaluasi integritas benda uji dan membandingkannya dengan kriteria kinerja yang disyaratkan pada pasal 9 serta untuk mengukur lama pengujian.

4.2 Tungku

Tungku harus dirancang agar dapat digunakan dengan bahan bakar gas/cair dan harus dapat:

- a) memanaskan komponen struktur pada satu sisi baik secara vertikal maupun horizontal; atau
- b) memanaskan kolom pada seluruh sisinya; atau
- c) memanaskan dinding pada satu sisi atau lebih; atau
- d) memanaskan balok lantai pada tiga atau empat sisinya, sesuai kebutuhan.

CATATAN : Tungku dapat dirancang sehingga susunan lebih dari satu komponen struktur dapat diuji secara simultan, dengan seluruh persyaratan uji untuk masing-masing komponen tetap dapat dipenuhi.

Pelapis tungku (*lining*) harus terbuat dari bahan dengan densitas kurang dari 1000 kg/m³. Bahan pelapis tersebut harus memiliki ketebalan minimum 50 mm dan paling sedikit terdiri dari 70% permukaan dalam tungku yang terekspos. (Lihat Gambar B.2 Lampiran B)

4.3 Peralatan pembebanan

Peralatan pembebanan harus mampu memberikan pembebanan terhadap benda uji sesuai yang disyaratkan. Pembebanan dapat diterapkan secara hidrolik, mekanik, ataupun menggunakan pemberat.

Peralatan pembebanan harus dapat mensimulasikan kondisi pembebanan merata, pembebanan titik, pembebanan konsentris, maupun pembebanan eksentris sesuai kebutuhan pengujian. Peralatan pembebanan juga harus mampu untuk menjaga beban uji pada nilai yang konstan (dalam rentang $\pm 5\%$ dari nilai yang disyaratkan) tanpa mengubah distribusinya selama periode uji kapasitas pemikul beban. Peralatan harus mampu mengikuti deformasi dan laju deformasi maksimum pada benda uji selama pengujian berlangsung.

Peralatan pembebanan tidak boleh mempengaruhi aliran panas ke benda maupun menghalangi pemakaian bantalan insulasi termokopel. Peralatan pembebanan tidak boleh mempengaruhi pengukuran temperatur permukaan dan atau deformasi serta tidak boleh menghalangi pengamatan terhadap sisi benda yang tidak dipanasi. Luas total titik kontak antara peralatan pembebanan dan benda uji tidak boleh lebih dari 10% luas total permukaan horizontal benda uji.

Apabila pembebanan masih harus tetap dijaga setelah pemanasan berakhir, harus disediakan sarana penunjang yang diperlukan untuk itu.

4.4 Kerangka pendukung

Kerangka khusus atau sarana lain harus digunakan untuk mendapatkan batas dan kondisi daya dukung terhadap benda uji sesuai persyaratan.

4.5 Instrumentasi

4.5.1 Temperatur

4.5.1.1 Termokopel tungku

Temperatur tungku diukur dengan termokopel CA diameter 0,65 mm grade 0,75 atau yang setara. Termokopel yang digunakan untuk mengukur temperatur tungku harus dimasukkan dalam tabung baja dengan ujung tertutup yang memiliki diameter dalam 1 cm.

Setiap kali pemakaian termokopel, harus dibuat daftar catatan yang menunjukkan lamanya pemakaian. Termokopel harus diganti setelah penggunaan selama 50 jam.

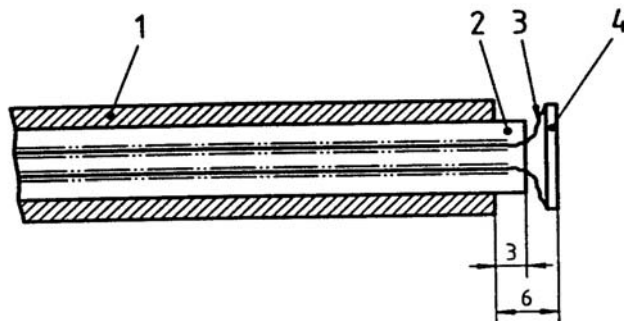
4.5.1.2 Termokopel permukaan tak terekspos

Temperatur permukaan benda uji yang tidak terekspos api harus diukur dengan termokopel CA diameter 0,3 mm. Sejumlah 5 (lima) termokopel atau lebih untuk benda uji ukuran A, dan 3 (tiga) atau lebih untuk benda uji ukuran B, dan C harus dipasang pada permukaan benda uji yang tak terekspos (lihat Gambar B.1a Lampiran B).

4.5.1.3 Termokopel jelajah (*roving thermocouple*)

Termokopel dengan desain seperti pada gambar 1 atau alat pengukur temperatur yang memiliki akurasi dan waktu respon yang sama atau lebih cepat, harus disediakan satu atau lebih untuk mengukur temperatur permukaan tak terekspos selama pengujian berlangsung pada posisi-posisi yang diduga memiliki temperatur lebih tinggi. Sambungan pengukuran termokopel terdiri dari kawat termokopel berdiameter 0,65 mm yang disolder atau dilas pada cakram tembaga berdiameter 12 mm dan tebal 0,5 mm.

Susunan termokopel harus dilengkapi dengan gagang sehingga dapat digunakan untuk mengukur temperatur pada sebarang titik di permukaan benda yang tak terekspos.



Keterangan:

- 1) Tabung baja tahan api, diameter 13 mm
- 2) Insulator keramik dua lubang, diameter 8 mm
- 3) Kabel termokopel, diameter 1 mm
- 4) Lempeng tembaga, diameter 12 mm tebal 0,5

Gambar 1 Termokopel jelajah

4.5.1.4 Termokopel internal

Apabila diperlukan, informasi temperatur di dalam benda uji diukur dengan termokopel yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan rentang temperatur yang akan diukur dan jenis bahan benda uji.

4.5.1.5 Termokopel temperatur ambien

Harus ada sebuah termokopel yang menunjukkan temperatur ambien ruang laboratorium di sekitar benda uji, baik sebelum maupun selama pengujian berlangsung. Termokopel harus berdiameter 0,3 mm, terinsulasi, terselubung baja tahan karat tipe K sesuai IEC 60584-1. Sambungan pengukur harus dilindungi dari panas radiasi dan hembusan angin.

4.5.2 Tekanan

Tekanan didalam tungku diukur dengan manometer atau peralatan sejenis.

4.5.3 Beban uji

Apabila menggunakan pemberat (berupa pasir atau blok beton) sebagai beban, tidak diperlukan peralatan pemonitor beban. Beban yang diberikan dengan sistem hidrolis harus diukur dengan sel beban (*load cell*) atau peralatan lain yang sesuai dengan akurasi yang sama atau dengan pemonitor tekanan hidrolis pada titik tertentu. Peralatan pengukuran dan perekaman harus mampu bekerja dalam batas-batas yang ditentukan dalam 4.6.

4.5.4 Deformasi

Pengukuran deformasi dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan berbasis mekanikal, optik, maupun elektrikal. Peralatan yang digunakan untuk mengukur kinerja deformasi (pengukuran defleksi, ekspansi, dan kontraksi) harus mampu melakukan pembacaan dalam frekuensi minimal satu kali per menit. Harus diupayakan agar tidak terjadi pergeseran pembacaan sensor defleksi akibat pengaruh panas.

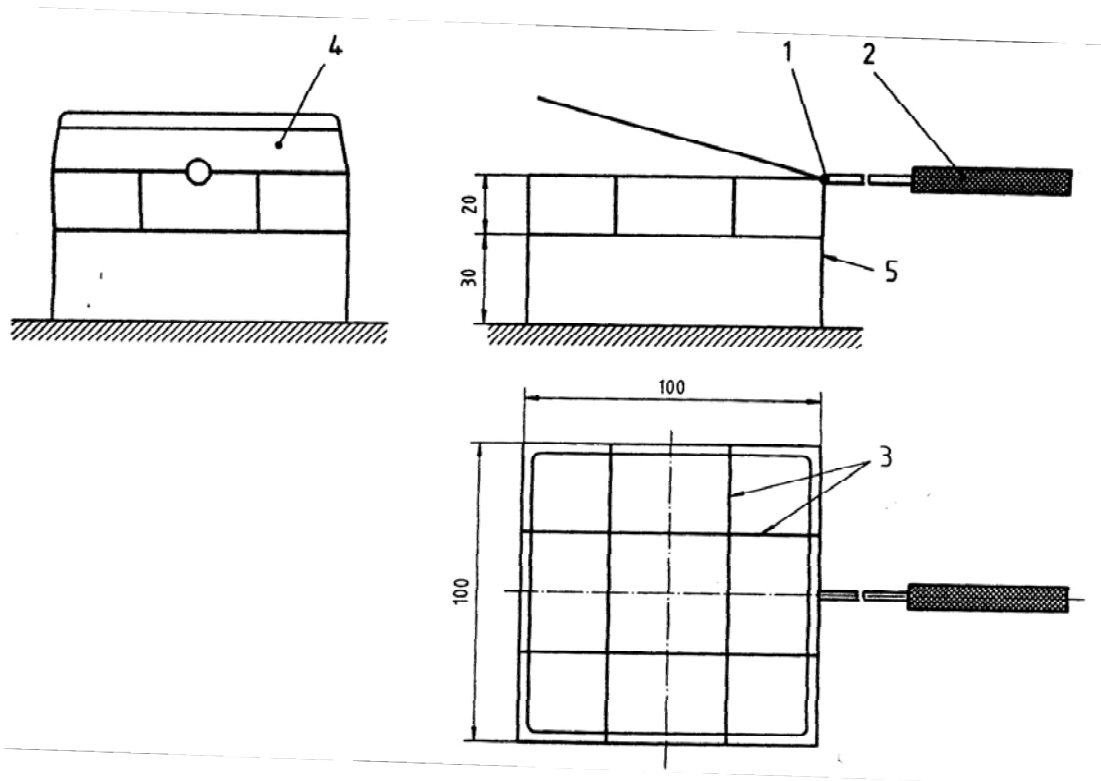
4.5.5 Integritas

4.5.5.1 Bantalan kapas

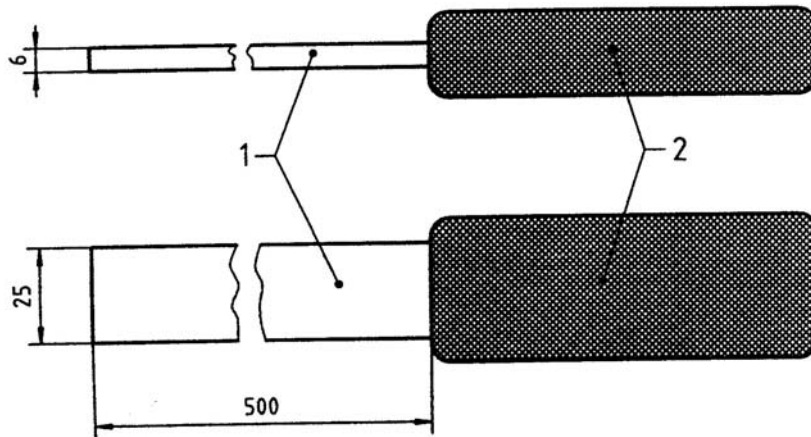
Kecuali ditentukan lain dalam standar untuk elemen tertentu, bantalan kapas yang digunakan pada pengukuran integritas harus baru, tidak dicelup pewarna, memiliki serat kapas yang halus tanpa campuran serat lain, berdimensi 20 mm x 100 mm persegi, berat antara 3 gram sampai 4 gram. Kapas harus dikondisikan sebelum digunakan dengan pengeringan dalam oven pada temperatur $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ minimal selama 30 menit. Setelah pengeringan, kapas disimpan di dalam desikator atau wadah lain yang kedap uap. Dalam penggunaan, kapas harus ditempelkan pada kerangka kawat, seperti ditunjukkan gambar 2, yang dilengkapi dengan gagang.

4.5.5.2 Alat pengukur lebar celah (*Gap gauge*)

Harus disediakan dua jenis alat pengukur lebar celah, seperti ditunjukkan pada gambar 3, untuk pengukuran integritas. Alat pengukur lebar celah harus terbuat dari baja tahan karat berdiameter $6\text{ mm} \pm 0,1\text{ mm}$ dan $25\text{ mm} \pm 0,2\text{ mm}$. Alat pengukur lebar celah harus dilengkapi dengan gagang dengan panjang yang sesuai dan diinsulasi.



Gambar 2 Pegangan bantalan kapas



Keterangan:

- 1) Batang baja
- 2) gagang yang diinsulasi

Gambar 3 Alat pengukur lebar celah

4.6 Akurasi peralatan pengukur

Untuk pelaksanaan uji api, peralatan pengukuran yang digunakan harus memenuhi tingkat akurasi sebagai berikut:

a) pengukuran temperatur:	Tungku	$\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$
	ambien dan sisi tak terekspos	$\pm 4\text{ }^{\circ}\text{C}$
	Lainnya	$\pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
b) pengukuran tekanan		$\pm 2\text{ Pa}$
c) tingkat beban		$\pm 2,5\%$ dari beban uji
d) pengukuran kontraksi atau ekspansi aksial		$\pm 0,5\text{ mm}$
e) pengukuran deformasi lainnya		$\pm 2\text{ mm}$

5 Kondisi pengujian

5.1 Temperatur tungku pembakaran

5.1.1 Kurva pemanasan

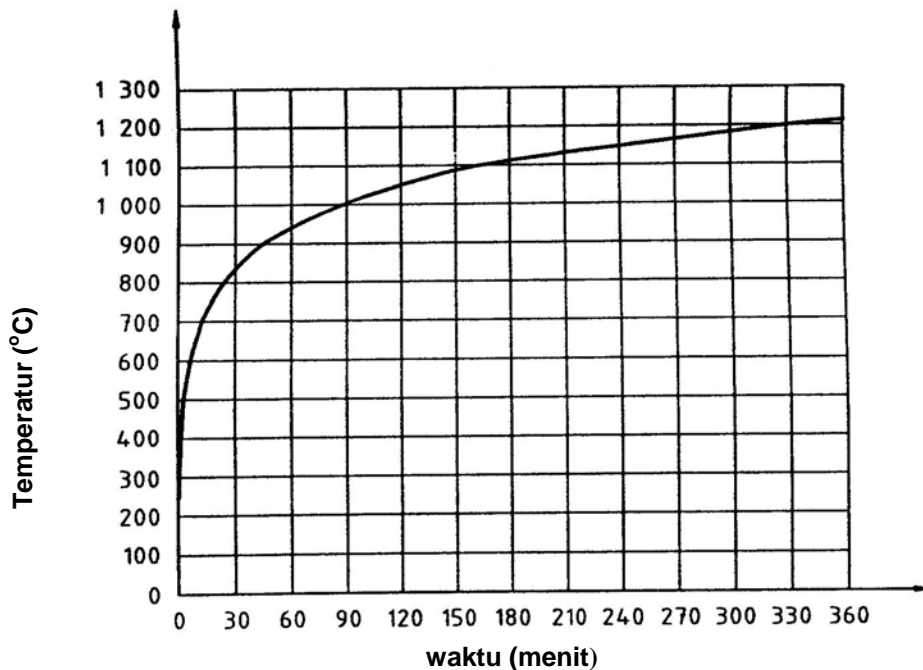
Temperatur rata-rata tungku pembakaran, yang diperoleh dari termokopel yang ditetapkan dalam 4.5.1.1, harus dimonitor dan dikontrol sehingga mengikuti hubungan temperatur – waktu pada persamaan 1. (lihat gambar 4):

(1) $T = 345 \log_{10} (8t + 1) + 20$

dengan

T adalah temperatur tungku perapian rata-rata, dalam derajat Celsius;

t adalah waktu, dalam menit.



Gambar 4 Kurva waktu-temperatur standar

untuk pengujian benda dan karakteristik sifat material yang diberikan pada pengujian benda atau ditentukan secara eksperimen.

5.4 Kondisi ambien

Tungku harus ditempatkan pada suatu laboratorium yang berukuran cukup untuk mencegah temperatur udara di sekitar tungku meningkat lebih dari 10°C di atas temperatur ambien. Tidak diperkenankan ada hembusan angin dalam laboratorium. Temperatur udara lingkungan adalah 20°C ± 10°C pada permulaan pengujian dan dimonitor pada jarak 1,0 m ± 0,5 m dari muka yang tak terekspos dimana sensor tidak dipengaruhi oleh radiasi termal benda uji dan atau tungku.

5.5 Deviasi kondisi pengujian yang ditetapkan

Apabila temperatur dan tekanan tungku atau temperatur ambien sesaat yang terukur selama pengujian lebih tinggi daripada yang disyaratkan pada 5.1 sampai 5.4, maka kondisi ini tidak secara otomatis menyebabkan pengujian gagal (lihat ketentuan 10 mengenai validitas pengujian).

5.6 Kalibrasi

Jika standar kalibrasi dilaksanakan, pengendalian tungku pembakaran berkenaan dengan parameter seperti: Temperatur tungku, Tekanan dalam tungku dan Kadar oksigen harus sesuai persyaratan dalam standar

6 Persiapan benda uji

6.1 Konstruksi

Bahan, metode, dan pelaksanaan konstruksi benda uji harus merupakan representasi dari kondisi di lapangan. Adalah penting untuk menyelesaikan konstruksi dengan menggunakan standar pengerjaan normal bangunan termasuk bila ada proses penyelesaian permukaan yang sesuai. Tidak diijinkan ada variasi atau perbedaan dalam konstruksi benda uji (misalnya sistem joint yang berbeda). Setiap modifikasi yang dibuat untuk mempermudah pelaksanaan pengujian tidak boleh mempengaruhi perilaku benda uji dan harus dijelaskan dalam laporan pengujian.

6.2 Ukuran benda uji

Benda uji biasanya berukuran normal penuh. Ketika benda tidak bisa diuji dalam ukuran penuh, ukuran benda akan disesuaikan dengan standar pengujian elemen individu (Lihat Lampiran C).

6.3 Jumlah benda uji

Jumlah benda uji minimal satu buah. Untuk elemen pemisah asimetris yang disyaratkan untuk menahan api dari sisi manapun, diperlukan 2 (dua) benda uji yang diperlakukan untuk ekspos api dari masing-masing sisi. Elemen pemisah asimetris yang disyaratkan untuk menahan api dari satu sisi saja harus dilakukan ekspos api hanya dari sisi itu juga.

6.4 Pengkondisian

Pada saat pengujian, kekuatan dan kandungan uap air benda uji harus mendekati kondisi-kondisi yang diharapkan dalam keadaan normal. Jika benda uji berisi atau bersifat menyerap uap air, maka benda tersebut tidak boleh diuji hingga mencapai suatu kondisi kering-udara. Salah satu metode untuk mencapai kondisi kering-udara adalah dengan menyimpan benda di dalam suatu ruang tertutup (temperatur minimum 15°C, kelembaban relatif maksimum 75%) selama waktu yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan kandungan uap air. Keseimbangan ini tercapai apabila dua kali penimbangan berurutan yang dilaksanakan dengan interval 24 jam tidak menghasilkan perbedaan lebih dari 0.1% dari massa benda.

Pengkondisian yang dipercepat dapat diizinkan dengan metode yang tidak mengubah sifat material komponen atau distribusi kandungan air pada benda uji sehingga mempengaruhi perilaku api benda uji. Pengkondisian pada temperatur tinggi harus berada di bawah temperatur kritis untuk material tersebut.

Jika setelah pengkondisian tidak tercapai kondisi kandungan air yang ditetapkan, namun kekuatan desain komponen telah tercapai, maka pengujian api pada benda uji dapat dilakukan.

Contoh yang merepresentasikan benda uji dapat digunakan untuk penentuan kandungan air dan dikondisikan bersama-sama benda uji. Ini harus dibuat seperti merepresentasikan hilangnya uap air dari benda uji yang mempunyai ketebalan dan permukaan ekspos yang serupa. Benda uji harus dikondisikan hingga kandungan airnya tidak berubah-ubah.

Standar untuk unsur-unsur spesifik dapat berisi tambahan atau aturan alternatif untuk memperoleh keseimbangan kelembaban.

6.5 Verifikasi benda uji

Sebelum pengujian, pengguna jasa uji menyediakan uraian semua detil konstruksi, gambar dan penjadwalan komponen utama dan pemasok/supplier mereka, dan suatu perakitan prosedur pengujian laboratorium. Ini dilaksanakan pada pengujian untuk membantu laboratorium dalam memverifikasi penyesuaian benda uji dengan informasi yang disajikan. Dalam memastikan deskripsi unsur, dan konstruksi khususnya, adalah sesuai dengan unsur pengujian, laboratorium akan memverifikasi fabrikasi unsur atau meminta satu atau lebih benda uji tambahan.

Jika verifikasi penyesuaian aspek konstruksi benda sebelum pengujian belum lengkap dilakukan dan bukti cukup juga tidak tersedia setelah pengujian, maka informasi yang disajikan kepada pengguna jasa uji tersebut harus dinyatakan jelas dalam laporan pengujian. Laboratorium menghargai perancangan benda uji dan mampu memastikan dengan teliti hasil rekaman detil konstruksi laporan pengujian. Prosedur tambahan verifikasi benda uji dapat dilihat dalam metode pengujian untuk produk spesifik.

7 Aplikasi instrumentasi

7.1 Temperatur

7.1.1 Termokopel tungku

Termokopel CA digunakan untuk mengukur temperatur tungku yang tersebar supaya memberikan indikasi temperatur rata-rata terpercaya disekitar benda uji. Jumlah dan letak termokopel ditetapkan dalam metode pengujian yang spesifik.

Termokopel diletakkan sedemikian sehingga tidak berhubungan dengan nyala pembakar tungku dan sekurangnya berjarak 450 mm dari dinding, lantai atau atap tungku.

Titik sambungan (hot junction) termokopel diletakkan sejarak (100 ± 50) mm dari permukaan konstruksi pengujian dan sejajar dengan permukaan benda uji tidak kurang dari 100 mm, dan jarak ini harus selalu terjaga disepanjang pengujian.

Titik sambungan termokopel untuk mengukur temperatur pemanasan tungku harus dipasang seperti diperlihatkan pada Gambar B.1a Lampiran B, dan jumlah termokopel tidak kurang dari angka yang diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Jumlah termokopel

Ukuran Benda uji \ Bagian struktur	Kolom	Balok	Dinding, lantai, atap
A	12 (8)	9 (7)	9 (5)
B, C	8 (6)	6 (5)	5 (3)
Keterangan: Angka dalam kurung menunjukkan jumlah minimum			

Sebelum pengujian, termokopel diperiksa dan dicek. Jika ada bukti kerusakan, maka termokopel tidak akan digunakan dan kemudian diganti.

7.1.2 Termokopel permukaan tak terekspos

Termokopel permukaan dari jenis yang diuraikan pada 4.5.1.2 harus dipasang pada permukaan yang tak terekspos, untuk mengukur kenaikan temperatur rata-rata dan temperatur maksimum.

Termokopel tambahan harus dipasang untuk mengukur temperatur maksimum pada lokasi yang diduga terjadi kondisi temperatur tinggi. Termokopel tidak boleh ditempatkan diatas sekrup, paku, atau staples yang dapat memberikan pembacaan temperatur yang lebih tinggi. Titik ukur termokopel harus dilindungi dengan papan kering berukuran 10 cm x 10 cm x 1,5 cm.

7.1.3 Termokopel jelajah

Termokopel jelajah seperti pada 4.5.1.3 digunakan pada setiap titik panas (*hot spot*) yang dicurigai terbentuk sepanjang pengujian. Pengukuran termokopel jelajah dihentikan apabila selama 20 detik temperatur yang terekam tidak mencapai 150°C . Pengukuran dengan termokopel jelajah harus menghindari titik-titik dimana terdapat penguat seperti sekrup, paku atau staples yang dapat memiliki temperaturnya lebih tinggi atau lebih rendah, seperti yang telah dijelaskan pada 7.1.2.

7.1.4 Termokopel internal

Apabila digunakan, termokopel internal seperti pada 4.5.1.4 harus dipasang sedemikian hingga tidak mempengaruhi kinerja benda uji. Titik sambungan dapat dilekatkan pada posisi yang mantap pada suatu benda termasuk pada profil baja. Sejauh mungkin, kawat termokopel harus dihindarkan dari temperatur yang lebih panas dibanding titik sambung tersebut. (Lihat Gambar B.1b Lampiran B)

CATATAN Sedapat mungkin, 50 mm dari ujung kawat yang bersebelahan dengan termokopel merupakan suatu bidang isothermal

7.2 Tekanan 3

Sensor tekanan (lihat 4.5.2) harus ditempatkan di lokasi yang aman dari pengaruh panas langsung dari nyala api atau dari aliran udara panas yang keluar. Sensor harus dipasang supaya tekanan dapat diukur dan dimonitor sesuai dengan kondisi-kondisi yang ditetapkan pada 5.2.

7.2.1 Tungku untuk elemen vertikal

Satu sensor tekanan harus disiapkan untuk mengendalikan tekanan tungku, dan harus ditempatkan sekitar 500 mm dari bidang tekanan yang netral. Sensor kedua digunakan untuk mendapatkan informasi pada gradien tekanan vertikal dalam tungku. Sensor ini ditempatkan sekitar 500 mm di atas benda uji.

7.2.2 Tungku untuk elemen horisontal

Dua sensor tekanan harus disiapkan pada bidang horizontal yang sama tetapi dalam posisi yang relatif berbeda pada wilayah benda uji. Sensor pertama digunakan sebagai kendali dan yang kedua bertindak sebagai pengontrol sensor pertama.

7.3 Deformasi

Instrumentasi untuk pengukuran deformasi benda uji harus ditempatkan untuk mendapatkan data mengenai jumlah dan tingkatan deformasi yang terjadi selama pengujian.

7.4 Integritas

Pengukur integritas benda uji harus dibuat dari bantalan kapas atau alat pengukur lebar celah, yang disesuaikan dengan keadaan dan lokasi retak atau celah (bantalan kapas mungkin tidak cocok untuk menilai integritas pada tempat dimana retak atau celah terjadi di daerah tekanan negatif dalam tungku, atau saat susunan yang dijelaskan dalam gambar 2 tidak mungkin dikerjakan).

7.4.1 Bantalan kapas

Bantalan kapas digunakan dengan cara menempatkan bingkai mendekati permukaan permukaan benda uji, di dekat celah atau nyala yang diamati selama 30 detik atau sampai terjadi penyalaan pada bantalan kapas. Penyesuaian posisi dapat dibuat supaya efek maksimum dari gas panas tercapai.

Jika permukaan benda uji di area bukaan tidak teratur, maka kaki bingkai pendukung dipastikan supaya dapat menjaga jarak pisah antara bantalan dan bagian manapun dari permukaan benda uji selama pengukuran.

Operator boleh menggunakan uji selektif (screening test) untuk mengevaluasi integritas benda uji. Uji selektif seperti itu meliputi aplikasi selektif jangka waktu pendek bantalan kapas pada area potensial terjadi kegagalan potensial dan/atau pergerakan bantalan tunggal di atas dan di sekitar area tersebut. Bantalan yang hangus dapat memberikan indikasi tentang kegagalan yang segera terjadi, tetapi bantalan tak terpakai harus digunakan untuk keperluan ini agar dilakukan konfirmasi atas kegagalan integritas yang terjadi.

Untuk elemen-elemen atau bagian-bagian dari elemen yang tidak memenuhi kriteria insulasi, bantalan kapas tidak boleh digunakan ketika temperatur pada permukaan tak terekspos, di sekitar bukaan, telah melewati 300°C.

7.4.2 Alat pengukur lebar celah

Ditempat alat pengukur lebar celah digunakan, ukuran bukaan di permukaan benda uji harus dievaluasi pada interval-interval, yang akan ditentukan oleh tingkatan nyata perubahan benda uji. Dua alat pengukur lebar celah harus digunakan, untuk menentukan:

- a) apakah alat pengukur lebar celah 6 mm dapat menembus benda uji dan dapat bergerak 150 mm sepanjang gap; atau
- b) apakah alat pengukur lebar celah 25 mm dapat menembus benda uji

Gangguan kecil apapun pada lintasan alat pengukur lebar celah yang mempunyai sedikit atau tanpa efek pada saat transmisi gas panas bukaan tidak diperhitungkan (misalnya pengikat kecil pada sambungan konstruksi yang telah terbuka akibat distorsi).

8 Prosedur pengujian

8.1 Aplikasi pembebanan

Untuk elemen pemikul beban, uji beban akan diterapkan sedikitnya 15 menit sebelum pengujian dimulai dan pada tingkatan yang efek dinamisnya tidak terjadi. Hasil deformasi relevan akan diukur. Jika benda uji meliputi material, yang deformasinya jelas terjadi pada pengujian tingkatan beban, maka beban yang diterapkan akan tetap digunakan pada pengujian api hingga deformasi tersebut stabil. Seiring dengan aplikasi dan sepanjang pengujian, beban akan dijaga konstan dan ketika deformasi benda uji mengganti sistem pembebanan, maka respons yang cepat dilakukan untuk menjaga agar nilainya tetap.

Jika benda uji belum roboh dan pemanasan diakhiri, beban dapat dilepaskan dengan seketika kecuali jika diperlukan untuk memonitor kemampuan berkelanjutan benda uji yang mendukung pembebanan. Dalam pembuatan laporan akan jelas diuraikan pendinginan benda uji dan apakah ini akan dicapai oleh alat tiruan dengan cara memindahkannya dari tungku atau dengan membuka tungku.

8.2 Awal pengujian

Tidak lebih dari 5 menit sebelum permulaan pengujian, temperatur awal yang direkam oleh semua termokopel akan dicek untuk memastikan konsistensi dan data angka yang dicatat. Pencatatan nilai data yang serupa akan diperoleh untuk deformasi dan kondisi awal benda uji. Pada saat pengujian, temperatur internal awal rata-rata, jika digunakan, dan temperatur permukaan tak terekspos pada benda uji adalah $20^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ dan berada dalam 5°C temperatur ambien (lihat 5.5).

Pada awal pengujian, temperatur tungku harus kurang dari 50°C . Awal pengujian dianggap sebagai permulaan ketika temperatur tungku harus mengikuti kurva standar pemanasan tungku. Penghitungan waktu pengujian dimulai dari titik ini dan seluruh manual dan sistem untuk pengukuran dan pengamatan juga harus dioperasikan pada titik ini. Temperatur tungku harus dikendalikan agar sesuai dengan persyaratan pada pasal 5.1.

8.3 Pengukuran dan pengamatan

Dari awal pengujian, harus dilakukan pengamatan dan pengukuran yang relevan.

8.3.1 Temperatur

Temperatur termokopel (kecuali termokopel jelajah) harus diukur dan direkam pada tiap interval tidak melebihi 1 menit selama 10 (sepuluh) menit pertama dan selanjutnya tiap 5 (lima) menit selama perioda pengujian.

Termokopel jelajah harus digunakan sesuai persyaratan 7.1.3.

8.3.2 Tekanan tungku

Tekanan tungku harus diukur dan direkam terus-menerus atau dalam interval tidak melebihi 5 menit.

8.3.3 Deformasi

Deformasi yang relevan pada benda uji harus diukur dan direkam sepanjang pengujian. Dalam hal uji pembebanan (*loadbearing*) benda uji, pengukuran harus dilakukan sebelumnya dan selama pengujian pembebanan pada interval 1 menit sepanjang perioda pemanasan. Tingkat deformasi akan dihitung atas dasar pengukuran ini.

- a) Untuk uji pembebanan horisontal, pengukuran harus dilakukan di lokasi dimana defleksi maksimum mungkin terjadi (untuk elemen-elemen pendukung ini pada umumnya berada di jarak pertengahan).
- b) Untuk uji pembebanan vertikal, ekspansi (yang ditunjukkan dengan bertambahnya tinggi benda uji) harus dinyatakan dalam angka positif, dan kontraksi (merupakan penurunan tinggi benda uji) akan dinyatakan dalam angka negatif.

8.3.4 Integritas

Integritas benda uji harus dievaluasi melalui pengujian dan hal-hal berikut ini harus direkam.

a) Bantalan kapas

Catat waktu dan lokasi terjadinya nyala pada bantalan kapas (sesuai 7.4.1) (bila bantalan tanpa nyala, abaikan saja).

b) Alat pengukur lebar celah

Catat waktu dan lokasi terjadinya keadaan yang ditetapkan pada 7.4.2.

c) Nyala

Catat waktu dan lamanya terjadi penyalaan pada permukaan tak terekspos.

8.3.5 Beban dan kekangan

Untuk komponen pemikul beban, harus dicatat waktu ketika benda uji tidak mampu mendukung beban uji. Variasi gaya terukur dan/atau momen yang diperlukan untuk menjaga kekangan harus direkam.

8.3.6 Perilaku umum

Pengamatan dilakukan dengan mengamati perilaku umum benda uji sepanjang pengujian dan mencatat gejala yang terkait seperti deformasi, terjadinya retakan, peristiwa pelelehan atau pelembehan material, peristiwa letupan permukaan beton akibat desakan uap air dalam beton (*spalling*) atau proses peng-arang-an (*charring*) bahan dari kayu, dll., dari bahan konstruksi benda uji yang dibuat. Jika terdapat asap di permukaan tak terekspos, maka kejadian ini dicatat dalam laporan.

8.4 Penghentian pengujian

Pengujian dapat diakhiri karena satu atau lebih pertimbangan berikut:

- Keselamatan personil atau segera terjadi kerusakan pada peralatan;
- Pencapaian kriteria tertentu;
- Permintaan pengguna jasa uji.

Pengujian dapat dilanjutkan setelah kegagalan (b) untuk memperoleh data tambahan.

9 Kriteria kinerja

9.1 Umum

Ketentuan ini menguraikan kriteria kinerja yang harus dipertimbangkan dalam menilai tingkat ketahanan api berbagai bentuk konstruksi bangunan yang sedang diuji. Ketentuan khusus dapat dijadikan sebagai tambahan kriteria kinerja umum atau dapat disesuaikan dengan fungsi dari elemen konstruksi bangunan tersebut.

Tingkat Ketahanan Api adalah perioda di mana benda uji telah menunjukkan pemenuhan kriteria kinerja, yang dirancang untuk mengukur stabilitas suatu konstruksi pemikul beban dan efektivitas sebagai pembatas suatu konstruksi pemisah/partisi. Jika benda uji merepresentasikan konstruksi bangunan pada kedua fungsi ini, maka kinerjanya diputuskan berdasarkan kedua aspek tersebut.

9.2 Kriteria kinerja spesifik

Ketahanan api benda uji harus ditentukan terhadap satu atau lebih kriteria kinerja yang sesuai.

Untuk elemen konstruksi bangunan tertentu, kriteria khusus diperlukan pada standard tertentu tersebut.

9.2.1 Stabilitas

Adalah lamanya waktu benda uji dapat terus menjaga kemampuan daya dukung beban sepanjang pengujian. Daya dukung terhadap beban uji ditentukan oleh tingkat dan laju defleksi. Karena defleksi yang cepat dapat terjadi hingga kondisi-kondisi stabil tercapai, maka kriteria laju defleksi tidak diterapkan sampai defleksi pada $L/30$ terlewati.

Untuk kepentingan bagian dari SNI xxxx:xxxx, maka kegagalan stabilitas dinyatakan bila kedua kriteria berikut terlewati:

- Untuk elemen-elemen lentur

Batasan defleksi,

$$D = \frac{L^2}{400d} \text{ mm}$$

dan

Batas laju defleksi,

$$\frac{dD}{dt} = \frac{L^2}{9000d} \text{ mm / menit}$$

dengan

L adalah bentang bersih benda uji, dalam milimeter

d adalah jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik terluar (lihat Gambar B.3

Lampiran B), dalam milimeter

b) Untuk elemen-elemen beban aksial

Batasan kontraksi aksial,

$$C = \frac{h}{100} mm \quad \text{dan}$$

Batas laju kontraksi aksial,

$$\frac{dC}{dt} = \frac{3h}{1000} mm / menit$$

dengan h adalah ketinggian awal, dalam milimeter

9.2.2 Integritas

Adalah lamanya benda uji dapat terus menjaga fungsi pemisahan selama pengujian tanpa terjadinya hal-hal berikut

- a) penyalaan bantalan kapas yang diterapkan sesuai 7.4.1; atau
- b) penetrasi gap gauges seperti ditetapkan pada 7.4.2; atau
- c) penyalaan pada permukaan yang tak terekspos lebih dari 10 detik.

9.2.3 Insulasi

Insulasi adalah lamanya benda uji dapat terus menjaga fungsi pemisahan selama pengujian tanpa meningkatkan temperatur pada permukaan tak terekspos:

- a) meningkatkan temperatur rata-rata di atas temperatur awal rata-rata lebih dari 140°C; atau
- b) meningkatkan temperatur di atas temperatur awal pada lokasi manapun (termasuk termokopel jelajah) lebih dari 180°C (temperatur awal merupakan temperatur rata-rata permukaan tak terekspos pada awal pengujian).
- c) temperatur maksimum pada lokasi manapun tidak boleh lebih dari 220°C, tanpa mempertimbangkan temperatur awal

10 Validitas pengujian

Pengujian dianggap valid bila telah diselenggarakan dalam semua batas yang disyaratkan berkaitan dengan peralatan uji, kondisi pengujian, persiapan benda uji, aplikasi instrumen dan prosedur uji, sesuai dengan SNI 03-xxxx-xxxx.

Pengujian dapat dipertimbangkan untuk diterima jika kondisi ekspos api berkaitan dengan temperatur tungku pembakaran, tekanan dan temperatur lingkungan adalah lebih dari batas atas toleransi yang ditetapkan pada pasal 5.

11 Hasil uji

11.1 Tingkat Ketahanan api

Tingkat Ketahanan Api harus dinyatakan sebagai lamanya waktu benda uji memenuhi kriteria kinerja yang relevan, dalam satuan menit.

11.2 Kriteria kinerja

11.2.1 Insulasi dan integritas versus stabilitas

Kriteria kinerja "insulasi" dan "integritas" secara otomatis diasumsikan tidak terpenuhi ketika kriteria "stabilitas" tidak terpenuhi.

11.2.2 Insulasi versus integritas

Kriteria kinerja "insulasi" secara otomatis diasumsikan tidak terpenuhi ketika kriteria "integritas" tidak terpenuhi.

11.3 Penghentian sebelum kegagalan

Apabila suatu pengujian diakhiri sebelum kegagalan kriteria kinerja yang relevan terjadi, maka alasan penghentian tersebut harus disebutkan. Hasil pengujian diberikan sesuai dengan waktu penghentian pengujian dan direkam dengan baik.

11.4 Contoh hasil uji

Berikut adalah contoh pernyataan hasil pengujian konstruksi pemikul beban, dimana kriteria integritas dan insulasi telah terlewati dan pengujian dihentikan atas permintaan pengguna jasa uji sebelum benda uji roboh.

"Stabilitas	≥ 128 menit (pengujian tidak dilanjutkan atas permintaan pengguna jasa uji);
Integritas	120 menit;
Insulasi	110 menit".

CATATAN Jika bantalan kapas tidak digunakan disebabkan karena temperatur tinggi pada permukaan benda uji, maka waktu saat terjadinya itu harus dinyatakan.

12 Laporan pengujian

Laporan ini memberi detail konstruksi, kondisi-kondisi pengujian dan hasil yang diperoleh ketika suatu unsur spesifik konstruksi telah diuji mengikuti prosedur yang ditetapkan pada SNI xxxx:xxxx. Penyimpangan signifikan apapun yang berkenaan dengan ukuran, detail konstruksional, pembebanan, tekanan, kondisi-kondisi batas yang dapat membuat hasil pengujian tidak berlaku.

Laporan pengujian meliputi informasi- informasi sebagai berikut:

- nama dan alamat laboratorium pengujian, nomor referensi dan tanggal pengujian;
- nama-nama dan alamat-alamat pengguna jasa uji, produk dan manufaktur benda uji dan bagian-bagian komponennya, namun jika tidak diketahui, harus dinyatakan dalam laporan;
- prosedur perakitan dan detail konstruksi benda uji, dengan gambar-gambar termasuk dimensi komponen dan, jika memungkinkan terdapat foto-foto;
- sifat material relevan yang digunakan yang mempengaruhi kinerja ketahanan api, metode determinasinya, termasuk, sebagai contoh, informasi mengenai kelembaban dan pengkondisian yang sesuai.
- untuk elemen-elemen pemikul beban, pembebanan yang diterapkan pada benda uji dan dasar perhitungannya;
- konstruksi pendukung dan kondisi-kondisi jepit serta dasar pemikiran pemilihannya;

SNI 1741:2008

- g) informasi mengenai penempatan seluruh termokopel, alat pengukur deformasi dan tekanan, dengan data grafis dan/atau bentuk tabel yang diperoleh alat selama pengujian;
- h) suatu uraian perilaku penting benda uji selama perioda pengujian, bersamaan dengan determinasi, atas dasar kriteria pada pasal 9, dari akhir pengujian;
- i) tingkat ketahanan api dari benda uji dinyatakan seperti pada pasal 11;
- j) untuk elemen-elemen partisi yang asimetris, dijelaskan arah/sisi benda uji yang diuji dan validitas hasil uji apabila struktur terekspos api di sisi berlawanan.

Lampiran A (Informatif)

Daftar simbol

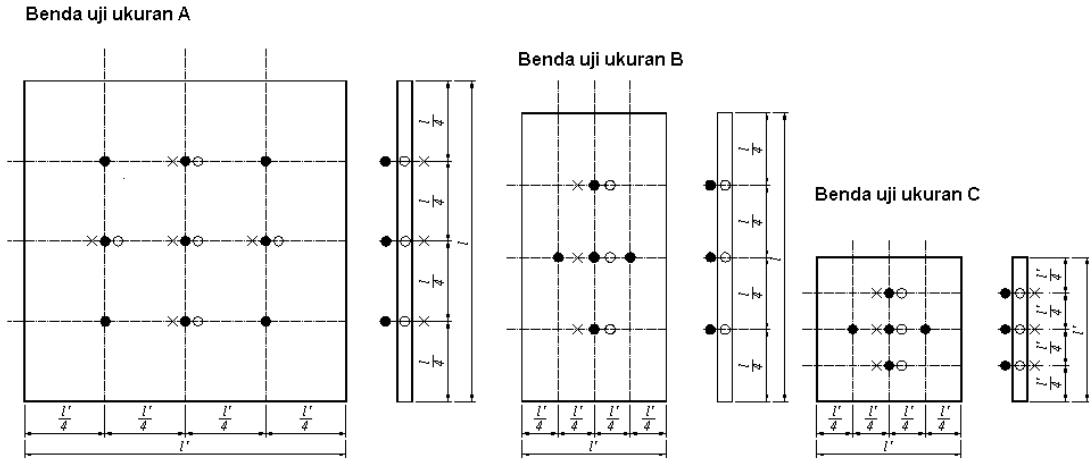
A	Daerah menurut waktu rata-rata tungku aktual/ kurva temperatur	$^{\circ}\text{C}$ menit
A_s	Daerah menurut waktu standar/ kurva temperatur	$^{\circ}\text{C}$ menit
C	Kontraksi aksial yang diukur saat pemanasan dimulai	mm
C_t	Kontraksi aksial pada waktu t sepanjang pengujian	mm
$\frac{dC}{dt}$	Nilai kontraksi aksial , didefinisikan sebagai $\frac{C(t_2) - C(t_1)}{(t_2 - t_1)}$	mm/menit
D	jarak dari fiber ekstrim pada desain zona kompresi ke fiber ekstrim pada desain zona regangan pada bagian struktural suatu benda pengujian lentur	mm
D	defleksi terukur sejak permulaan pemanasan	mm
$D(t)$	defleksi pada waktu t selama pengujian	mm
$\frac{dD}{dt}$	laju defleksi, didefinisikan sebagai: $\frac{D(t_2) - D(t_1)}{(t_2 - t_1)}$	mm/menit
h	tinggi mula-mula	mm
L	panjang bentang bersih benda	mm
d_e	persen deviasi (lihat 5.1.2)	%
t	waktu, diukur sejak awal pembakaran	mm
T	temperatur dalam tungku	$^{\circ}\text{C}$

Lampiran B
(Informatif)

Penempatan termokopel pada benda uji

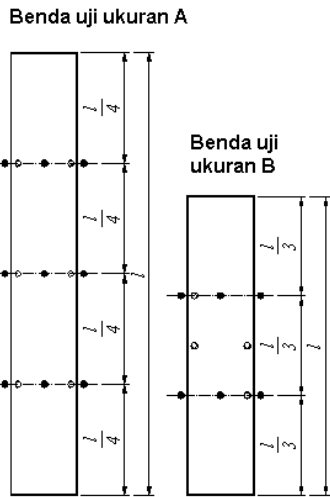
B.1 Penempatan termokopel pada benda uji

Dinding dan lantai

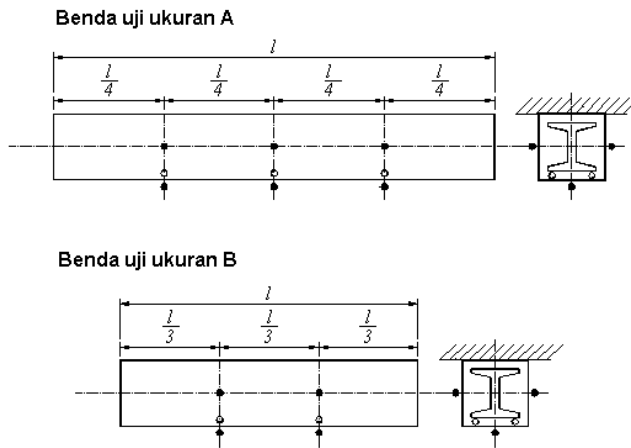


(a)

Kolom



Balok



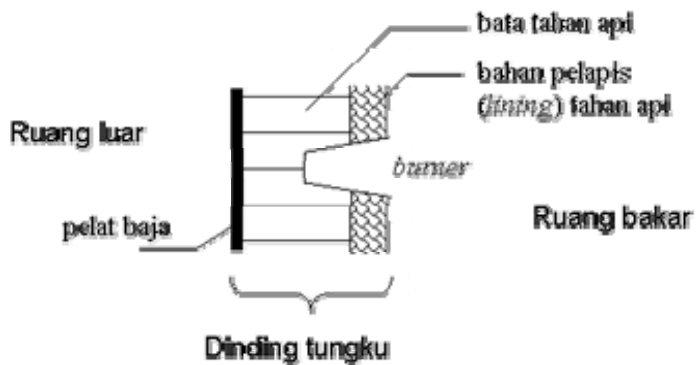
Keterangan:

- Titik pengukuran temperatur pemanasan
- Titik pengukuran temperatur tulangan baja
- × Titik pengukuran temperatur sisi belakang benda uji

(b)

Gambar B.1 Penempatan termokopel pada benda uji

B.2 Susunan dinding tungku



Gambar B.2 Susunan dinding tungku uji ketahanan api

B.3 Ilustrasi jarak d pada beton uji ketahanan api

Untuk elemen-elemen lentur, selama uji ketahanan api berlaku ketentuan sebagai berikut:
Batasan defleksi,

$$D = \frac{L^2}{400d} \text{ mm}$$

dan

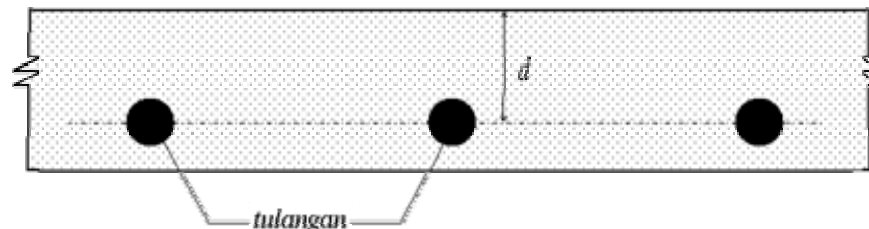
Batas laju defleksi,

$$\frac{dD}{dt} = \frac{L^2}{9000d} \text{ mm / menit}$$

dengan

L adalah bentang bersih benda uji, dalam milimeter

d adalah jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan tarik terluar, dalam milimeter



Gambar B.3 Ilustrasi jarak d pada beton

Lampiran C
(Informatif)

Dimensi benda uji

Jenis benda uji	Dimensi benda uji
Dinding	Ukuran A <ul style="list-style-type: none"> • tinggi 2480 mm x lebar 2480 mm • tinggi 1060 mm x lebar 1050 mm
Lantai	Ukuran A <ul style="list-style-type: none"> • panjang 3500 mm x lebar 3000 mm • panjang 1070 mm x lebar 1050 mm
Kolom	Ukuran A <ul style="list-style-type: none"> • tinggi (minimum) 2400 mm x lebar (minimum) 400 mm Ukuran B <ul style="list-style-type: none"> • tinggi 1500 mm x lebar (minimum) 400 mm
Balok	Ukuran A <ul style="list-style-type: none"> • panjang (minimum) 2400 mm x lebar (minimum) 400 mm Ukuran B <ul style="list-style-type: none"> • panjang 1500 mm x lebar (minimum) 400 mm