

PENGAJIAN KEKUATAN BETON STRUKTUR JEMBATAN PASCA KEBAKARAN

Sudarmadi

Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS) – BPPT
Kawasan PUSPIPTEK Serpong Gedung 220
Setu, Tangerang Selatan 15320
Email: idamradus@rocketmail.com

Abstract

In this paper a case study about concrete strength assessment of bridge structure experiencing fire is discussed. Assessment methods include activities of visual inspection, concrete testing by Hammer Test, Ultrasonic Pulse Velocity Test, and Core Test. Then, test results are compared with the requirement of RSNi T-12-2004. Test results show that surface concrete at the location of fire deteriorates so that its quality is decreased into the category of Very Poor with ultrasonic pulse velocity ranges between 1,14 – 1,74 km/s. From test results also it can be known that concrete compressive strength of inner part of bridge pier ranges about 267 – 274 kg/cm² and concrete compressive strength of beam and plate experiencing fire directly is about 173 kg/cm² and 159 kg/cm². It can be concluded that surface concrete strength at the location of fire does not meet the requirement of RSNi T-12-2004. So, repair on surface concrete of pier, beam, and plate at the location of fire is required.

Kata kunci: kekuatan beton, kebakaran, *Hammer Test*, *Ultrasonic Pulse Velocity Test*, *Core Test*

1. PENDAHULUAN

Pada peristiwa kebakaran di struktur jembatan biasanya dinilai terlalu cepat bahwa kondisinya rusak berat sehingga tidak dapat digunakan kembali dan harus dibongkar total. Sebenarnya diperlukan pengkajian atau asesmen yang mencukupi dengan tujuan mengetahui kekuatan bangunan setelah mengalami kebakaran sehingga pada akhirnya dapat ditentukan tindakan yang sesuai terkait dengan kondisi yang ada.

Pada dasarnya peristiwa kebakaran dapat terjadi bila mempunyai tiga faktor utama yaitu oksigen, benda-benda mudah terbakar (bahan bakar) dan penggunaan panas. Kemudian tingkat kerusakan bangunan yang mengalami kebakaran ditentukan oleh keganasan api (*fire severity*), yaitu kemampuan kebakaran untuk menghancurkan atau merusak bangunan dan isinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi keganasan api pada suatu kebakaran antara lain adalah:

- sifat dasar bahan bakar,
- jumlah bahan bakar,
- susunan/letak bahan bakar,
- ukuran dan bentuk ruangan atau kompartemen,
- luas dan bentuk bukaan,
- suhu penyekat dari dinding dan langit-langit.

Pada kasus kebakaran pada struktur beton, kerusakan pada beton dipengaruhi oleh tingginya suhu yang terjadi pada beton saat kebakaran terjadi. Semakin tinggi suhu yang terjadi pada beton semakin parah tingkat kerusakannya. Schneider & Nagele, 1989 dan Concrete Society, 1978 menyebutkan bahwa sampai suhu 300°C, kekuatan beton tidak mengalami penurunan secara signifikan, tetapi pada suhu di atas 500°C beton sudah tidak mungkin digunakan sebagai bahan struktural. Di samping kekuatan yang menurun, akibat suhu tinggi modulus elastisitas beton juga menurun (Schneider & Nagele, 1989, Concrete Society, 1978, Bilow & Kamara, 2008) dan creep serta relaksasi meningkat secara signifikan (Bilow & Kamara, 2008).

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, pada makalah ini disampaikan hasil pengkajian kasus jembatan Ampera di Palembang yang mengalami kebakaran selama sekitar satu jam pada 10 Oktober 2010.

Struktur jembatan secara keseluruhan terdiri dari struktur beton dan struktur baja, tetapi yang mengalami kebakaran adalah sebagian saja dari struktur betonnya. Dari pengamatan secara visual, bagian yang terpengaruh kebakaran secara serius terdiri dari dua bentangan. Bagian jembatan yang mengalami kebakaran dapat dilihat pada Gambar 1.



(a)



(b)

Gambar 1. Suasana saat Terjadi Kebakaran pada Jembatan dan Kondisi Sesudahnya

2. BAHAN DAN METODE

Bahan studi adalah struktur jembatan beton yang mengalami kebakaran. Pada kegiatan pengkajian ini, metode pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- Inspeksi visual
Dari inspeksi visual akan diperoleh informasi jenis kerusakan yang terjadi.
- Pengujian beton dengan metode *Hammer Test*
Peralatan yang digunakan adalah *DigiSchmidt 2000*. Dengan alat ini dapat diprediksi kekuatan beton secara kasar. Pengujian dilakukan terhadap *pier*, balok, dan pelat jembatan. Pengujian dilakukan pada lokasi yang mengalami kebakaran dan juga pada bukan lokasi kebakaran. Untuk setiap titik pengujian dilakukan 10 kali pukulan.
- Pengujian beton dengan metode *Ultrasonic Pulse Velocity (UPV) Test*
Peralatan yang digunakan adalah *Pulse Ultrasonic Non-Destructive Digital Indicating Tester (PUNDIT)* dengan frekuensi 54 kHz. Dengan pengujian ini akan dapat diketahui kualitas beton yang ada berdasarkan kecepatan pulsanya. Pengujian dilakukan terhadap *pier* jembatan pada lokasi kebakaran dan pada bukan lokasi kebakaran.
- Pengujian sampel *core drill*
Pada metode ini sampel silinder beton diambil dari *pier*. Peralatan yang digunakan di lapangan adalah *re-bar detector* dan mesin *core drill*. Silinder beton kemudian dibawa ke

laboratorium untuk diuji tekan sehingga diketahui kuat tekan beton aktualnya. Sampel silinder diambil dari lokasi kebakaran dan dari bukan lokasi kebakaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kerusakan Yang Terjadi

Kerusakan terparah terjadi pada bentangan di mana di bawah bentangan tersebut sumber api berasal. Kerusakan yang terjadi berupa:

- *crazing* pada permukaan beton *pier*, balok, dan pelat bawah jembatan
- retak melintang pada pelat bawah jembatan
- retak memanjang pada balok memanjang jembatan
- retak dan *spalling* (pengelupasan beton) pada sambungan balok diafragma
- *spalling* pada *pier* dan pelat
- bengkoknya pagar jembatan

Dari kerusakan yang ada, tidak tampak ada baja tulangan maupun baja pada tumpuan/perletakan jembatan yang meleleh. Contoh gambar kerusakan yang terjadi disajikan pada Gambar 2.



(a)



(b)

Gambar 2. Kerusakan berupa *crazing* dan *spalling* pada pelat bawah jembatan, dan retak memanjang pada balok memanjang.

3.2. Metode *Hammer Test*

Berdasarkan studi yang telah dilakukan oleh Sudarmadi (2010a), kuat tekan beton langsung dari *Hammer Test* menggunakan *DigiSchmidt*

2000 pada umumnya lebih tinggi (*overestimated*) dari kuat tekan aktualnya. Oleh karena itu, terhadap data hasil *Hammer Test* (langsung) perlu dilakukan koreksi untuk mendapatkan perkiraan kuat tekan beton aktualnya. Oleh Sudarmadi, 2010a dinyatakan bahwa untuk koreksi terhadap kuat tekan hasil *Hammer Test* dapat menggunakan formula

$$y = 0,4612x + 58,6 \quad (1)$$

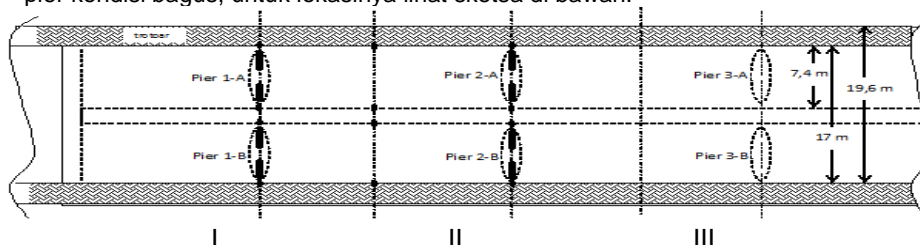
dengan y adalah nilai aktual kuat tekan kubus beton (dari hasil *core test*) (kg/cm^2) dan x adalah nilai kuat tekan beton dari hasil *hammer test* (kg/cm^2).

Hasil pengujian beton dengan metode *Hammer Test* dirangkum pada Tabel 1 – 3 dan disajikan secara grafis pada Gambar 3 – 8.

Tabel 1. Rangkuman hasil pengujian beton dengan metode *Hammer Test* pada Pier (Sudarmadi, 2010b)

No	Benda Uji	Kode	Kuat Tekan Beton dari Hammer Test kg/cm^2	Prediksi Kuat Tekan Kubus Beton Aktual kg/cm^2	Keterangan
1	K I-A	AMP I A 0001	390	238	Lokasi kebakaran (terbuka)
2		AMP I A 0002	447	265	Lokasi kebakaran (terbuka)
3	K I-B	AMP I B 0001	367	228	Lokasi kebakaran (terbuka)
4		AMP I B 0002	439	261	Lokasi kebakaran (terbuka)
5	K II-A	AMP II A 0001	453	268	Lokasi kebakaran (terbuka)
6		AMP II A 0002	407	246	Lokasi kebakaran (terbuka)
7	K II-B	AMP II B 0001	403	244	Lokasi kebakaran (terbuka)
8		AMP II B 0002	374	231	Lokasi kebakaran (terbuka)
9	K IV-A	AMP KLBGS 4001	418	251	Bukan lokasi kebakaran
10		AMP KLBGS 4003	425	255	Bukan lokasi kebakaran
11	K V	AMP KLBGS 5001	452	267	Bukan lokasi kebakaran
12		AMP KLBGS 5002	487	283	Bukan lokasi kebakaran
13	K VI	AMP KLBGS 6001	483	281	Bukan lokasi kebakaran

Keterangan: AMP = Ampera, K = Pier, A = Baris A, B = Baris B, angka Romawi = nomor pier, angka Arab = nomor sampel, KLBGS = pier kondisi bagus, untuk lokasinya lihat sketsa di bawah.



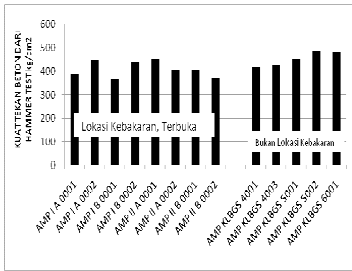
Tabel 2. Rangkuman hasil pengujian beton dengan metode *Hammer Test* pada Balok (Sudarmadi, 2010b)

No	Benda Uji	Kode	Kuat Tekan Beton dari	Prediksi Kuat Tekan	Keterangan

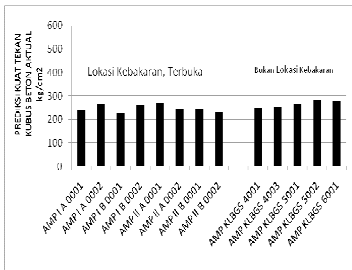
			Hammer Test kg/cm ²	Kubus Beton Aktual kg/cm ²	
1	B I-II	AMP BL L A 0001	516	297	Lokasi kebakaran (tertutup)
2		AMP BL L A 0002	368	228	Lokasi kebakaran (tertutup)
3		AMP BL L A 0004	282	189	Lokasi kebakaran (tertutup)
4		AMP BL L A 0005	456	269	Lokasi kebakaran (tertutup)
5		AMP BL P A 0001	282	189	Lokasi kebakaran (terbuka)
6		AMP BL P A 0002	177	140	Lokasi kebakaran (terbuka)
7		AMP BL P A 0003	396	241	Lokasi kebakaran (terbuka)
8		AMP BL T A 0001	280	188	Lokasi kebakaran (terbuka)
9		AMP BL T A 0002	211	156	Lokasi kebakaran (terbuka)
10		AMP BL T A 0004	187	145	Lokasi kebakaran (terbuka)
11		AMP BL T A 0005	261	179	Lokasi kebakaran (terbuka)
12		AMP BL T A 0006	192	147	Lokasi kebakaran (terbuka)
13	B IV-V	AMP PLBGS 0003	385	236	Bukan lokasi kebakaran
14		AMP PLBGS 0004	493	286	Bukan lokasi kebakaran

Tabel 3. Rangkuman hasil pengujian beton dengan metode *Hammer Test* pada Pelat (Sudarmadi, 2010b)

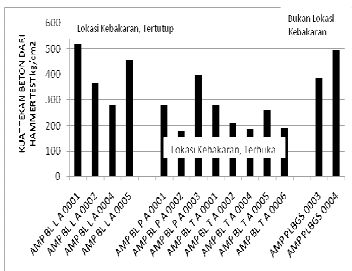
No	Benda Uji	Kode	Kuat Tekan Beton dari Hammer Test kg/cm ²	Prediksi Kuat Tekan Kubus Beton Aktual kg/cm ²	Keterangan
1	P I-II	AMP PL L A 0001	382	235	Lokasi kebakaran (tertutup)
2		AMP PL L A 0002	155	130	Lokasi kebakaran (tertutup)
3		AMP PL L A 0003	408	247	Lokasi kebakaran (tertutup)
4		AMP PL I A 0001	284	190	Lokasi kebakaran (terbuka)
5		AMP PL I A 0002	213	157	Lokasi kebakaran (terbuka)
6		AMP PL I A 0003	256	177	Lokasi kebakaran (terbuka)
7		AMP PL T A 0001	152	129	Lokasi kebakaran (terbuka)
8		AMP PL T A 0002	233	166	Lokasi kebakaran (terbuka)
9		AMP PL T A 0003	166	135	Lokasi kebakaran (terbuka)
10	P IV-V	AMP PLBGS 0001	429	256	Bukan lokasi kebakaran
11		AMP PLBGS 0002	346	218	Bukan lokasi kebakaran



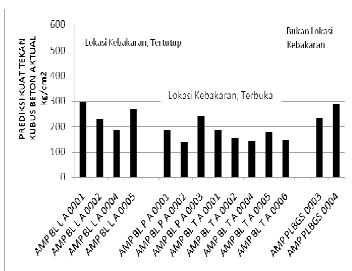
Gambar 3. Kuat tekan beton pada Pier dengan Hammer Test



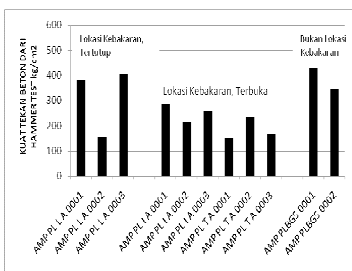
Gambar 4. Prediksi kuat tekan beton aktual pada Pier



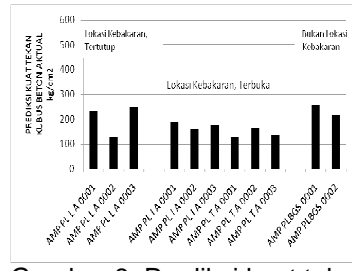
Gambar 5. Kuat tekan beton pada Balok dengan Hammer Test



Gambar 6. Prediksi kuat tekan beton aktual pada Balok



Gambar 7. Kuat tekan beton pada Pelat dengan Hammer Test



Gambar 8. Prediksi kuat tekan beton aktual pada Pelat

Dari Tabel 1 – 3 dan Gambar 3 – 8 dapat diketahui bahwa berdasarkan hasil *Hammer Test* yang dikoreksi gambaran kekuatan beton *existing* pada struktur jembatan adalah sebagai berikut.

- Pier
- Kuat tekan beton pada lokasi yang mengalami kebakaran rata-rata adalah 248 kg/cm².
 - Kuat tekan beton pada lokasi yang tidak mengalami kebakaran rata-rata adalah 267 kg/cm².
 - Kuat tekan beton pada lokasi kebakaran = 93% kuat tekan beton pada lokasi yang tidak mengalami kebakaran.
- Balok
- Kuat tekan beton pada lokasi yang mengalami kebakaran tetapi tertutup (tidak terkena api) rata-rata adalah 246 kg/cm².
 - Kuat tekan beton pada lokasi yang mengalami kebakaran dan terbuka (langsung terkena api) rata-rata adalah 173 kg/cm².
 - Kuat tekan beton pada lokasi yang tidak mengalami kebakaran rata-rata adalah 261 kg/cm².
 - Kuat tekan beton pada lokasi kebakaran tetapi tertutup = 94% kuat tekan beton pada lokasi yang tidak mengalami kebakaran.
 - Kuat tekan beton pada lokasi kebakaran dan terbuka = 66% kuat tekan beton pada lokasi yang tidak mengalami kebakaran
- Pelat
- Kuat tekan beton pada lokasi yang mengalami kebakaran tetapi tertutup (tidak terkena api) rata-rata adalah 204 kg/cm².
 - Kuat tekan beton pada lokasi yang mengalami kebakaran dan terbuka (langsung terkena api) rata-rata adalah 159 kg/cm².
 - Kuat tekan beton pada lokasi yang tidak mengalami kebakaran rata-rata adalah 237 kg/cm².
 - Kuat tekan beton pada lokasi kebakaran tetapi tertutup = 86% kuat tekan beton pada lokasi yang tidak mengalami kebakaran.
 - Kuat tekan beton pada lokasi kebakaran dan terbuka = 67% kuat tekan beton pada lokasi yang tidak mengalami kebakaran

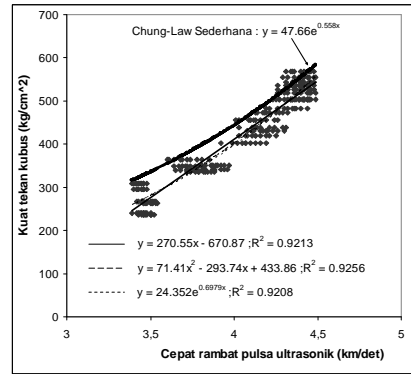
3.3. Metode UPV Test

Menurut Kay, 1992 metode UPV Test digunakan terutama untuk melihat keseragaman kualitas beton berdasarkan kecepatan pulsanya. Akan tetapi, berdasarkan studi yang telah dilakukan, UPV Test dapat juga digunakan untuk estimasi kuat tekan betonnya.

Pada kasus ini UPV Test dilakukan secara *direct* dan *indirect* hanya pada pier saja karena untuk ke komponen yang lain terdapat kesulitan akses. Pada cara *direct*, hasil pengujian akan menggambarkan kondisi beton rata-rata termasuk beton yang di dalam, tidak hanya permukaan. Pada cara *indirect*, hasil pengujian menggambarkan kondisi beton di permukaan.

Evaluasi kualitas beton dari UPV Test mengacu pada Tabel 4 dan Gambar 9.

Hasil pengujian beton dengan metode UPV Test dirangkum pada Tabel 5 – 6.



Gambar 9. Hubungan antara kuat tekan kubus beton dan kecepatan pulsa ultrasonik (Sudarmadi & Partowiyatmo, 2003)

Tabel 4. Rating Kecepatan Pulsa Ultrasonik Untuk Beton Menurut Malhotra (Road Transport Research, 1989)

Kualitas Beton	Kecepatan pulsa ultrasonik (km/det)
Sangat baik (<i>excellent</i>)	> 4,6
Baik (<i>good</i>)	3,7 – 4,6
Cukup (<i>fair</i>)	3,0 – 3,7
Jelek (<i>poor</i>)	2,1 – 3,0
Sangat jelek (<i>very poor</i>)	< 2,1

Tabel 5. Rangkuman hasil uji Kecepatan Pulsa Ultrasonik secara *Direct* (Sudarmadi, 2010b)

No.	Benda Uji	Kode	Metode	Kecepatan Pulsa Ultrasonik (km/det)	Kualitas Beton	Estimasi Kuat Tekan (kg/cm ²)	Keterangan
1	Pier	I A	Direct	2,95	Jelek	192	Lokasi kebakaran
2	Pier	I B	Direct	2,71	Jelek	163	Lokasi kebakaran
3	Pier	II A	Direct	2,43	Jelek	133	Lokasi kebakaran
4	Pier	II B	Direct	2,4	Jelek	131	Lokasi kebakaran
5	Pier	VI A	Direct	3,58	Cukup	298	Bukan lokasi kebakaran

Tabel 6. Rangkuman hasil uji Kecepatan Pulsa Ultrasonik secara *Indirect* (Sudarmadi, 2010b)

No.	Benda Uji	Kode	Metode	Kecepatan Pulsa Ultrasonik (km/det)	Kualitas Beton	Estimasi Kuat Tekan (kg/cm ²)	Keterangan
1	Pier	I B (1)	Indirect	1,63	Sangat Jelek	78	Lokasi kebakaran
2	Pier	I B (2)	Indirect	1,14	Sangat Jelek	56	Lokasi kebakaran
3	Pier	II A (1)	Indirect	1,74	Sangat Jelek	86	Lokasi kebakaran
4	Pier	II A (2)	Indirect	1,65	Sangat	82	Lokasi

					Jelek		kebakaran
5	Pier	VI A (1)	Indirect	2,75	Jelek	186	Bukan lokasi kebakaran
5	Pier	VI A (2)	Indirect	3	Jelek	205	Bukan lokasi kebakaran

Dari Tabel 5 – 6, dapat diketahui hal-hal berikut:

- Kualitas beton rata-rata pada pier yang mengalami kebakaran termasuk dalam kelompok kualitas **Jelek**, kecepatan pulsa rata-rata berkisar 2,4 – 2,95 km/det dengan estimasi kuat tekan berkisar 131 – 192 kg/cm².
- Kualitas beton rata-rata pada pier yang tidak mengalami kebakaran termasuk dalam kelompok kualitas **Cukup**, kecepatan pulsa sekitar 3,58 km/det dengan estimasi kuat tekan beton sekitar 298 kg/cm².
- Kualitas beton permukaan pada pier yang mengalami kebakaran termasuk dalam kelompok kualitas **Sangat Jelek**, kecepatan pulsa berkisar 1,14 – 1,74 km/det dengan estimasi kuat tekan berkisar 56 – 86 kg/cm².
- Kualitas beton permukaan pada pier yang tidak mengalami kebakaran termasuk dalam kelompok kualitas **Jelek**, kecepatan pulsa berkisar 2,75 – 3 km/det dengan estimasi kuat tekan berkisar 186 – 205 kg/cm².

3.4. Metode Pengujian Sampel Core Drill (Core Test)

Pengujian sampel *core drill* hanya dilakukan terhadap *pier*. Sebelum dilakukan *coring*, agar tidak ada baja tulangan yang terpotong, maka dilakukan pemetaan posisi baja tulangan terlebih dahulu dengan *Re-bar Detector*. Setelah dipastikan lokasi pengambilan sampel bebas dari baja tulangan, baru *coring* dilaksanakan.

Masing-masing sampel silinder beton yang diperoleh dipotong menjadi dua untuk mendapatkan representasi beton permukaan dan beton bagian dalam. Pengujian tekan dilakukan dengan mesin RME 100 kN.

Mengacu pada Concrete Society, 1976 rumus untuk perhitungan kuat tekan kubus beton dari sampel silinder *core drill* adalah sebagai berikut:

- Untuk *core drill* arah horisontal, kekuatan aktual (kubus beton)

$$= \frac{2,5}{1,5 + 1/\lambda} \times \text{Core Strength} \quad (2)$$

- Untuk *core drill* arah vertikal, kekuatan aktual (kubus beton)

$$= \frac{2,3}{1,5 + 1/\lambda} \times \text{Core Strength} \quad (3)\lambda$$

adalah nilai panjang/diameter sampel silinder. Satuan pada persamaan (2) dan (3) adalah N/mm² atau MPa, untuk konversi ke satuan kg/cm² dikalikan dengan 10,19716.

Hasil pengujian terhadap sampel silinder *core drill* disajikan pada Tabel 7.

Dari Tabel 7 dapat diketahui hal-hal berikut:

- Kuat tekan beton bagian permukaan pada *pier* yang mengalami kebakaran adalah rata-rata 14,93 MPa (152 kg/cm²).
- Kuat tekan beton bagian dalam pada *pier* yang mengalami kebakaran (kecuali Pier I A) adalah rata-rata 26,85 MPa (274 kg/cm²).
- Kuat tekan beton bagian permukaan pada pier yang tidak mengalami kebakaran adalah 13,09 MPa (133 kg/cm²).
- Kuat tekan beton bagian dalam pada *pier* yang tidak mengalami kebakaran adalah 26,18 MPa (267 kg/cm²).
- Kuat tekan beton permukaan pada *pier* = 50 – 55% kuat tekan beton bagian dalam *pier* (baik yang mengalami kebakaran maupun tidak).
- Tidak ada perbedaan yang signifikan pada kuat tekan beton, antara *pier* yang mengalami kebakaran dan *pier* yang tidak mengalami kebakaran.

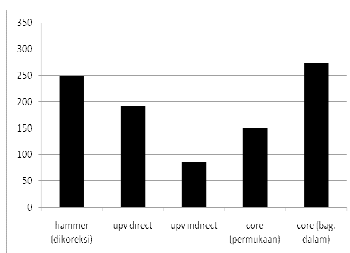
Tabel 7. Hasil Pengujian Sampel Silinder Beton dari *Core Drill* (Sudarmadi, 2010b)

N O.	KODE	L (m m)	Ø (m m)	Beb an (kN)	Core Streng th (MPa)	Actual Streng th (MPa)	Keterangan
1.	AMP I A (1)	67	67	46	13,05	13,05	Lokasi kebakaran; sampel bagian luar; pier I A

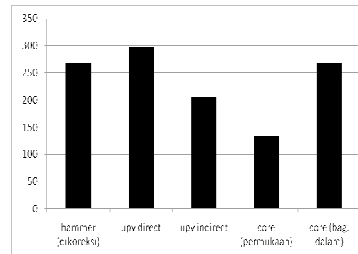
2.	AMP I A (2)	67	67	52	14,75	14,75	Lokasi kebakaran; sampel bagian dalam; pier I A
3.	AMP II A (1)	100,5	67	45	12,76	14,73	Lokasi kebakaran; sampel bagian luar; pier II A
4.	AMP II A (2)	100,5	67	80	22,69	26,18	Lokasi kebakaran; sampel bagian dalam; pier II A
5.	AMP II B (1)	67	67	60	17,02	17,02	Lokasi kebakaran; sampel bagian luar; pier II B
6.	AMP II B (2)	67	67	97	27,51	27,51	Lokasi kebakaran; sampel bagian dalam; pier II B
7.	AMP III A (1)	100,5	67	40	11,35	13,09	Bukan lokasi kebakaran; sampel bagian luar; pier III A
8.	AMP III A (2)	100,5	67	80	22,69	26,18	Bukan lokasi kebakaran; sampel bagian dalam; pier III A

Keterangan: 1 MPa = 10,19716 kg/cm²

Jika dibandingkan antara berbagai metode untuk mengetahui kuat tekan beton pada *pier* sebagaimana tersebut di atas, maka tampak dari Gambar 10 – 11 bahwa metode *Hammer Test* (dikoreksi) cukup konsisten dengan hasil *core test*. Dengan dasar itu, maka metode *Hammer Test* dapat digunakan sebagai patokan untuk menentukan kuat tekan beton pada komponen yang lain.



Gambar 10. Perbandingan kuat tekan beton (kg/cm²) dengan berbagai metode pada *pier* yang terkena kebakaran (hasil rata-rata)



Gambar 11. Perbandingan kuat tekan beton (kg/cm²) dengan berbagai metode pada *pier* yang tidak terkena kebakaran (hasil rata-rata)

Pada Gambar 11 juga dapat diketahui bahwa estimasi kuat tekan dari UPV Test pada *pier* yang tidak mengalami kebakaran cukup mendekati hasil estimasi dari *Hammer Test* (dikoreksi) dan *core test*. Perbedaan hasil estimasi yang cukup besar dari UPV Test secara *direct* dengan metode lainnya pada lokasi kebakaran (Gambar 10) diperkirakan akibat beton permukaan yang rusak akibat kebakaran. Hal ini tampak dari hasil UPV Test secara *indirect* yang menunjukkan beton dengan kualitas Sangat Jelek pada *pier* di lokasi kebakaran.

3.5. Persyaratan Beton Jembatan

RSNI T-12-2004 (Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan) menyatakan bahwa dalam segala hal beton dengan kuat tekan (benda uji silinder) kurang dari 20 MPa (204 kg/cm^2) tidak dapat digunakan untuk struktur beton jembatan, kecuali untuk pembetonan yang tidak dituntut persyaratan kekuatan. Dengan melihat hasil pengujian dan persyaratan standar RSNI T-12-2004 tersebut, maka dapat dinyatakan bahwa:

- Kekuatan beton permukaan pada *pier* tidak memenuhi syarat dan perlu diperbaiki
- Kekuatan beton bagian dalam pada *pier* masih memenuhi syarat
- Kekuatan beton balok dan pelat pada lokasi kebakaran dan terbuka (terkena kebakaran) tidak memenuhi syarat dan perlu diperbaiki
- Kekuatan beton balok dan pelat pada lokasi kebakaran tetapi tertutup (tidak terkena kebakaran) masih memenuhi syarat

4. KESIMPULAN

- Kualitas beton permukaan pada lokasi kebakaran **Sangat Jelek** (Kecepatan pulsa ultrasonik berkisar **1,14 – 1,74 km/det**).
- Kuat tekan beton bagian dalam pada *pier* jembatan yang mengalami kebakaran tidak terpengaruh oleh kebakaran yang terjadi. Kuat tekan beton bagian dalam pada *pier* jembatan sekitar **267** s.d. **274 kg/cm²**.
- Kuat tekan beton pada balok dan pelat yang mengalami kebakaran langsung sekitar **173 kg/cm²** dan **159 kg/cm²**, setara dengan **66%** dari kuat tekan beton balok dan pelat pada lokasi yang tidak mengalami kebakaran.
- Kekuatan beton permukaan pada lokasi kebakaran tidak memenuhi syarat RSNI T-12-2004.
- Perlu dilakukan perbaikan pada beton permukaan pada lokasi yang mengalami kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Bilow, D.N. & Kamara, M.E. Fire and Concrete Structures, Structures 2008: Crossing Borders, ASCE, 2008.
- Concrete Society Technical Report No.15, Assessment of Fire-Damaged Concrete Structures and Repair by Gunite, Concrete Society Working Party, 1978
- Concrete Society. Concrete Core Testing for Strength – Technical Report No.11, Concrete Society Working Party, London, 1976.
- Kay, T., 1992. Assessment & Renovation of Concrete Structures, Longman Scientific & Technical, Essex.
- Road Transport Research, Durability of Concrete Road Bridges, Report prepared by An OECD Scientific Experts Group, Paris, 1989.
- RSNI T-12-2004, Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan, BSN, Jakarta, 2004.
- Schneider, U. & Nagele, E., Repairability of Fire Damaged Structures, CIB W14 Report, Gesamthochschul - Bibliothek, Kassel, 1989.
- Sudarmadi & Partowiyatmo, A., Pengembangan Rumus Estimasi Kuat Tekan Beton dari Data Kecepatan Pulsa Ultrasonik, Publikasi Ilmiah Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Kalibrasi, Instrumentasi, dan Metrologi (PPI-KIM), Puslit KIM, LIPI, 2003.
- Sudarmadi, Koreksi Kekuatan Beton Hasil Hammer Test Terhadap Core Test, Majalah PI, Edisi Desember 2010, BPPT, Jakarta, 2010.
- Sudarmadi, Laporan Asesmen Struktur Jembatan Ampera Palembang Pasca Kebakaran, B2TKS – BPPT, Tangerang Selatan, 2010