

INVESTIGASI KEANDALAN STRUKTUR BETON PADA BANGUNAN CEROBONG MENGGUNAKAN *DESTRUCTIVE* DAN *NON DESTRUCTIVE TEST* STUDI KASUS: *STACK BOILER GRESIK UNIT 1 & 2*

Sri Murni Dewi, Hendro Suseno, Sugeng P. Budio, Kartika Puspa Negara
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jl. MT. Haryono 167, Malang 651

ABSTRAK

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 25/RT/M/2007 tanggal 9 Agustus 2007 tentang Pedoman Sertifikat Laik Fungsi Bangunan Gedung, definisi keandalan bangunan gedung adalah kondisi keselamatan, kesehatan, kenyamanan, dan kemudahan yang memenuhi persyaratan teknis oleh kinerja bangunan gedung. Persyaratan teknis meliputi persyaratan tata bangunan dan persyaratan keandalan bangunan gedung. Penjagaan keandalan ini dilakukan agar bangunan selalu dalam kondisi laik fungsi. Studi kasus dari penelitian ini adalah menyelidiki keandalan cerobong pada PLTU Gresik unit 1&2 menggunakan uji *destructive* dan *non destructive*. Pengujian dilakukan dengan melakukan *Hammer Test*, *UPV Test*, *Core Drill Testing*, *Crack Detection Testing*, *Concrete Cover Testing*, *Corrosion Testing*, *Rebar Inspection*, *Settlement Testing* dan *Visual Inspection*. Berdasarkan analisis keandalan bangunan pada kondisi eksisting, maka struktur cerobong masuk dalam kategori kurang andal. Akibat kerusakan-kerusakan yang ada, maka estimasi kapasitas struktur beton diperkirakan berkurang sebesar 34,81%.

Kata kunci: Cerobong, *Destructive*, Keandalan, *Non Destructive*

PENDAHULUAN

Semakin bertambahnya usia suatu bangunan akan mempengaruhi kemampuan bangunan tersebut dalam menahan beban. Oleh karena itu, kemunduran kualitas bangunan adalah suatu hal yang tidak bisa dihindari. Akan tetapi laju kemunduran kualitas tersebut dapat ditekan dengan tindakan pemeliharaan dan perawatan. Pemeliharaan dan perawatan tersebut dapat meningkatkan keandalan sehingga bangunan tersebut masih memenuhi jaminan laik bangun.

Jaminan laik bangunan merupakan suatu jaminan dimana bangunan tersebut masih memenuhi persyaratan administratif dan persyaratan teknis sesuai dengan fungsi bangunan. Sehingga jaminan ini diperlukan terutama pada bangunan vital yang memiliki kepentingan untuk orang

banyak. Salah satu contoh bangunan vital adalah bangunan cerobong PLTU yang berfungsi untuk menyediakan tenaga listrik bagi masyarakat.

Adanya penurunan kualitas pada cerobong pembangkit listrik terutama pada PLTU Gresik unit 1&2 mendorong dilakukannya upaya penyelidikan untuk mengetahui tingkat keandalan bangunan tersebut dan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap nilai keandalan bangunan tersebut. Penelitian dilakukan pada bangunan cerobong PLTU yang menggunakan struktur beton. Selain itu juga akan dibahas mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap nilai keandalan bangunan tersebut.

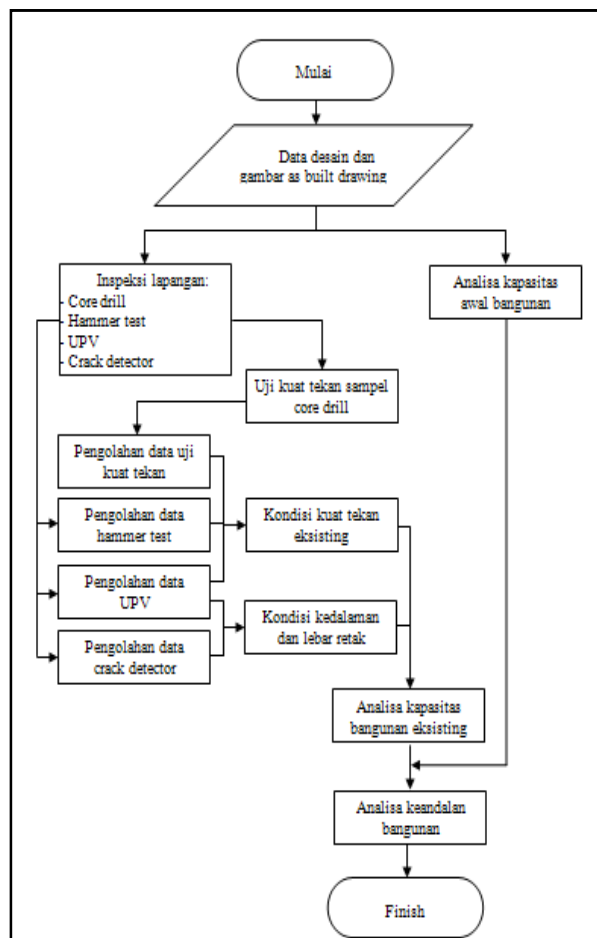
Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disampaikan beberapa tujuan penelitian sebagai berikut:

1. Mengetahui tingkat keandalan dari cerobong PLTU Gresik unit 1&2.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor apa sajakah yang berpengaruh terhadap nilai keandalan bangunan cerobong beton.

3. Core drill vertical dan horizontal
4. Tes UPV pada beton dan baja
5. Inspeksi tulangan dengan menggunakan covermeter 5+, (f) Tes korosi dengan menggunakan Resipod dan Canin+
6. Pengamatan lebar retak dengan menggunakan mikroskop.

METODE PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut ini,



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara melakukan penelitian lapangan yang dapat mewakili kondisi bangunan saat ini. Adapun peralatan dan pengujian yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Total station yang digunakan untuk survey topografi.
2. Hammer test untuk uji kekerasan beton

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Survei topografi.

Berdasarkan hasil pengukuran elevasi bangunan cerobong pada lantai dalam bangunan dan lantai luar bangunan, didapatkan perbedaan tinggi antara satu titik pengamatan dengan titik lainnya sebesar:

- Sisi dalam bangunan : antara 1 mm ~ 20 mm
- Sisi luar bangunan : antara 2 mm ~ 127 mm

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan maka data yang diperoleh dapat ditabelkan sebagai berikut.

2. Hammer test.

Berdasarkan hasil *hammer test* di beberapa elevasi, terlihat bahwa kekuatan beton cukup seragam. Dengan demikian, dapat diasumsikan bahwa pengambilan benda uji menggunakan core drill dapat dilakukan secara acak dan hasilnya nanti dapat mewakili kondisi beton secara keseluruhan.

3. Core drill.

Pelaksanaan *core drill* dilakukan dengan dua metode, yaitu secara vertikal dan horisontal. Dari pengeboran tersebut didapatkan sejumlah sampel silinder beton yang kemudian digunakan dalam pengujian kuat tekan di laboratorium.

4. Tes UPV.

Berdasarkan pengukuran menggunakan alat PUNDIT di berbagai titik dan elevasi pada bangunan cerobong, didapatkan nilai kuat tekan beton rata-rata sebesar $f'c$ 21,49 MPa. Nilai ini digunakan untuk mengkonfirmasi hasil uji kuat tekan benda uji yang didapatkan dari pekerjaan core drill. Namun nilai kuat tekan beton

dari benda uji core drill yang akan digunakan dalam analisis.

5. Pengamatan retak.

Selanjutnya lebar retak terbesar (1,4 mm) serta kedalaman retak terbesar (27,83 mm) akan dipergunakan untuk melakukan analisis penampang beton eksisting.

Tabel 2. Kedalaman Retak (UPV)

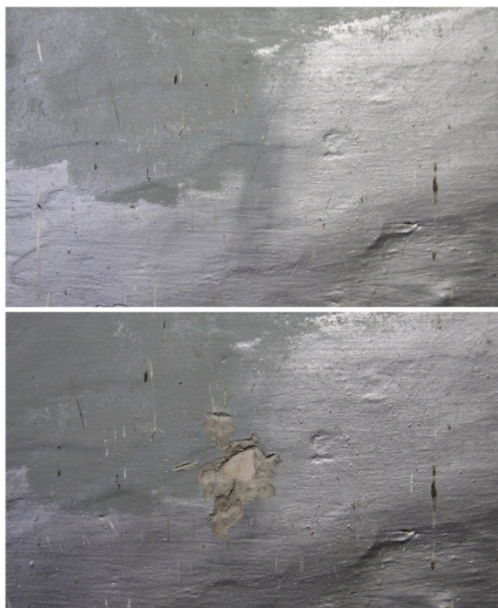
No.	Elevasi (mm)	X (mm)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	Kedalaman Retak (mm)	Lebar Retak (mm)
1	7000	50	58.8	112.4	18.05	1.4
2	33800	50	55.4	106.6	16.59	1
3	46300	50	57.5	104.3	27.83	0.8
4	58800	50	67.2	124.5	24.15	0.4
5	58800	50	69.3	132.1	18.65	0.34
6	67650	50	56.6	110.2	13.69	0.74
7	67650	50	58.7	108.3	24.9	0.26

Sumber: perhitungan

Tabel 3. Data Hasil Analisis

No.	Elevasi (m)	Kapasitas (φMn)		Safety Factor
		Awal (KNm)	Retak (KNm)	
1	0	324.77	211.73	0.6519
2	7	309.32	201.74	0.6522
3	12	293.87	191.74	0.6525
4	14.5	257.35	168.93	0.6564
5	16.9	250.45	164.43	0.6565
6	33.8	190.87	126.18	0.6611
7	46.3	166.66	110.29	0.6618
8	58.8	117.95	78.61	0.6665
9	67.65	102.43	68.35	0.6673

Sumber: perhitungan



Gambar 2. Retak di level +0 m no. 1

6. Pengamatan Struktur Baja

Struktur cerobong terdiri atas struktur beton sebagai dinding pelapis luar, dan juga struktur baja sebagai cerobong buang (exhaust). Terhadap struktur baja tersebut juga perlu dilakukan pengamatan untuk mengetahui keandalan baja tersebut dalam menahan beban yang ada, terutama beban panas. Selain terhadap pelat baja yang digunakan, pengamatan juga dilakukan terhadap lining concrete sebagai lapisan fire-proofing. Untuk mengetahui kondisi eksisting pelat baja, maka dilakukan pengambilan benda contoh baja untuk kemudian dilakukan pengujian-pengujian di laboratorium.

Dari hasil uji tarik baja, dapat dilihat bahwa kondisi pelat baja eksisting masih memenuhi spesifikasi awal dari segi kekuatan tarik dan regangan.

Walaupun dari hasil pengujian laboratorium didapatkan bahwa laju korosi baja hanya rata-rata 0.000192 mm/tahun, namun kondisi lapisan fire-proofing cerobong baja sudah mengalami penurunan (lihat sub-bab inspeksi visual). Oleh karena itu, dikhawatirkan laju korosi akan meningkat jika tidak dilakukan perawatan terhadap lapisan fire-proofing tersebut.

Tangga baja di dalam cerobong sebagai salah satu komponen penting, juga perlu diperiksa keandalannya. Dari hasil pengamatan secara visual di lapangan, terlihat bahwa kondisi tangga baja masih dalam kondisi baik.

Walau demikian, pada beberapa bagian sambungan tangga dengan beton, terlihat lapisan beton yang mengelupas dan dari hasil pengamatan retak, ditemukan retakan di area ikatan tangga/platform ke beton.

7. Perhitungan Probabilitas Keruntuhan

Untuk menghitung probabilitas keruntuhan, maka terlebih dahulu ditentukan jenis distribusi dari masing-masing parameter yang digunakan.

Pengujian menggunakan SPSS 17 dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Analisis Probabilitas Keruntuhan

	Kolmogorov-Smirnov*			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Awal	.182	9	.200 ^a	.924	9	.426
Retak	.185	9	.200 ^a	.924	9	.424
Beban awal	.381	9	.000	.620	9	.000
Beban retak	.384	9	.000	.614	9	.000

Sumber: perhitungan

Kapasitas awal dan kapasitas retak beton menunjukkan bahwa jenis distribusinya adalah lognormal, sedangkan data beban awal dan beban retak beton menunjukkan jenis distribusinya adalah normal. Untuk perhitungan keandalan, maka jenis distribusi beban yang dipergunakan, dalam hal ini adalah distribusi normal.

A. Perhitungan Keandalan Bangunan Sebelum Retak Menggunakan Distribusi Normal

$$\begin{aligned} \mu_x &= 223.74 && \text{KNm} \\ \mu_y &= 30.42 && \text{KNm} \\ \sigma_x &= 82.57 && \text{KNm} \\ \sigma_y &= 53.17 && \text{KNm} \\ V_x &= 0.369 \\ V_y &= 1.75 \end{aligned}$$

$$r = \Phi \left(\frac{\mu_x - \mu_y}{\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}} \right)$$

diperoleh nilai

$$r = \Phi (1.969)$$

$$= 97.831\%$$

$$Pf = 2.169$$

B. Perhitungan Keandalan Bangunan Setelah Retak Menggunakan Distribusi Normal

$$\begin{aligned} \mu_x &= 146.89 && \text{KNm} \\ \mu_y &= 41.60 && \text{KNm} \\ \sigma_x &= 53.17 && \text{KNm} \\ \sigma_y &= 66.85 && \text{KNm} \\ V_x &= 0.362 \\ V_y &= 1.61 \end{aligned}$$

$$r = \Phi \left(\frac{\mu_x - \mu_y}{\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}} \right)$$

diperoleh nilai

$$\begin{aligned} r &= \Phi (1.233) \\ &= 89.065 \% \\ Pf &= 10.935\% \end{aligned}$$

Patokan yang dipergunakan dalam menentukan keandalan bangunan yaitu apabila :

- $95\% \leq r \leq 100$ maka bangunan andal (*reliable*)
- $85\% \leq r \leq 94\%$ maka bangunan kurang andal (*poor reliable*)
- $\leq 84\%$ maka bangunan tidak handal (*unreliable*)

Berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa bangunan *chimney* saat ini memiliki keandalan yang rendah. Rekapitulasi perhitungan di atas adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Data keandalan

Kategori	Keandalan Chimney	
	Sebelum retak	Sesudah retak
Distribusi normal	97.83% \Rightarrow andal	89.06% \Rightarrow Kurang andal

Sumber: perhitungan

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan tentang keandalan struktur beton pada bangunan cerobong menggunakan *destructive* dan *non destructive test* dengan studi kasus Stack Boiler Gresik Unit 1 & 2, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Akibat kerusakan-kerusakan yang ada, maka estimasi kapasitas struktur beton berkurang sebesar 34,81%. Berdasarkan analisis keandalan bangunan pada kondisi eksisting, maka struktur cerobong masuk dalam kategori kurang andal.
2. Pelaksanaan pekerjaan pengecoran beton saat pembangunan membuat kondisi permukaan beton menjadi tidak rata, dan berakibat pada kerusakan dan retakan pada beberapa bagian struktur. Kondisi cerobong baja berdasarkan pengujian material menunjukkan kondisi yang baik, karena hasil pengujian masih memenuhi kriteria awal baja tersebut. Namun berdasarkan temuan di lapangan, diketahui bahwa lining concrete sebagai bagian dari lapisan fire-proofing telah mengalami kerusakan. Hal tersebut dapat memicu terjadinya korosi pada pelat baja dan akan menurunkan kemampuan pelat baja dalam menahan beban.

Saran

Dari pembahasan hasil penelitian yang telah disampaikan, maka dapat diberikan saran-saran sebagai berikut :

1. Untuk kerusakan pada struktur beton, termasuk retakan yang ada, langkah perbaikan yang harus dilakukan adalah dengan melakukan perkuatan menggunakan smart material, dan tidak hanya dengan melakukan perbaikan sementara untuk menutup retakan.
2. Untuk struktur baja, perlu dilakukan langkah perbaikan pada lapisan fire-proofing agar kerusakan yang sudah ada tidak merambat ke bagian lain. Jika diperlukan, maka stuktur penyokong juga dapat digunakan sebagai perkuatan terhadap cerobong baja.

DAFTAR PUSTAKA

- SNI 03 – 2847 – 2002. 2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version).
- SNI 03 – 1726 – 2003. 2003. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung.
- Indian Standard Code of Practice for Design Loads for buildings and Structures Part 3 – Wind Loads.
- Code of Practice for Design and Construction of Steel Chimney Part 2 – Structural Aspect.