

**PENELITIAN TENTANG MASA LAYAN BANGUNAN SIPIL
PADA STRUKTUR CHIMNEY PLTU
(STUDI KASUS : CHIMNEY PLTU PAITON UNIT 6 DAN 7)**

**Siti Nurlina, Retno Anggraini, Saifoe El Unas, M.Hamzah Hasyim, Dana Mutiara
Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang**

ABSTRAK

Pada umumnya bangunan direncanakan untuk mencapai masa layan tertentu. Hal ini mengingat selama masa layan dapat terjadi berbagai kondisi/ kerusakan yang berdampak pada *lifetime* bangunan. Terlebih lagi kerusakan yang berat dapat membahayakan keselamatan pengguna bangunan, sehingga perlu adanya jaminan keselamatan selama umur bangunan. Laju kerusakan ini (deteriorasi) sebenarnya dapat ditekan dengan pemeliharaan yang baik. Suatu bangunan yang memiliki pemeliharaan dan perawatan yang sesuai prosedur, akan berdampak pada *lifetime* bangunan. Oleh karena itu pemeriksaan bangunan secara berkala haruslah dilakukan, sehingga bangunan dapat berfungsi selama masa umur layan dan mampu memberikan jaminan keselamatan bagi penggunanya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki kemampuan masa layan (*lifetime*) bangunan pada struktur Chimney PLTU Paiton unit 6 dan 7. Selain itu juga akan dibahas mengenai faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kemampuan masa layan bangunan tersebut. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada kondisi eksisting Chimney PLTU Paiton unit 6 dan 7, dapat diketahui bahwa masa layan bangunan tersebut adalah 45,24 tahun. Akan tetapi beberapa kerusakan yang ditemukan selama investigasi lapangan dapat mengurangi masa layan struktur tersebut.

Kata kunci : chimney, investigasi, *lifetime*, PLTU.

Pendahuluan

Umumnya bangunan direncanakan dapat melakukan unjuk kerja selama masa layan tertentu. Namun selama masa layan, bangunan dapat mengalami berbagai kerusakan hingga berpengaruh terhadap *lifetime*-nya. Kerusakan yang dimaksud adalah tidak berfungsinya bangunan/ komponen bangunan akibat penyusutan/ berakhirnya umur bangunan, atau akibat ulah manusia atau perilaku alam seperti beban fungsi yang berlebih, kebakaran, gempa bumi, atau sebab lain yang sejenis. Permen PU No 24/PRT/M/2008 menjelaskan bahwa intensitas kerusakan dapat digolongkan atas tiga tingkat, yaitu kerusakan ringan, sedang dan berat. Kerusakan ringan adalah kerusakan terutama pada komponen non struktural seperti penutup atap, langit-langit, penutup lantai dan dinding pengisi. Kerusakan sedang adalah kerusakan pada sebagian komponen non-struktural dan atau

komponen struktural seperti struktur atap, lantai dan lain-lain. Adapun kerusakan berat adalah kerusakan pada sebagian besar komponen bangunan, baik struktural maupun non-struktural yang apabila setelah diperbaiki masih dapat berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya.

Keragaman tingkat kerusakan di atas tentu berpengaruh terhadap keragaman panjang service life time-nya serta besarnya biaya perawatan yang harus dikeluarkan. Kerusakan yang parah akan berpengaruh terhadap keselamatan penggunanya. Untuk itu perlu secara berkala dilakukan pemeriksaan bangunan guna mendeteksi secara dini kerusakan yang terjadi, sehingga dapat segera diambil tindakan yang dapat memperpanjang *lifetime*-nya dan menjamin keselamatan bangunannya.

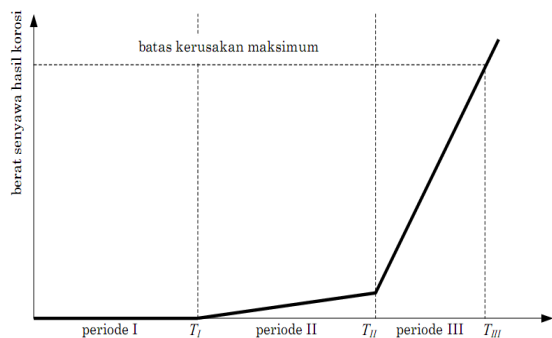
Studi kasus yang diambil dalam penelitian ini adalah Chimney pada PLTU Paiton yang terletak di Kabupaten

Probolinggo, Jawa Timur. Chimney merupakan suatu struktur cerobong yang berfungsi mengeluarkan uap hasil pembakaran batu bara di boiler. Bangunan ini didesain dengan waktu operasional selama 40 tahun. Akan tetapi, setelah 15 tahun beroperasi dan dilakukan pengecekan terhadap kondisi fisik lapangan, terdapat beberapa bagian bangunan yang mengalami keretakan.

Sehubungan dengan uraian di atas, maka peneliti ingin menganalisa kemampuan masa layan (*lifetime*) bangunan beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya berdasarkan studi kasus pada PLTU Paiton.

Waktu layan beton

Waktu layan beton dapat dihitung berdasarkan kerusakan akibat korosi tulangan beton. Rumus yang digunakan adalah $T_{\text{layan}} = T_I + T_{II} + T_{III}$. Model kerusakan akibat korosi beton adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Model Kerusakan Akibat Korosi Pada Bangunan Beton

T_I ditentukan oleh lamanya infiltrasi ion Cl^- sampai ke permukaan baja. T_{II} ditentukan oleh lama waktu yang dibutuhkan senyawa hasil reaksi korosi tepat mengisi rongga-rongga antara permukaan baja tulangan dengan beton. T_{III} adalah waktu dimana bangunan beton sudah mengalami keretakan. Keretakan tersebut mengakibatkan unjuk kerja bangunan beton mulai menurun.

Perilaku beton retak

Retak beton dapat terjadi akibat momen, geser, torsi, tegangan lekat dan akibat gaya tekan. Pengendalian lebar retak merupakan hal penting dalam memperhitungkan kemampuan layanan komponen struktur pembebanan jangka panjang. Retak Beton Akibat Momen dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Retak Beton Akibat Momen (MacGregor,1997)

ACI 224 telah mengatur toleransi lebar retak pada beton bertulang sebagaimana tampak pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Toleransi Lebar Retak Pada Beton Bertulang Berdasar ACI 224

Exposure condition	Tolerable crack width in.	(mm)
Dry air or protective membrane	0.015	(0.41)
Humidity, moist air, soil	0.012	(0.30)
Deicing chemicals	0.007	(0.18)
Seawater and seawater spray: wetting and drying	0.005	(0.15)
Water retaining structures*	0.004	(0.10)

*Excluding nonpressure pipes

Pemeliharaan dan perawatan bangunan

Pemeliharaan yang baik dapat menjadikan bangunan mencapai *service life time*-nya. Permen PU No 24/PRT/M/2008 menjelaskan lingkup pemeliharaan bangunan secara arsitektural, struktural, mekanikal, elektrik, tata ruang luar, tata graha. Pemeliharaan secara struktural mencakup:

1. Memelihara secara baik dan teratur unsure-unsur struktur bangunan gedung dari pengaruh korosi, cuaca, kelembapan dan pembebanan di luar batas kemampuan struktur serta pencemaran lainnya
2. Memelihara secara baik dan teratur unsur-unsur pelindung struktur

3. Melakukan pemeriksaan berkala sebagai bagian dari perawatan preventif.
4. Mencegah dilakukan perubahan dan atau penambahan fungsi kegiatan yang menyebabkab meningkatnya beban yang bekerja pada bangunan gedung, diluar batas beban yang direncanakan.
5. Melakukan cara pemeliharaan dan perbaikan struktur yang benar oleh petugas yang mempunyai keahlian dan atau kompetensi di bidangnya.
6. Memelihara bangunan agar difungsikan sesuai penggunaan yang direncanakan.

Adapun perawatan bangunan meliputi perbaikan dan atau penggantian bagian bangunan, komponen, bahan bangunan dan atau sarana prasarana berdasar dokumen rencana teknis perawatan bangunan.

Metode penelitian

Penelitian ini mencakup pengamatan visual mengenai kerusakan dan lebar retak yang terjadi, pengambilan dan pengujian sampel beton silinder, serta pengambilan dan pengujian tulangan baja pada Chimney PLTU Paiton unit 6 dan 7. Lebar retak yang terjadi akan dibandingkan dengan standart lebar ijin peraturan, sedang pengujian sampel beton silinder akan dilakukan uji kuat tekan labolatorium dan pengujian tulangan baja dilakukan untuk mengetahui korosi yang terjadi. Lebar retak yang terjadi dapat dilihat dengan menggunakan alat crack detector, korosi tulangan dapat dilihat dengan menggunakan alat Resipod dan Canin+.

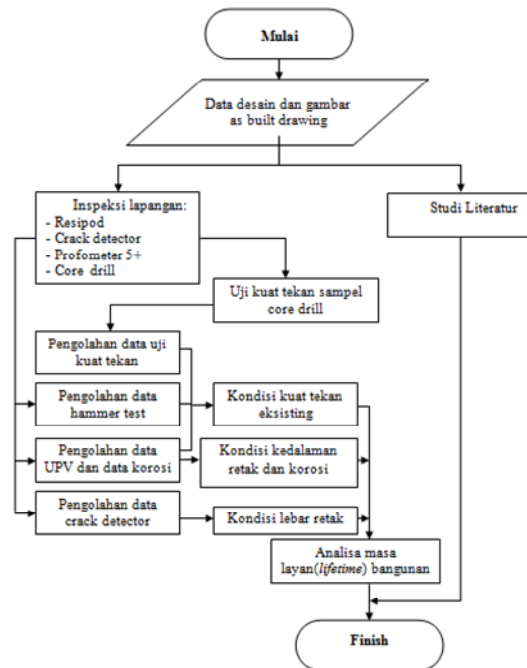
Pengumpulan data dalam peneltian ini adalah dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan yang meliputi survei pengamatan lebar retak, inspeksi tulangan serta pengamatan korosi beton. Pengujian terhadap sampel beton dan baja yang diambil di lapangan diuji secara langsung di Laboratorium Struktur dan Bahan

Konstruksi Teknik Sipil Universitas Brawijaya.

Hasil pembahasan

Pengamatan lebar retak dengan menggunakan *Crack Detection Microscope* dilakukan pada beberapa titik pengamatan dari struktur chimney. Hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Secara umum, kebanyakan retak yang terjadi ditemukan di daerah bukaan (jendela) chimney, yang merupakan titik lemah (*weak point*) dari struktur. Pada elevasi +110 m dan +210 m ditemukan retak rambut pada sebagian dinding beton dengan lebar retak secara berurutan sebesar 0,46 mm dan 0,38 mm.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

Tabel 2. Lebar retak pada beberapa bagian struktur chimney

No	Level	Element	Crack Width (mm)
1	+0.00	Pile cap	0.48
		Opening window	0.38
2	+110	Opening window	0.46
3	+160	Wall	0.38
4	+210	Opening window	0.26
		Wall	0.44

Tabel 3. Analisis tebal selimut beton

Level	Cover Depth (mm)				Average
	Profometer		Scanning Bar		
0 AREA1	63.678		56.265		58.438
0 AREA2	56.600	59.781	57.352	57.095	
0 AREA3	59.067		57.667		
110 AREA1	67.889		47.506		62.522
110 AREA2	66.156		49.895		
110 AREA3	68.533	67.658	64.117	57.386	
110 AREA4	66.256		63.593		
110 AREA5	69.456		61.821		
160 AREA1	73.889		53.802		67.594
160 AREA2	74.600	73.811	62.315	61.377	
160 AREA3	72.944		68.012		
210 AREA1	61.489		57.383		68.524
210 AREA2	79.922	70.706	75.302	66.343	

Berdasarkan peraturan ACI 224, angka toleransi lebar retak untuk kondisi udara kering atau lapisan yang terlindung sebesar 0,41 mm. Hal tersebut berarti lebar retak pada struktur chimney masih dalam level batas toleransi.

Pengamatan tebal selimut beton dan inspeksi tulangan

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa tebal selimut beton dari struktur chimney berbeda pada beberapa level ketinggian. Berdasarkan hasil investigasi dengan menggunakan Profometer 5+ dan Scanning Bar, kedalaman selimut beton rata-rata pada level ketinggian 0, +110 m, +160 m dan +210 m secara berurutan adalah 54.438 mm, 62.522 mm, 67.594 mm, dan 68.524 mm.

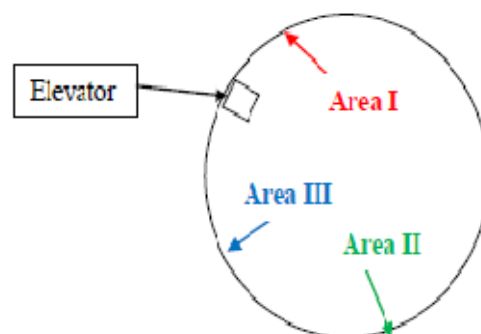
Pengujian korosi tulangan

Resistivitas dari beton diamati di lapangan dengan menggunakan Resipod. Perhitungan nilai resistivitas tergantung dari jarak (spacing) pada probe. Resistivitas $\rho = \frac{2\pi aV}{I}$ [kΩcm]. Penentuan nilai resistivitas dapat digunakan untuk memperkirakan perilaku dari korosi yang terjadi. Ketika resistivitas elektrik (ρ) yang terjadi pada beton bernilai rendah, maka korosi akan semakin besar. Ketika nilai resistivitas elektrik besar, maka

kemungkinan terjadinya korosi akan semakin kecil

Level 0 M

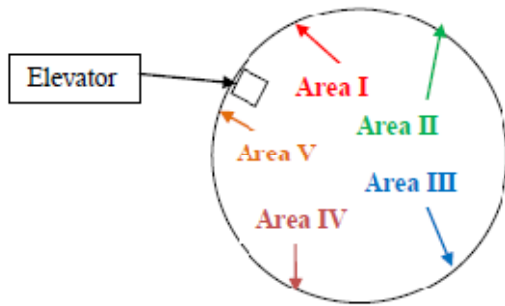
- Area I : 1 x 1 m di dinding Chimney
- Area II : 2 x 1 m di dinding Chimney
- Area III : 2 x 1 m di dinding Chimney



Gambar 4. Area Pengujian Korosi di level 0 M

Level 110 M

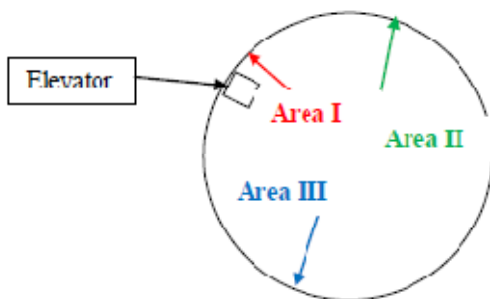
- Area I : 1 x 1 m di dinding Chimney
- Area II : 1 x 1 m di dinding Chimney
- Area III : 1 x 1 m di dinding Chimney
- Area IV : 1 x 1 m di dinding Chimney
- Area V : 1 x 1 m di dinding Chimney



Gambar 5. Area Pengujian Korosi di level 110 M

Level 160 M

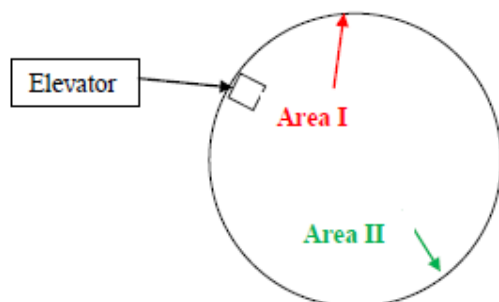
- Area I : 1 x 2 m di dinding Chimney
- Area II : 2 x 1 m di dinding Chimney
- Area III : 1 x 1 m di dinding Chimney



Gambar 6. Area Pengujian Korosi di level 160 M

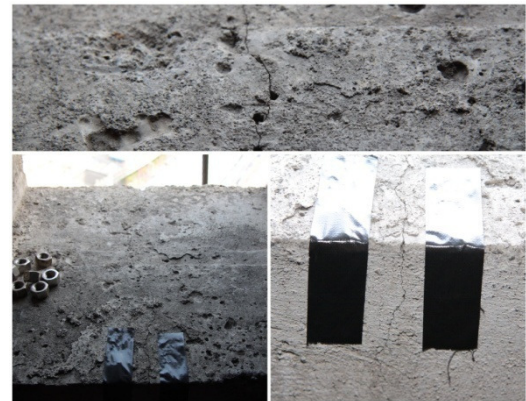
Level 210 M

- Area I : 2 x 2 m di dinding Chimney
- Area II : 2 x 1 m di dinding Chimney



Gambar 7. Area Pengujian Korosi di level 210 M

Pengamatan Visual



Gambar 8. Retak Pada Chimney

Gambar 8 memperlihatkan beberapa retak yang ditemukan pada bagian struktur yang terbuka (jendela). Keadaan tersebut terlihat pada semua level dengan variasi panjang dan lebar retak yang terjadi.

Pembahasan (Analisis Kemampuan Masa Layan/Lifetime)

Data-data yang ada pada struktur chimney Paiton adalah sebagai berikut:

- Jarak chimney dari garis pantai = 0.341 km
- Tebal selimut beton = 0.58438 mm
- $f'c$ (Core Drill) = 48.982 MPa

Kuat tekan beton ($f'c$) yang digunakan pada analisis lifetime memperhitungkan angka keamanan sebesar 1.2. Oleh karena itu, magnitude dari kuat tekan yang digunakan adalah

$$f'c = \frac{48.982 \text{ MPa}}{1.2} = 40.8 \text{ MPa}$$

Hasil interpolasi:

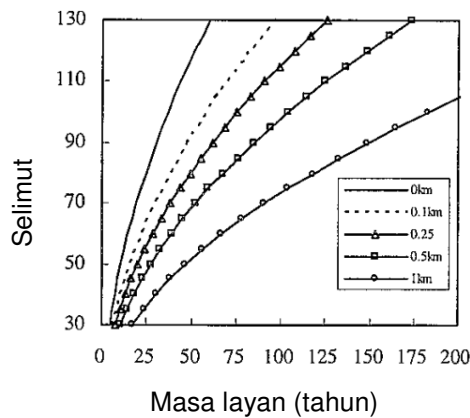
$$f'c = 35 \text{ MPa} \rightarrow \approx 30 \text{ tahun}$$

$$f'c = 45 \text{ MPa} \rightarrow \approx 60 \text{ tahun}$$

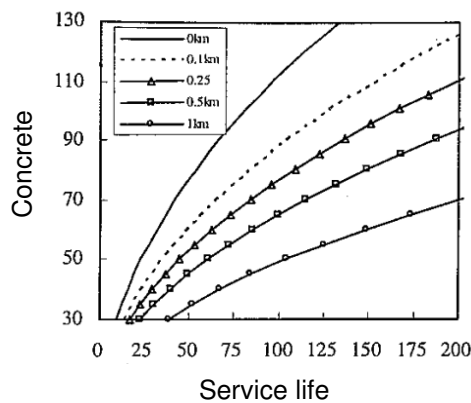
$$f'c = 40.08 \text{ MPa} \rightarrow \approx 45.2 \text{ tahun}$$

Oleh karena itu, berdasarkan perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa kemampuan masa layan (*lifetime*) chimney tersebut adalah 45.24 tahun. Kondisi ini terjadi jika belum terjadi retak.

Lifetime yang terjadi akan semakin kecil akibat meningkatnya retak atau kerusakan yang terjadi.



Gambar 9. Hubungan antara tebal selimut, jarak struktur dengan garis pantai dan rasio air-semen dengan masa layan bangunan ($W/C = 0.4$, $f'c = 35$ MPa)



Gambar 10. Hubungan antara tebal selimut, jarak struktur dengan garis pantai dan rasio air-semen dengan masa layan bangunan ($W/C = 0.4$, $f'c = 45$ MPa)

Kesimpulan dan saran

Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan tentang kemampuan masa layan (*lifetime*) Chimney PLTU Paiton Unit 6 dan 7 (*Non-Destructive Test*), dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kemampuan masa layan (*lifetime*) sebesar 45.24 tahun, berdasarkan properties dari struktur chimney. Akan

tetapi, beberapa kerusakan yang ditemukan pada waktu dilakukan investigasi lapangan dapat mengurangi *lifetime* dari struktur tersebut.

2. Perbaikan terhadap kerusakan yang terjadi pada chimney diperlukan untuk menjaga kondisi tulangan dan beton dalam kondisi yang baik

Saran

Untuk saran yang dapat peneliti sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Retak yang ditemukan pada struktur tersebut harus segera diperbaiki. Beberapa metode perbaikan yang dapat dipakai yaitu injeksi retak dengan epoxy, elastic poxy dengan pasir. Akan tetapi, hal tersebut tidak dapat meningkatkan kapasitas betonnya. Oleh karena itu, perbaikan dengan menggunakan material tambahan (*smart material*) harus segera dilakukan.
2. Tulangan baja yang terekspos ke luar di bagian pile cap harus segera diperbaiki, karena perbaikan yang telah dilakukan dengan menggunakan SIKKA hanya bersifat sementara.
3. Inspeksi pada struktur chimney harus dijadualkan secara rutin.

Daftar Pustaka

- Santosa, Agus. *Prediksi Waktu layan Bangunan Beton Terhadap Kerusakan Akibat Korosi Baja Tulangan*. Civil Engineering Dimension Vol 7 No 1, 2005.
- Dipohusodo, Istimawan. *Struktur Beton Bertulang*. Jakarta : PT Gramedia Pustaka Utama, 1999.
- Kia Wang, Chu; Charles R Salmon. 1994. *Desain Beton Bertulang Jilid 1 Edisi Keempat*. Erlangga: Jakarta.
- Nawy, Edward G. 1998. *Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar*. PT. Refika Aditama: Bandung.
- Permen PU No 24/PRT/M/2008 tentang Pedoman Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan Gedung, 2008.