

SISA UMUR BANGUNAN VITAL PADA BANGUNAN-BANGUNAN TEKNIK SIPIL (STUDI KASUS : *CHIMNEY* PLTU GRESIK UNIT 1 DAN 2)

Indra Cahya, Taufik Hidayat, Saifoe El Unas, Lilya Susanti

**Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjen Haryono 147 Malang**

ABSTRAK

Bangunan secara umum direncanakan dengan fungsi dan masa layan tertentu. Keduanya dapat tercapai apabila dalam proses perencanaan, pelaksanaan hingga perawatan dan pemeliharaannya telah memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan. Hal ini mengingat perawatan dan pemeliharaan berperan penting dalam tercapainya rencana masa layan bangunan sesuai fungsinya. Dalam masa layan dapat terjadi berbagai kondisi/ kerusakan yang mengarah pada turunnya (deteriorasi) fungsi kinerja bangunan dan berdampak pada *lifetime* bangunan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki sisa umur bangunan pada struktur *Chimney* PLTU Gresik unit 1 dan 2. 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 Gresik unit 1 dan 2, dapat diketahui bahwa sisa umur bangunan dengan kondisi eksisting adalah 10 tahun.

Kata kunci : chimney, umur sisa, *lifetime*

PENDAHULUAN

Pada 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.

Studi kasus yang dipakai dalam penelitian ini adalah *Chimney* pada PLTU Gresik yang terletak di Pembangkitan Jawa Bali Kota Gresik, Jawa Timur. *Chimney* merupakan suatu struktur cerobong yang berfungsi mengeluarkan uap hasil pembakaran batu bara di boiler. Bangunan chimney unit 1 dan 2 ini didirikan pada tahun 1980. Setelah dilakukan pengecekan pada tahun 2012 ini terhadap kondisi fisik lapangan, terdapat beberapa bagian bangunan yang mengalami keretakan. Sehubungan dengan uraian di atas, maka peneliti ingin menganalisa *lifetime* bangunan beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya berdasarkan studi kasus pada PLTU Gresik.

Kelaikan Fungsi Bangunan

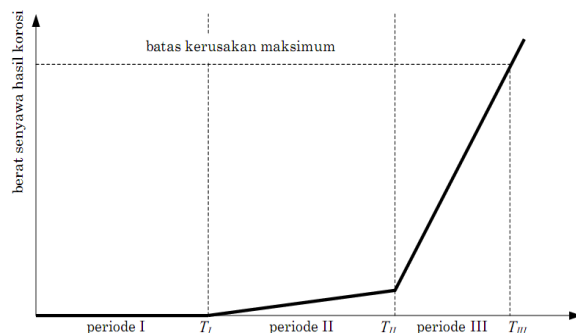
Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 25/PRT/M/2007 tentang Pedoman Sertifikat

Laik fungsi Bangunan Gedung, suatu bangunan dinyatakan laik fungsi bila telah memenuhi persyaratan kelaikan fungsi bangunan gedung. Kelaikan tersebut mencakup kondisi keselamatan, kesehatan, kenyamanan dan kemudahan yang memenuhi persyaratan teknis oleh kinerja bangunan gedung.

Keselamatan adalah kondisi kemampuan mendukung beban muatan, serta kemampuan dalam mencegah dan menanggulangi bahaya kebakaran dan bahaya petir yang memenuhi persyaratan teknis kinerja bangunan gedung. Kesehatan adalah kondisi penghawaan, pencahayaan, air bersih, sanitasi dan penggunaan bahan bangunan gedung yang memenuhi persyaratan teknis oleh kinerja bangunan gedung. Kenyamanan adalah kondisi kenyamanan ruang gerak dan hubungan antar ruang, kondisi udara dalam ruang, tingkat getaran dan kebisingan.

Perilaku Beton Rusak Akibat Korosi

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 bangunan beton adalah sebagai berikut:

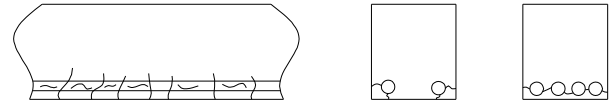


Gambar 1. Model Kerusakan Akibat Korosi Pada Bangunan Beton

Perilaku Retak Beton

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 tegangan lekat dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Retak beton akibat tegangan lekat (MacGregor, 1997)

Standar toleransi lebar retak telah dijelaskan dalam ACI 224 sebagaimana terlihat pada Tabel 2.1 dibawah ini. Berdasarkan SNI Beton 03-2847-2002, nilai lebar retak yang diperbolehkan tidak boleh melebihi 0,4 mm untuk penampang di dalam ruangan dan 0,3 mm untuk penampang yang dipengaruhi cuaca luar.

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

Exposure condition	Tolerable crack width, in.	(mm)
Dry air or protective membrane	0.016	(0.41)
Humidity, moist air, soil	0.012	(0.30)
Deicing chemicals	0.007	(0.18)
Seawater and seawater spray: wetting and drying	0.006	(0.15)
Water retaining structures*	0.004	(0.10)

*Excluding nonpressure pipes

Pemeliharaan dan Perawatan Bangunan

Permen PU No 24/PRT/M/2008 menjelaskan defiisi pemeliharaan dan perawatan sebagai berikut :

1. Pemeliharaan bangunan gedung adalah kegiatan menjaga keandalan bangunan gedung beserta prasarana dan sarananya agar bangunan gedung selalu laik fungsi (*preventive maintenance*)
2. Perawatan bangunan gedung adalah kegiatan memperbaiki dan atau mengganti bagian bangunan gedung, komponen, bahan

bangunan, dan atau prasarana dan sarana agar bangunan gedung tetap laik fungsi *currative maintenance*)

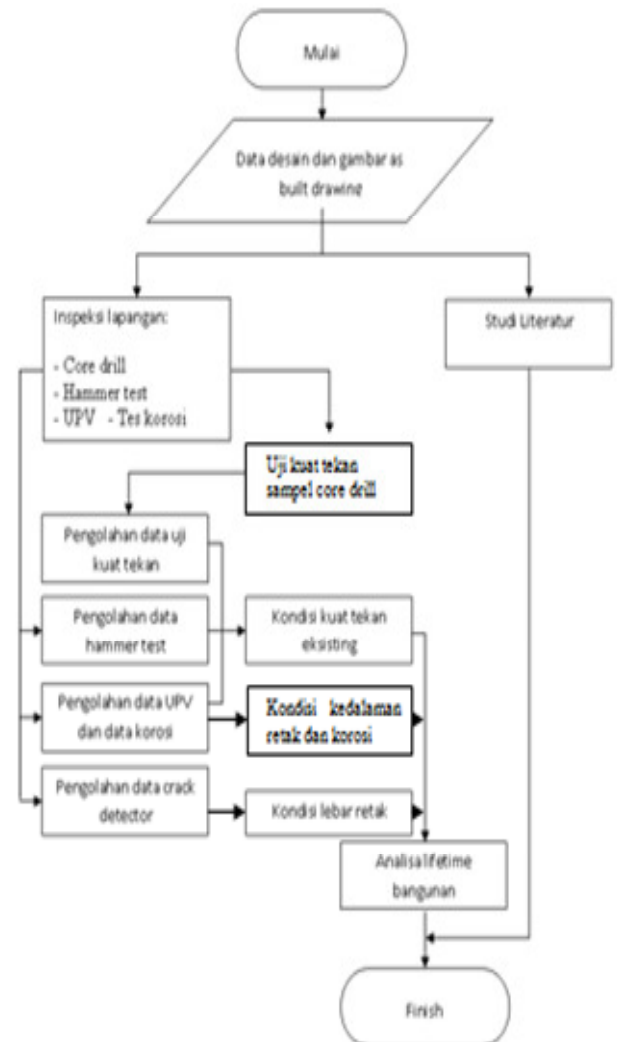
Pemeliharaan yang baik dapat menjadikan bangunan mencapai *service life time*-nya. Permen PU No 24/PRT/M/2008 menjelaskan lingkup pemeliharaan bangunan secara arsitektural, structural, mekanikal, elektrik, tata ruang luar, tata graha. Pemeliharaan secara structural mencakup :

1. Memelihara secara baik dan teratur unsur-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 unsure-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.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada **Gambar 3**. 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

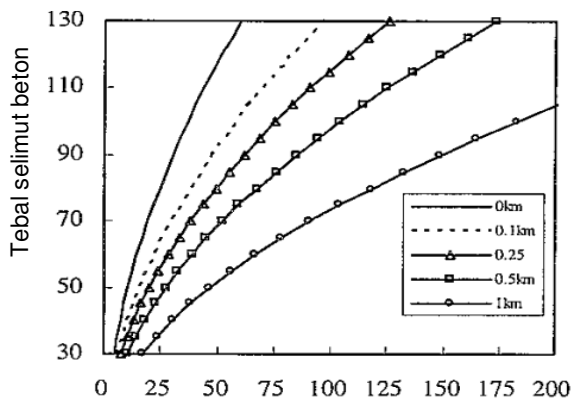
terjadi. Lebar retak yang terjadi dapat dilihat dengan menggunakan alat crack detector korosi tulangan dapat dilihat dengan menggunakan alat Resipod dan Canin+.



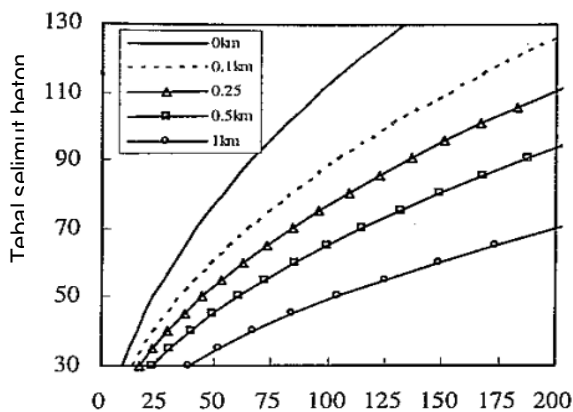
Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

Analisis Kemampuan Umur Sisa Bangunan

Kemampuan umur sisa chimney dapat diperkirakan dengan melakukan pengembangan literature. Hal ini dilakukan dengan mencari interpolasi hubungan antara tebal selimut beton, jarak antara struktur Chimney dari garis pantai dan rasio air – semen dengan masa layan untuk $W/C = 0,5$ dan kuat tekan beton $f'c = 35$ MPa dan 45 MPa.



Gambar 4. Hubungan antara tebal selimut beton, jarak antara struktur Chimney dari garis pantai dan rasio air – semen dengan masa layan ($W/C = 0,5$, $f'_c = 35$ MPa)



Gambar 5. Hubungan antara tebal selimut beton, jarak antara struktur Chimney dari garis pantai dan rasio air – semen dengan masa layan ($W/C = 0,5$, $f'_c = 45$ MPa)

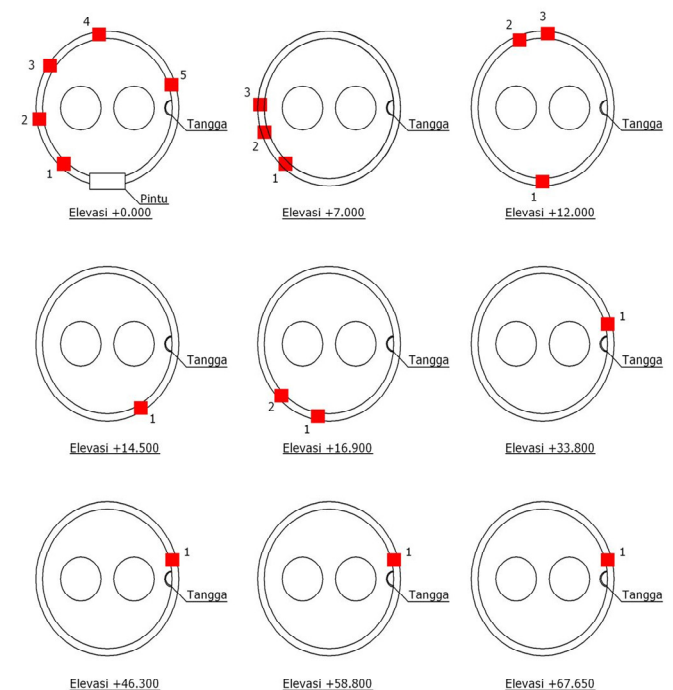
HASIL DAN PEMBAHASAN

Prosedur pengamatan retak di lapangan dilakukan dengan terlebih dahulu memeriksa area cerobong secara visual (scanning) untuk menemukan titik-titik terjadinya retakan. Kemudian pada area yang diduga mengalami retak tersebut dilakukan pembersihan menggunakan sikat kawat maupun gerinda. Hal tersebut diperlukan untuk memastikan bahwa titik yang diamati adalah retak struktural, bukan sekedar retak material.

Setelah itu, lebar retak diukur dengan menggunakan mikroskop dan panjang retak diukur menggunakan meteran. Pada beberapa lokasi retak yang dianggap kritis, dilakukan juga pengukuran kedalaman retak dengan menggunakan UPV.

Persyaratan lebar retak maksimum untuk struktur cerobong berdasarkan ACI 224 adalah 0,41 mm.

Mapping lokasi retak serta hasil pengamatan panjang retak, lebar retak, dan kedalaman retak dapat dilihat pada gambar dan tabel di bawah ini:



Gambar 6. Lokasi retak pada struktur cerobong

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

Mapping lokasi retak serta hasil pengamatan panjang retak, lebar retak, dan kedalaman retak dapat dilihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**.

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

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. Kedalaman retak (UPV)

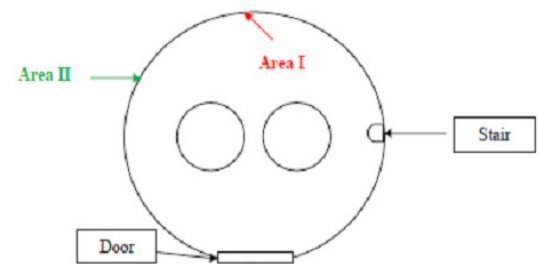
No.	Elevasi (mm)	X (mm)	T ₁ (μs)	T ₂ (μs)	Kedalaman Retak (mm)	Lebar Retak (mm)
1	7000	50	58.8	112.4	18.05	1.4
2	33800	50	55.4	106.6	16.59	1
3	46300	50	57.5	104.3	27.83	0.8
4	58800	50	67.2	124.5	24.15	0.4
5	58800	50	69.3	132.1	18.65	0.34
6	67650	50	56.6	110.2	13.69	0.74
7	67650	50	58.7	108.3	24.9	0.26

Inspeksi Tebal Selimut dan Posisi Tulangan

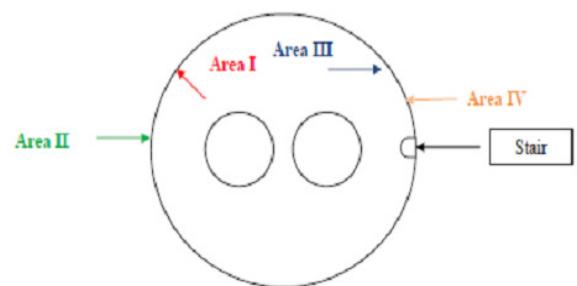
Lokasi inspeksi adalah di level +0.000 dan +33.800, sebagaimana terlihat pada Gambar 7. Dengan menggunakan instrumen Covermeter 5+ dapat diketahui posisi tulangan dan juga ketebalan selimut. Pengecekan posisi tulangan diperlukan sebelum melakukan pekerjaan core drill, sehingga nantinya posisi pengeboran tidak memotong tulangan, karena dikhawatirkan jika memotong tulangan maka dapat mengurangi kekuatan beton.

Pengecekan tebal selimut beton dibutuhkan untuk mengetahui ketebalan selimut beton eksisting sehingga nantinya dapat dipergunakan dalam melakukan analisis kapasitas penampang beton. Selain itu tebal beton eksisting akan mempengaruhi pengaruh kedalaman retak terhadap kekuatan beton.

- Level +0.00 M
 - o Area I : 2 x 2 M at Chimney's Wall
 - o Area II : 1 x 1 M at Chimney's Wall



- Level +33.00 M
 - o Area I : 2 x 1,5 M at Chimney's Wall
 - o Area II : 2 x 1,5 M at Chimney's Wall
 - o Area III : 1 x 1 M at Chimney's Wall



Gambar 7. Mapping pengecekan tebal selimut beton dan posisi tulangan

Hasil pengecekan tebal selimut beton dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Tebal Selimut Beton Eksisting

Level	Area	Tebal selimut rata-rata			Rata2 (mm)	Tebal selimut pakai per elevasi (mm)
		x (mm)	y (mm)	Measured		
		Scanning Bar		Grid (mm)		
+0.00	I	59.9	58.3	69	62.40	61.07
	II	55.3	54.3	69.6	59.73	
+33.00	I	56	54.3	70	60.10	61.88
	II	59.1	59.7	69.3	62.70	
	III	62.3	53.3	67.8	61.13	
	IV	58.4	58.2	74.2	63.60	

Nilai tebal selimut eksisting ini akan digunakan untuk melakukan analisis kapasitas penampang beton dan juga untuk memprediksi umur layan bangunan.

Pengujian Korosi Tulangan

Prinsip pengujian korosi adalah dengan merendamkan spesimen baja selama 7 hari dengan menggunakan larutan garam 35% setelah sebelumnya ditimbang sebagai berat awal. Setelah itu dilakukan penimbangan berat akhir, sehingga dapat diketahui laju korosi berdasarkan perbedaan berat tadi. Hasilnya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Laju korosi pelat baja

No	Elevasi	Spesimen	Laju Korosi (mm/tahun)	Rata-rata (mm/tahun)
1	7	A	0.0001917	0.0001811
		B	0.0001841	
		C	0.0001676	
2	12	A	0.0001974	0.0002159
		B	0.0001901	
		C	0.0002603	
3	20	A	0.0001751	0.0001796
		B	0.0001899	
		C	0.0001737	

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.

Tujuan dari pengetesan korosi beton adalah untuk mengetahui kondisi beton eksisting dan melihat kemungkinan terjadinya korosi pada tulangan baja di dalam beton.

Dari mapping potensi korosi, dapat dilihat bahwa tidak ada area beton yang memiliki nilai potensial positif. Dengan kata lain kondisi beton eksisting adalah lembab. Bahkan pada beberapa area dapat dilihat bahwa beton termasuk dalam kategori jenuh air tanpa O₂ dan juga mengandung klorida. Mayoritas area pengetesan

mengindikasikan beton yang lembab dengan kandungan karbon.

Penyebab kandungan klorida pada beton diperkirakan akibat pengaruh dari air laut mengingat lokasi bangunan yang terletak kurang dari 1 km dari pantai terdekat. Dari hasil pembacaan Canin+ dan temuan retakan di beberapa lokasi pada bangunan, maka peluang terkorosinya tulangan beton akan semakin besar. Jika tulangan telah terkorosi, maka kekuatan struktur beton secara keseluruhan akan menurun sehingga akan mengurangi nilai keandalan bangunan dalam menahan beban.

Pengamatan Visual

Dari pengamatan visual, ditemukan beberapa kerusakan pada struktur beton dan struktur baja.



Gambar 8. Kerusakan Pada Pintu Masuk Cerobong

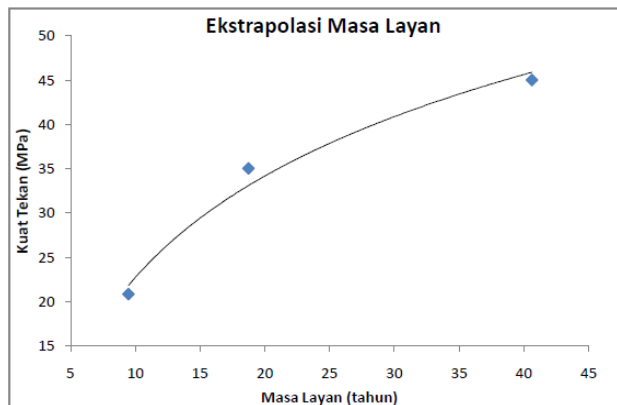
Pembahasan Analisis Umur Sisa

Kondisi eksisting *Chimney* Gresik adalah sebagai berikut:

- Tebal selimut awal : 61.07 mm
- Kedalaman retak : 27.83 mm
- Tebal selimut eksisting : 33.24 mm
- Jarak cerobong dari tepi pantai : 0.7 km

Masa layan struktur cerobong dengan kondisi eksisting mendekati 10 tahun. Masa

layan ini dapat dicapai dengan ketentuan apabila tidak terjadi penambahan kerusakan retak.



Gambar 9. Ekstrapolasi masa layan

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu :

1. Hasil perhitungan masa layan dari cerobong menunjukkan bahwa umur layan berdasarkan kondisi eksisting adalah sekitar 10 tahun. Namun masa layan tersebut dapat terus berkurang secara drastis bila tidak dilakukan perbaikan terhadap kerusakan yang ada.
2. Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap masa layan Chimney PLTU Gresik unit 1 dan 2 adalah lebar retak, tebal selimut beton, korosi baja tulangan, kuat tekan beton, pemeliharaan dan perawatan serta jarak bangunan dari tepi pantai.

Saran

Untuk saran yang dapat peneliti sampaikan adalah sebagai berikut:

1. Mengingat usia bangunan yang sudah menginjak tahap akhir masa layan, jika memang akan terus dimanfaatkan, maka tindakan perbaikan dan perawatan harus dilakukan agar angka keandalan struktur tidak terus menurun

2. 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.

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