

PENGAWETAN KAYU KERUING UNTUK MENARA PENDINGIN (*Preservation of keruing wood for cooling tower*)

oleh/By

Barly, Abdurahim Martawijaya dan Pipin Permadi

Summary

*The utilization of wood for cooling tower in Indonesia tends to increase and has become more important. Wood as material for cooling tower has been applied commercially in several developed countries such as New Zealand, USA and Japan. While in Indonesia it has just been started in 1981 after the establishment of Kamojang Geothermal Power Station Unit 1. This paper deals with some experience in treating keruing wood (*Dipterocarpus spp.*) as material for cooling tower by vacuum-pressure impregnation. The result shows that keruing is easy to treat. In order to meet the retention of 24 kg/m³, the concentration of the solution must be at least 6.25 percent and absorption of 384 liters of preservative per cu.m.*

I. PENDAHULUAN

Sejalan dengan usaha diversifikasi dan pemanfaatan energi baru, industri listrik di Indonesia telah maju dan berkembang antara lain dengan cara memanfaatkan energi panas bumi dan mengkonversikannya menjadi energi listrik melalui Pusat Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTPB). Sampai saat ini produksi listrik yang berasal dari PLTPB yang ada di Indonesia baru sebesar 142,5 MW. Jumlah itu masih kecil jika dibandingkan dengan potensi yang diketahui saat ini sebesar 16.000 megawatt (Manulang, 1992). Hal itu berarti masih akan dibangun sejumlah PLTPB baru untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di masa datang (Anonymus, 1993).

Salah satu komponen utama pada instalasi PLTPB adalah sistem pendingin. Sistem pendingin ini berfungsi untuk menurunkan suhu air yang terjadi sebagai akibat bermacam-macam proses atau operasi dalam industri dan mengubahnya menjadi air baku.

Bahan yang biasa dan banyak digunakan untuk konstruksi menara pendingin adalah kayu. Karena kayu memiliki beberapa sifat yang menguntungkan serta sesuai bagi konstruksi menara pendingin antara lain: elastis, mudah dibentuk, tahan terhadap korosi, stabil, kuat dan relatif murah (Page dan Da Costa, 1958; Liese, 1980). Jenis kayu yang biasa digunakan antara lain "redwood" (*Sequoia sempervirens*), "douglas fir" (*Pseudotsuga menziesii*) dan "southern yellow pine" (*Pinus spp.*) (Anonymus, 1975). Oleh karena itu pada PLTPB Unit 1 Kamojang hampir seluruh instalasi menara pendinginnya menggunakan jenis impor yaitu "redwood" dan "douglas fir".

Atas dasar data yang tersedia dan dengan memperhatikan sifat kayu yang bersangkutan Martawijaya (1987) me-

nyarankan penggunaan kayu tusam, damar, melur, keruing, kempas dan kapur sebagai alternatif pengganti jenis kayu impor yang digunakan dalam konstruksi menara pendingin.

Kerusakan yang terjadi pada menara pendingin antara lain disebabkan oleh perubahan kondisi kadar air, perubahan suhu yang ekstrim, polusi gas, asam-basa, dan organisme perusak kayu seperti bakteri dan mikroba (Anonymus, 1975). Oleh karena itu untuk memperpanjang umur pakai menara pendingin, kayu yang akan digunakan harus diawetkan terlebih dahulu dengan menggunakan bahan pengawet yang sesuai. Bahan pengawet yang lazim dipakai adalah kreosot atau garam tembaga - chrom - arsen (CCA).

Dalam tulisan ini disajikan hasil pengawetan kayu keruing dengan cara vakum tekan menggunakan bahan pengawet CCA guna keperluan PLTPB Kamojang Unit 2 dan 3 yang pelaksanaan pengawetannya dilakukan oleh PN. Metrika di Cikampek, Jawa Barat.

II. BAHAN DAN METODE

Kayu keruing yang digunakan berasal dari Lampung. Jenis kayu ini mungkin termasuk salah satu jenis dari 15 jenis kayu keruing (*Dipterocarpus spp.*) yang berat jenis, kelas kuat dan kelas keterawetannya sudah diteliti seperti dapat dilihat pada Tabel I.

Bahan baku kayu keruing berupa papan dan balok sebelum diolah untuk dijadikan komponen konstruksi terlebih dahulu dilakukan pemilahan. Penilaian meliputi cacat muka sehat, cacat sehat, cacat tidak diperkenankan, cacat khas jenis kayu, kayu gubal, serta ketepatan ukuran (SII-UDC.691.11).

Kayu yang memenuhi syarat kemudian disusun dengan menggunakan penganjal dan disimpan di bawah atap sampai mencapai kadar air kering udara maksimum 30 persen sesuai spesifikasi bagi kayu yang akan diawetkan dengan cara vakum-tekan.

Tabel 1. Berat jenis, kelas kuat dan kelas keterawetan kayu keruing
Table 1. Specific gravity, strength and treatability classes of keruing timber

No.	Jenis kayu (Wood species)	Berat jenis (Specific gravity)	Kelas (Class)	
			Kuat (Strength)	Keterawetan * (Treatability)
1.	<i>D. borneensis</i>	0,80 (0,69-0,90)	II - I	-
2.	<i>D. coudiferus</i>	0,69 (0,61-0,82)	II	I - II
3.	<i>D. confertus</i>	0,80 (0,71-0,89)	II	-
4.	<i>D. cornutus</i>	0,82 (0,69-0,91)	II	I
5.	<i>D. cosculatus</i>	0,90 (0,84-0,96)	I - II	II
6.	<i>D. crinitus</i>	0,92 (0,74-1,01)	I - II	III
7.	<i>D. elongatus</i>	0,67 (0,61-0,74)	II	-
8.	<i>D. eurynchus</i>	0,78 (0,70-0,91)	II - I	I
9.	<i>D. gracilis</i>	0,73 (0,58-1,00)	II - I	I
10.	<i>D. grandiflorus</i>	0,81 (0,73-0,88)	II	-
11.	<i>D. hasseltii</i>	0,70 (0,60-0,99)	II	-
12.	<i>D. kunstleri</i>	0,77 (0,60-0,99)	II - I	III
13.	<i>D. lowii</i>	0,86 (0,77-0,93)	II	-
14.	<i>D. retusus</i>	0,75 (0,71-0,77)	II	-
15.	<i>D. verrucosus</i>	0,82 (0,72-0,93)	II	-

Sumber (Source) : Martawijaya et al., 1981

* Martawijaya dan Barly, 1982; 1986

Penetapan kadar air dilakukan dengan cara kering oven pada suhu 105°C. Contoh uji diambil secara acak setebal satu cm mewakili masing-masing ukuran tebal pada 30 cm dari ujung. Hasil yang diperoleh kemudian dipakai untuk menetapkan kadar air kayu di lapangan pada saat kayu akan diawetkan yaitu dengan cara menghitung selisih berat atau penurunan berat sebelum dan sesudah diangin-anginkan sampai mencapai bobot yang ditentukan pada kadar air 30% dengan menggunakan rumus ;

$$FS = \frac{GW + 130}{MC + 100}$$

dimana : FS = berat contoh pada kadar air 30 persen
GW = berat basah, g atau kg
MC = kadar air kering oven (%)

Kayu yang sudah mencapai kadar air maksimum 30% dan sudah terpilih selanjutnya diolah sesuai ukuran (sortimen) yang diperlukan. Pengolahan meliputi kegiatan penyerutan, pembuatan lubang bor, peminggulan, pemotongan dan lain-lain.

Sebagai bahan pengawet digunakan garam CCA komersial yang mempunyai komposisi bahan aktif sebagai berikut :

- Tembaga sulfat, CuSO ₄ .5H ₂ O	32,5 persen
- Natriumdikromat, Na ₂ Cr ₂ O ₇ .2H ₂ O	41,0 persen
- Arsen pentaoksida, As ₂ O ₅ .2H ₂ O	26,4 persen

Bahan pengawet tersebut selanjutnya dilarutkan dalam air

dengan konsentrasi minimum 6% (w/v) untuk selanjutnya dipakai mengawetkan kayu tersebut di atas dengan menggunakan bagan pengawetan sebagai berikut :

- Vakum awal 650 mm,Hg selama 60 menit
- Tekanan hidraulis 14 atm, selama 360 menit
- Vakum akhir 600 mmHg, selama 15 menit

Konsentrasi larutan diperiksa pada setiap kali akan mengawetkan dengan cara mengukur berat jenis dan suhu larutan dengan menggunakan hidrometer. Hasil pengukuran dipakai untuk membaca konsentrasi pada tabel. Selain itu untuk mengetahui kandungan garam dilakukan pemeriksaan dengan cara analisa kimia menggunakan standar Inggris (BS : 4072-1974).

Retensi bahan pengawet di dalam kayu ditetapkan dengan tiga macam cara pengukuran, yaitu : berdasarkan pembacaan skala, berdasarkan selisih penimbangan berat, dan berdasarkan analisis kimia. Ketiga cara tersebut adalah sebagai berikut :

(1) Berdasarkan pembacaan skala

Absorpsi larutan bahan pengawet dan retensi garam kering yang dinyatakan dalam kg/m³ dihitung berdasarkan pembacaan skala pada tangki pengukur larutan dan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{A \cdot sq \times K}{V}$$

dimana ; R = retensi (kg/m³)
A = jumlah larutan yang diserap (l)
sq = berat jenis larutan (m/v)
K = konsentrasi larutan (% w/v)
V = volume kayu (m³)

(2) Berdasarkan penimbangan berat

Absorpsi bahan pengawet dan retensi garam kering yang dinyatakan dalam kg/m³ dihitung berdasarkan penimbangan contoh uji sebelum dan sesudah pengawetan. Contoh uji yang digunakan terdiri dari dua macam ukuran yaitu pertama, contoh uji yang ukurannya dianggap mewakili semua ukuran kayu dalam satu muatan (anggota) dan kedua, contoh uji yang disediakan khusus berukuran 10cm x 10cm x 100cm. Pada kedua ujung contoh uji yang terakhir ini ditutup dengan cat agar bahan pengawet tidak masuk dari arah longitudinal. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(Ba - Bb) \times K}{V}$$

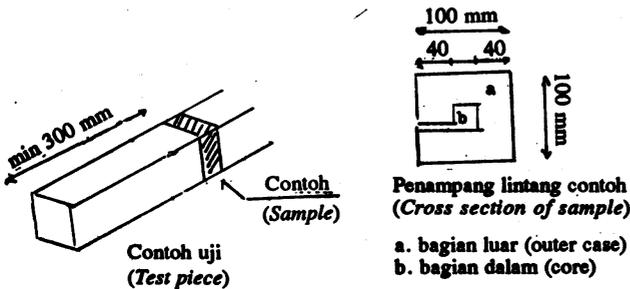
dimana; R = retensi (kg/m³)
(Ba - Bb) = selisih penimbangan berat (kg)
K = konsentrasi larutan (% w/v)
V = volume kayu (m³)

(3) Berdasarkan analisis kimia

Penetapan retensi berdasarkan analisis kimia hanya dilakukan pada contoh uji yang berukuran 10cm x 10cm.

Pemeriksaan dilakukan pada dua tempat yaitu pada bagian luar (outercase) dan pada bagian dalam (core), dengan menggunakan standar Inggris (BS 4072-1974). Pola pemotongan dan pengambilan contoh uji dapat dilihat pada Gambar 1.

Contoh uji yang sudah diawetkan selanjutnya diangin-anginkan dalam ruangan sampai mencapai kadar air kering udara. Setelah itu masing-masing contoh uji dipotong di bagian tengahnya untuk penetapan penetrasi bahan pengawet. Untuk dapat melihat daerah penetrasi dengan jelas digunakan asam rubeanat yang merupakan pereaksi khusus untuk tembaga. Luas daerah penetrasi bahan pengawet dinyatakan dalam persentase dari luas penampang contoh uji yang bersangkutan.



Gambar 1. Pola pemotongan contoh uji
Figure 1. Cutting pattern of wood samples

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan retensi garam kering untuk setiap muatan (Tabel 2) menunjukkan bahwa jumlah absorpsi dan konsentrasi larutan antara muatan satu dengan yang lainnya berbeda yang mengakibatkan retensi bahan pengawet per m³ yang dihasilkan berbeda pula. Perbedaan banyaknya bahan pengawet yang diserap antara lain disebabkan oleh keadaan kayu (ukuran), konsentrasi larutan dan bagan pengawetan yang diterapkan. Dari hasil pengukuran, konsentrasi larutan cenderung turun setelah dipakai berulang-ulang sehingga perlu penambahan garam pengawet ke dalam larutan yang ada agar konsentrasi minimal dapat dipertahankan.

Tabel 2. Konsentrasi dan retensi per muatan
Table 2. Concentration and retention per charge

Muatan (Charge)	Volume kayu (Wood volume)	Absorpsi (Absorption)	B.j. larutan (p.g. conc.)	Konsentrasi (Concentration)	Retensi (Retention)
1	19,643	7200	1,025 (27°C)	5,9680	22,70
2	18,757	7800	1,028 (27°C)	7,2417	30,95
3	15,169	6600	1,027 (30,5°C)	7,2162	32,24
4	20,250	7300	1,026 (29°C)	6,9180	25,57
5	18,483	6500	1,031 (27,5°C)	6,5313	23,68
6	21,244	7900	1,028 (29°C)	6,2801	24,00
7	15,340	6200	1,026 (28°C)	6,1705	25,58
8	17,076	6305	1,026 (32°C)	6,6845	25,32
9	19,761	6830	1,026 (35°C)	6,5684	23,36

Lama waktu pengawetan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Catatan waktu pengawetan
Table 3. Treatment time record

No.	Langkah (Steps)	Muatan (Charge)											
		1	2	3	4	5	6	7	8				
1.	Vakum awal (Initial vacuum)												
	0-600 mmHg	45	35	32	35	30	35	22	42				
	600-680 mmHg	60	60	60	60	60	60	60	60				
2.	Waktu pengisian (Flooding period)	30	40	43	25	40	47	46	23				
3.	Waktu penekanan (Pressure period) 0 - 14 atm	680	600	360	420	480	360	390	360				
4.	Waktu pengosongan (Emptying period)	40	45	30	35	50	41	32	35				
5.	Vakum awal (Final vacuum)												
	0 - 600 mmHg	30	35	40	30	50	42	40	35				
	600 - 650 mmHg	20	30	30	30	20	15	15	15				
	Jumlah (Total)	905	845	595	635	730	600	605	570				

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa waktu yang diperlukan untuk mengawetkan kayu keruing dalam penelitian ini berkisar antara 570 menit sampai 905 menit. Ringkasan hasil perhitungan retensi dalam satu muatan yang dibedakan berdasarkan cara pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5 yang histogramnya dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Tabel 5 atau Gambar 2 tampak bahwa retensi yang dicapai pada muatan kesatu belum mencapai persyaratan 24 kg/m³ sehingga untuk muatan itu perlu diulang. Perbedaan hasil dalam satu muatan mungkin disebabkan oleh kesalahan pembacaan dan ketelitian alat yang dipakai. Namun hasil yang diperoleh dari tiga cara tersebut di atas relatif tidak berbeda karena dari hasil sidik ragam seperti dapat dilihat pada Tabel 4 menunjukkan bahwa cara penetapan tidak berbeda nyata sehingga perbedaan yang terjadi mungkin hanya sebagai akibat dari perbedaan contoh saja. Hal ini berarti penetapan dengan cara apapun dari ketiga cara yang dicoba dapat memberikan hasil yang relatif sama. Dengan demikian hasil penetapan retensi di lapangan sudah cukup dan dapat dijadikan sebagai pedoman dalam pelaksanaan pengawetan.

Tabel 4. Sidik ragam retensi bahan pengawet
Table 4. Analysis of variance of retention

Sumber keragaman (Source of variation)	db (df)	JK (SS)	KT (MS)	Fhit. Fcal.
Faktor koreksi (Correction factor)	1	18573,50		
Jenis penetapan (Determination method)	2	13,55646	6,778233	0,22
Galat (Error)	24	727,0474	30,29364	
Jumlah (Total)	27	19313,80		

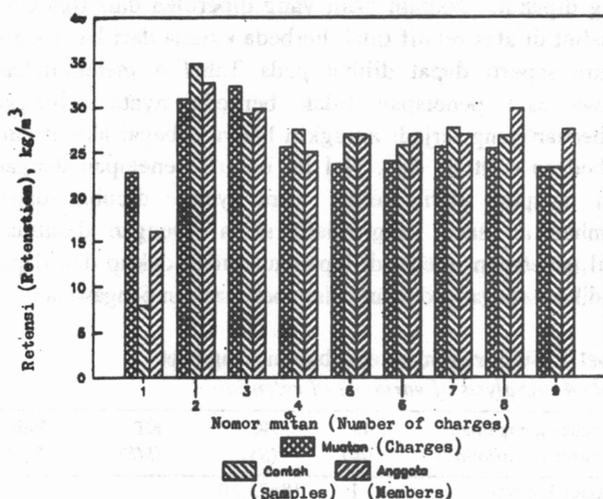
Bagan pengawetan mempengaruhi pula terhadap retensi yang dihasilkan. Hal itu dapat dipahami karena tiap bagan yang digunakan tidak persis sama seperti dapat dilihat pada Tabel 3, disamping ukuran kayu dan volume dalam satu muatan juga berbeda.

Hasil analisis kimia bahan pengawet pada contoh uji yang berukuran 10cm x 10cm, ringkasannya dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan Tabel 6 juga dapat diketahui bahwa masuknya bahan pengawet ke dalam kayu merata dengan penetrasi 100 persen dan tidak ada daerah yang

retensinya kurang dari 10 kg/m³. Retensi yang dicapai ternyata melebihi retensi yang ditetapkan baik berdasarkan perjanjian maupun berdasarkan spesifikasi yang berlaku di Australia, yaitu 12 kg/m³ dan 24 kg/m³ masing-masing untuk ketebalan kayu di atas 37 mm dan tebal kayu sampai 37 mm (Anonymus, 1980). Sehingga perlu dilakukan peninjauan kembali mengenai lamanya waktu pengawetan. Sebab suatu proses pengawetan kayu mungkin dapat dianggap baik apabila retensi yang dicapai tidak terlalu jauh menyimpang dari persyaratan yang ditetapkan. Di samping penetrasi serta distribusinya dalam dan merata.

Tabel 5: Angka pengamatan retensi (kg/m³)
Table 5. The retention values (kg/m³)

No. Muatan	Retensi (Retention), kg/m ³		
(Charges)	Muatan (Charges)	Contoh (Samples)	Anggota (Members)
1	22,70	7,98	16,21
2	30,95	34,87	32,59
3	32,24	29,22	29,76
4	25,57	27,41	25,10
5	23,68	26,99	29,96
6	24,00	25,74	26,95
7	25,58	27,76	26,99
8	25,32	26,77	29,74
9	23,32	23,20	27,55



Gambar 2. Histogram retensi (kg/m³)
Figure 2. Histogram of retention (kg/m³)

Hasil sidik ragam retensi bahan pengawet (Tabel 7) menunjukkan bahwa baik muatan maupun tempat pengujian dalam muatan yang sama berpengaruh nyata terhadap retensi bahan pengawet maupun retensi tembaga sulfat. Hal itu menunjukkan bahwa muatan atau bagan pengawetan berpengaruh terhadap retensi yang dihasilkan. Hal ini dapat dipahami karena tiap bagan yang digunakan tidak tepat sama.

Tempat pengujian berpengaruh terhadap retensi bahan pengawet maupun tembaga sulfat, di mana retensi yang dihasilkan pada bagian luar lebih besar dibandingkan dengan retensi pada bagian dalam. Hal ini dapat dipahami

karena jaringan kayu dapat bersifat menapis larutan yang dengan proses vakum-tekan bagian luar kayu lebih mudah ditembus bahan pengawet dibandingkan dengan bagian dalam.

Tabel 6. Ringkasan hasil analisis kimia (rata-rata dari 24 ulangan)

Table 6. Summary of analytical result (mean values of 24 samples)

Penampang	Retensi (Retention) (kg/m ³)			Garam (Salt) (kg)
	X _{min.}	X _{max.}	X	
(Cross section)				CuSO ₄ ·5H ₂ O
Seluruhnya (Overall)	22,86	39,46	27,74	-
Luar (Outer)	23,09	44,58	32,97	13,53
Dalam (core)	17,02	36,46	27,43	11,09

Tabel 7. Sidik ragam retensi CCA dan CuSO₄ pada bagian dalam dan bagian luar

Table 7. Analysis of variance of retention CCA and CuSO₄ at outer case and core

Sumber keragaman (Source of variation)	db (df)	Kuadrat tengah (MS)		F _{hit.} (F _{cal.})	
		CCA	CuSO ₄	CCA	CuSO ₄
Muatan (Charge)	7	275,4936	102,1581	5,38*	8,14**
Tempat pengujian pada muatan yang sama (Section sample at the same Charge)	8	51,2468	12,5509	12,49**	11,17**
Galat (Error)	32	4,1014	1,1240		

Keterangan (Remarks) : * Nyata (Significant)
** Sangat nyata (Highly significant)

Sampai saat ini Indonesia belum memiliki standar pengawetan kayu guna keperluan menara pendingin. Oleh karena itu apa yang dihasilkan dari percobaan ini dapat dijadikan pedoman untuk menetapkan bagan pengawetan yang sesuai bagi kayu keruing guna keperluan menara pendingin.

IV. KESIMPULAN

1. Kayu keruing (*Dipterocarpus* spp.) termasuk jenis kayu yang mudah diawetkan dengan cara vakum-tekan menggunakan bahan pengawet tembaga-chrom-arsen (CCA).
2. Bagan pengawetan yang digunakan berpengaruh sangat nyata terhadap retensi bahan pengawet yang dicapai. Untuk mencapai retensi 24 kg/m³, konsentrasi larutan yang digunakan minimal 6,25 persen dengan absorpsi sebanyak 384 liter per m³.
3. Guna keperluan pengendalian mutu, cara sederhana pengukuran retensi berdasarkan pembacaan skala dan

penimbangan berat contoh sudah dapat dijadikan pegangan untuk memperkirakan hasil retensi yang ditetapkan berdasarkan analisis kimia.

4. Diharapkan hasil percobaan ini dapat dijadikan dasar dalam rangka penyusunan pedoman pengawetan kayu keruing guna keperluan menara pendingin.

V. DAFTAR PUSTAKA

Anonymus, 1974. British Standard Specification for Wood Preservation by Means of Water-borne Copper/Chrome/Arsenic compositions. BS.4072. British Standards Institution, London.

-----, 1980. Preservative Treatment for Sawn Timber, Vaneer and Plywood. Australian Standard 1604. The Standards Association of Australia, Sydney.

-----, 1988. Lumber and Timber for Cooling Towers Preservative Treatment by Pressure Process. AWPA Standar C3079. American Wood-Preservers Association, Washington D.C.

-----, 1986. Plan Record. Indonesian Timber Grading and Treatment Procedure Umum Listrik Negara, Kamojang.

-----, 1993. Geotermal mestinya diprioritaskan juga. Harian Republika No.144 Tahun ke 1.

Liese, W. 1980. Preservative-treating wood cooling tower. Library Environment Canada Translation, Ottawa.

Manulang, S.P. 1992. Energi Panas Bumi Sumber Listrik Masa Depan. Harian Sinar Pembaharuan, 16 Januari.

Martawijaya, A., I. Kartasujana, K. Kadir dan S.A. Prawira. 1981. Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Balai Penelitian Hasil Hutan, Bogor.

Martawijaya, A. dan Barly, 1982. Resistance of Indonesian Timbers to Impregnation with CCA Preservative. Communication No. 5. Balai Penelitian Hasil Hutan, Bogor.

-----, 1986. Keterawetan 96 jenis kayu Indonesia terhadap impregnasi dengan bahan pengawet CCA. Manuskrip.

Martawijaya, A. 1987. Komunikasi pribadi.