

PERTUMBUHAN LINGKARAN POHON JATI PADA DUA SISTEM KULTUR BERBEDA DI JAWA TIMUR

(Tree-Ring Growth Of Teak Stands Under Different Silvicultural Systems in East Java)

Iriwi Louisa S. Sinon

Staf pengajar Jurusan Fisika FMIPA – UNIPA
Jln. Gunung Salju Amban – Manokwari 98314 ; Tlp. (0986) 212135
Email : iriwi_sinon@yahoo.com

ABSTRACT

*Study dendrochronology or tree-ring dating is defined as the study of chronological sequence of annual growth rings in trees. Teak (*Tectona grandis*) is one of various tree species that has been identified for the use of tree-ring studies in tropical regions. Teak is found to be suitable for dendrochronology as it is long-lived and develops defined annual growth rings. In Java, teak can grow naturally or intensively in plantation. The two silviculture conditions will give different sensitivity on climate effect. Therefore, the effect of silviculturer will on natural teak and plantation teak in Saradan, Madiun, and East Java. As a part of the study, ten core samples from natural- growth teak were measured. The samples of growth rings is spanned from 1832 – 2004. Using the COFECHA program, the correlation of the samples (r) was found to be 0.44 point, which is satisfactory to the standard used in dendrochronology. Thus, from this study it can be concluded that natural teak could still be used in dendrochronology, although the sensitivity are not as high as plantation teak.*

Keywords : *Dendrochronology, climate, nature teak, plantation teak, El nino, La-Nino*

PENDAHULUAN

Kajian terhadap pola perubahan dan variasi iklim di masa lampau dapat dilakukan melalui studi dendrokronologi terhadap pohon jati (*Tectona grandis*). Pada metode ini dilakukan pengukuran terhadap lebar lingkaran pohon jati. Pemilihan terhadap jati dikarenakan kemampuan jati dalam merekam iklim selama pertumbuhannya, dapat terlihat dengan jelas pada pola lingkaran pohon (*tree-ring*) (D' Arrigo, et al., 2005).

Sensitivitas pohon jati terhadap iklim memberikan peluang dalam mengetahui pola iklim masa lampau melalui studi dendrokronologi. Studi ini dapat dilakukan pada jati perkebunan maupun jati alam (Manetti dan Cutini, 2006). Jati perkebunan maupun jati alam memiliki pola penanaman yang berbeda, dimana jati perkebunan memiliki pola tanam yang teratur mulai dari pemilihan bibit sampai pada pemeliharaan di umur dewasa. Sedangkan jati alam memiliki sistem pola tanam yang tidak teratur, pertumbuhan pohon cenderung berkompetisi, dan pola penanaman yang tidak intensif.

Dasar pemikiran ini menjadi pendorong dalam melakukan penelitian. Tujuan penelitian adalah untuk melihat sensitivitas jati perkebunan dan jati alam terhadap iklim yang berada pada lokasi yang sama. Kajian ini merupakan sesuatu hal yang sangat baru dan membuka peluang untuk menjawab persoalan ilmiah, karena ketersediaan spesies cukup besar.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada dua lokasi yang saling berdekatan di daerah Saradan, Kabupaten Madiun, Jawa Timur. Sampel yang diambil berasal dari lima pohon jati dengan masing-masing pohon diambil *core* dari dua sisi yang berbeda.

Pengambilan sampel pohon jati perkebunan secara geografis berada pada posisi $7^{\circ} 33' 046''$ LS dan $111^{\circ} 45' 698''$ BT dengan elevasi 190 m. Sedangkan jati alamiah berada pada lintang $07^{\circ}.37$ LS; $111^{\circ}.44$ BT dan elevasi 238 m.

Jati perkebunan merupakan tanaman jati yang mendapatkan perawatan dalam pertumbuhannya

secara kontinu, sehingga efek lokalnya disamakan dan faktor iklim lebih banyak mempengaruhi pertumbuhan. Pola penanaman jati perkebunan melalui perencanaan yang matang didahului dengan memperhatikan topografi, kondisi ekologis, iklim dan kesuburan lahan. Sedangkan jati alam merupakan jati yang tumbuh secara alamiah dengan proses penanaman tidak melalui perencanaan, tidak mendapatkan perawatan khusus dan kontinu dalam proses pertumbuhan, dan cenderung terjadi kompetisi dalam pertumbuhan. Akibatnya aspek-aspek lokal baik topografi, jenis tanah maupun kesuburan tanah ikut mempengaruhi pertumbuhan.

Analisis *Tree-ring*

Pengambilan sampel berupa lingkaran kayu dari tanaman jati yang masih hidup, melalui pemboran langsung di lapangan dengan sampel berbentuk *core*. Kemudian sampel dihaluskan untuk memperoleh pola lingkaran tahun yang jelas, untuk mempermudah dalam proses pengukuran lebar lingkaran.

Pengukuran lebar lingkaran tahun jati didahului dengan penentuan lingkaran. Untuk pengukuran lebar lingkaran menggunakan *software* Measure J2X. Data lebar lingkaran tahun yang diperoleh perlu dianalisis dengan *software* COFECHA untuk mengetahui tingkat korelasi antar sampel.

Dalam studi dendrokronologi, informasi yang dibutuhkan adalah variasi perubahan iklim yang terekam pada jati dengan melihat parameter-parameter yang mendefinisikan kronologi iklim. Parameter tersebut adalah korelasi, *period*, standar deviasi, *mean sensitivity*, dan autokorelasi.

Analisis Iklim

Proses pertumbuhan jati perkebunan maupun jati alam sangat ditentukan oleh faktor curah hujan lokal yang menyebabkan adanya variasi lingkaran tahun. Dengan demikian pola lingkaran tahun yang terukur perlu dibandingkan dengan data curah hujan di daerah pertumbuhan jati tersebut. Curah hujan berpengaruh terhadap sifat gugurnya daun, dimana pada musim kemarau panjang, jati akan menggugurkan daunnya dan lingkaran tahunan yang terbentuk ”tipis”. Pada musim penghujan,

pertumbuhan lingkaran kembali normal dengan bentuk lingkaran tahun ”lebar”. Jati yang berumur panjang dapat ditemukan di daerah Jawa Tengah (Cepu, Jepara) dan Jawa Timur (Bondowoso, Situbondo, Saradan)

Secara global kejadian anomali iklim seperti El-Nino dan La-Nina dapat diketahui melalui *record* indikator SOI. Efek global *southern oscillation index* atau SOI merupakan indikator El-Nino dan La-Nina. Indeks positif disebut sebagai keadaan La-Nina sedangkan indeks negatif disebut sebagai keadaan El-Nino.

Selanjutnya *record* lain yang menyatakan efek global adalah El-Nino *consensus list* dan SST. Kedua *record* merupakan catatan *event-event* anomali iklim yang terjadi secara global. Penentuan *event* anomali iklim dari data pengukuran lingkaran tahun jati perkebunan maupun jati alamiah dari daerah yang sama dibandingkan dengan *record* tersebut.

HASIL

Analisis *Tree-Ring*

Studi dendrokronologi untuk kepentingan paleoklimat yang menggunakan *proxy* data *tree ring* jati perkebunan dan jati alamiah, bertujuan untuk mengetahui tingkat sensitivitas jati. Hasil pengukuran diharapkan dapat digunakan dalam menambah atau memperpanjang periode data untuk mengetahui pola iklim pada masa lampau. Lebar lingkaran dari pohon jati diukur dengan menggunakan program MEASURE J2X. Hasil pengukuran diperoleh bahwa jati perkebunan berumur 97 tahun yaitu dari tahun pertumbuhan 1908 sampai dengan 2004, sedangkan jati alam berumur 173, yaitu dari tahun 1832-2004. Korelasi antar sampel jati perkebunan $r = 0,54$, dan jati alam $r = 0,44$. Deskripsi statistik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi statistik

	Jati Perkebunan	Jati Alam
Period	1908 - 2004	1832 - 2004
Correlation	0.54	0.44
St. Deviasi	0.47	0.50
Autocorelation	0.013	0.015
Mean sensitivity	0.54	0.52

Sensitivitas jati perkebunan dan jati alam memiliki hubungan $r = 0,44$ untuk $n = 97$. Nilai korelasi ini menunjukkan bahwa 44% data dari jati perkebunan memiliki hubungan erat dengan jati alamiah. Adanya hubungan ini mencapai standar korelasi yang dirujuk pada Borradaile (2003), yang menyatakan bahwa untuk data $n = 90$ nilai korelasi $r = 0,205$ pada $\alpha = 0,05$. Dengan demikian antara jati perkebunan dan jati alam yang berasal dari lokasi yang sama, memiliki hubungan yang erat. Perbandingan antara keduanya dapat dilihat pada Gambar 1.

Di samping itu, terdapat hubungan yang signifikan antara sebaran data pengukuran lebar lingkaran tahun jati perkebunan dan pengukuran lebar lingkaran jati alamiah. Hubungan ini ditunjukkan dengan nilai determinasi $r^2 = 0,1967$ atau $r = 0,44$, dan merupakan hubungan yang positif. Bentuk sebaran data dapat ditunjukkan pada Gambar 2.

Analisis Iklim

Kondisi lokal seperti curah hujan merupakan bagian yang menentukan proses pertumbuhan dan pembentukan pola lingkaran tahun pohon jati perkebunan maupun jati alamiah. Terdapat beberapa data tahun curah hujan yang akan digunakan dalam menginterpretasikan kejadian anomali iklim pada data pengukuran. Namun sebelum data ini dipergunakan terlebih dahulu dihaluskan untuk menghilangkan *noise* dan memperkuat sinyal-sinyal iklim yang dapat didefinisikan. Hasil yang diperoleh terdapat hubungan yang erat antara data pengukuran lebar lingkaran tahun jati perkebunan dan curah hujan sebesar $r = 0,52$.

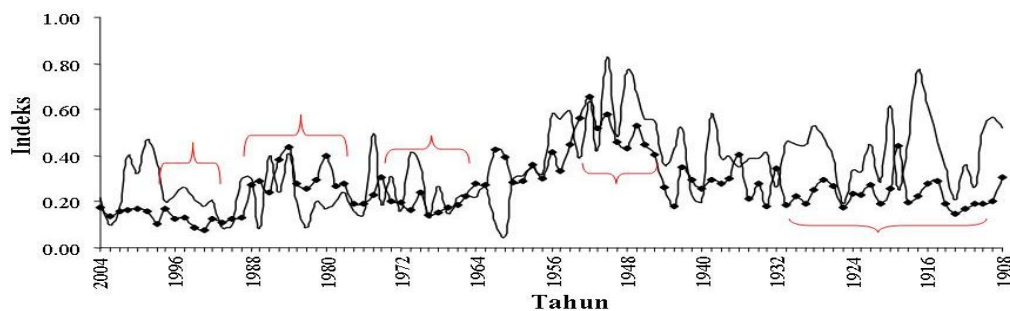
Selanjutnya perbandingan hasil pengukuran lebar lingkaran tahunan jati alam dengan data curah hujan daerah Saradan memperlihatkan hubungan yang kurang signifikan dengan besar $r = 0,36$.

Selanjutnya data pengukuran pada masing-masing area yang berbeda dibandingkan dengan indeks SOI sebagai efek global. Jati perkebunan memiliki hubungan yang erat dengan SOI dimana hubungannya ditunjukkan dengan nilai korelasi $r = 0,54$.

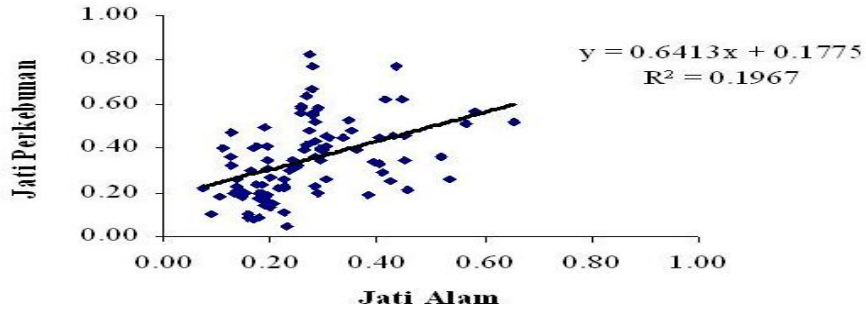
Nilai korelasi yang menunjukkan kuatnya hubungan ini diperkuat oleh beberapa referensi yang biasa digunakan untuk kajian *dendrochronology* misalnya oleh D'Arrigo, *et al.*, (2005) dan Borradaile (2003) untuk data serupa. Hubungan antara jati perkebunan dan SOI dapat dilihat pada Gambar 4.

Di samping itu nilai korelasi data pengukuran lebar lingkaran jati perkebunan ini lebih tinggi dari pada data pengukuran lebar lingkaran jati alamiah pada data serupa ($r = 0,02$). Hubungan antara SOI dan data pengukuran lebar lingkaran tahun jati alamiah dapat dilihat pada Gambar 5.

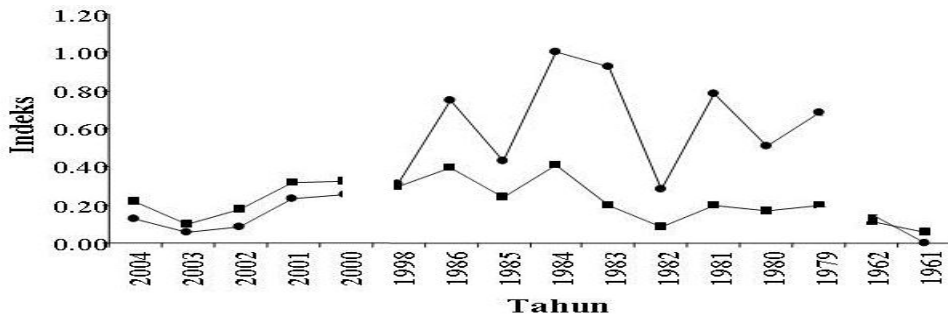
Untuk melihat tingkat hubungan dapat dilakukan juga dengan melihat hubungan sebaran data. Korelasi antara sebaran data pengukuran lebar lingkaran tahun jati perkebunan dengan indeks SOI memperlihatkan hubungan yang positif dan signifikan, dimana nilai $r = 0,54$. Hubungan antara sebaran data pengukuran lebar lingkaran pohon jati perkebunan dan SOI dapat dilihat pada Gambar 6 (a). Sebaran data pada jati alam tidak terdapat hubungan yang signifikan dengan efek global SOI ($r = 0,02$). Hal ini dapat dilihat pada Gambar 6 (b).



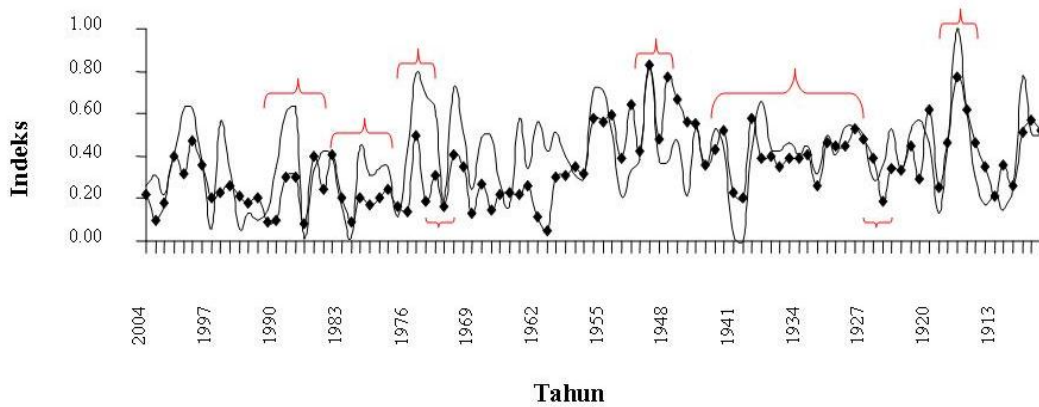
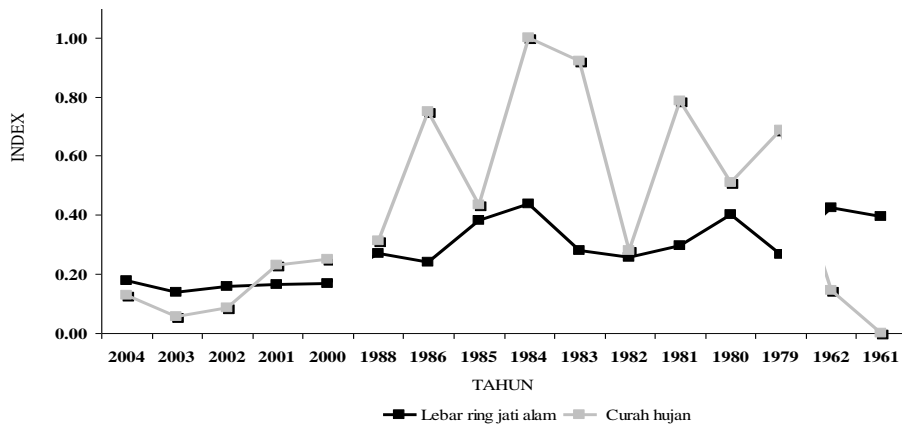
Gambar 1. Perbandingan antara jati perkebunan (garis lurus tanpa simbol) dan jati alamiah (garis lurus bersimbol)



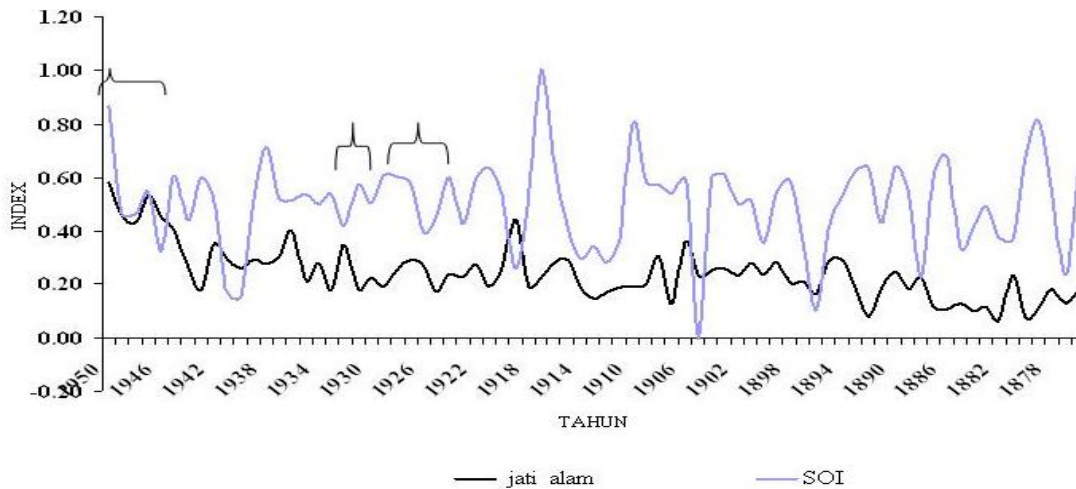
Gambar 2. Hubungan sebaran data jati perkebunan dan jati alam



Gambar 3 . Hubungan antara data pengukuran lebar lingkaran jati perkebunan (garis simbol kotak) dan curah hujan (garis simbol bintang) (Sumber data curah hujan dari BMG Bandung dan LIPI, 2006)



Gambar 4. Perbandingan Data Pengukuran (garis lurus bersymbol) dan SOI (garis lurus tanpa symbol) (Sumber data SOI: Bureau of Meteorology, Australia, 2006)

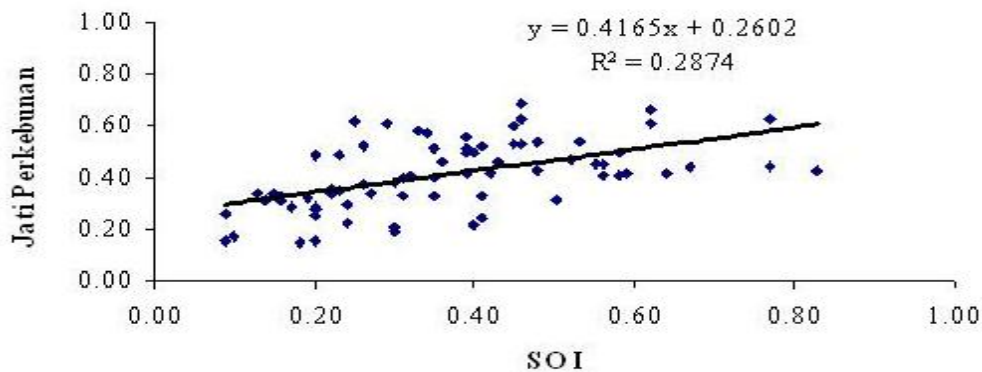


Gambar 5 Pengukuran lebar *ring* jati alam (garis hitam) dan data SOI (garis ungu) dengan tahun pertumbuhan (Sumber.Bureau – Southern Oscillation Index-
<http://www.bom.gov.au/other/copyright.shtml>,2006)

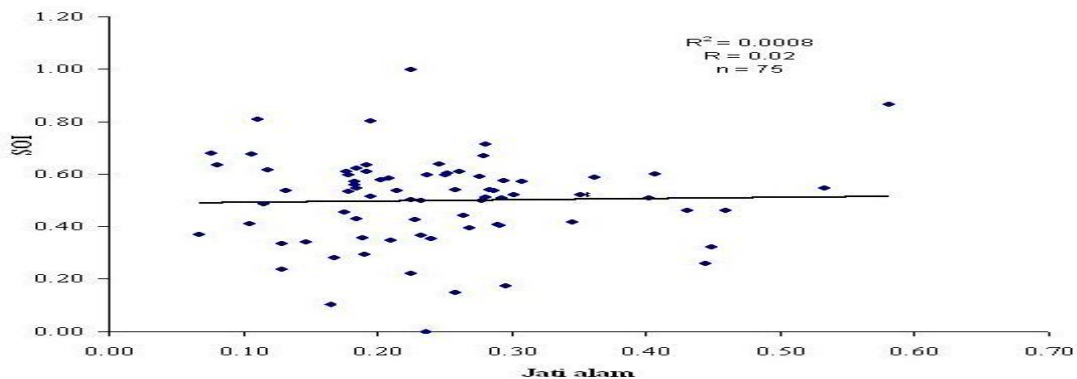
Hasil pengukuran lebar lingkaran tahun pohon jati dapat dibandingkan dengan *record* lain yang merupakan efek global. *Record* selain SOI adalah suhu muka laut atau Sea Surface Temperatur (SST), dan EL-Nino Consensus List dari situs <http://ggweather.com/enso/years.html>. Berikut

perbandingan antara data pengukuran dengan SST dapat dilihat pada gambar 8.

Perbandingan antara data pengukuran yang berasal dari silvikultural yang berbeda dengan *El-Nino consensus list*, diinterpretasikan langsung dengan adanya *event-event* anomali iklim.



Lingkaran Tahun Jati Perkebunan dengan SOI



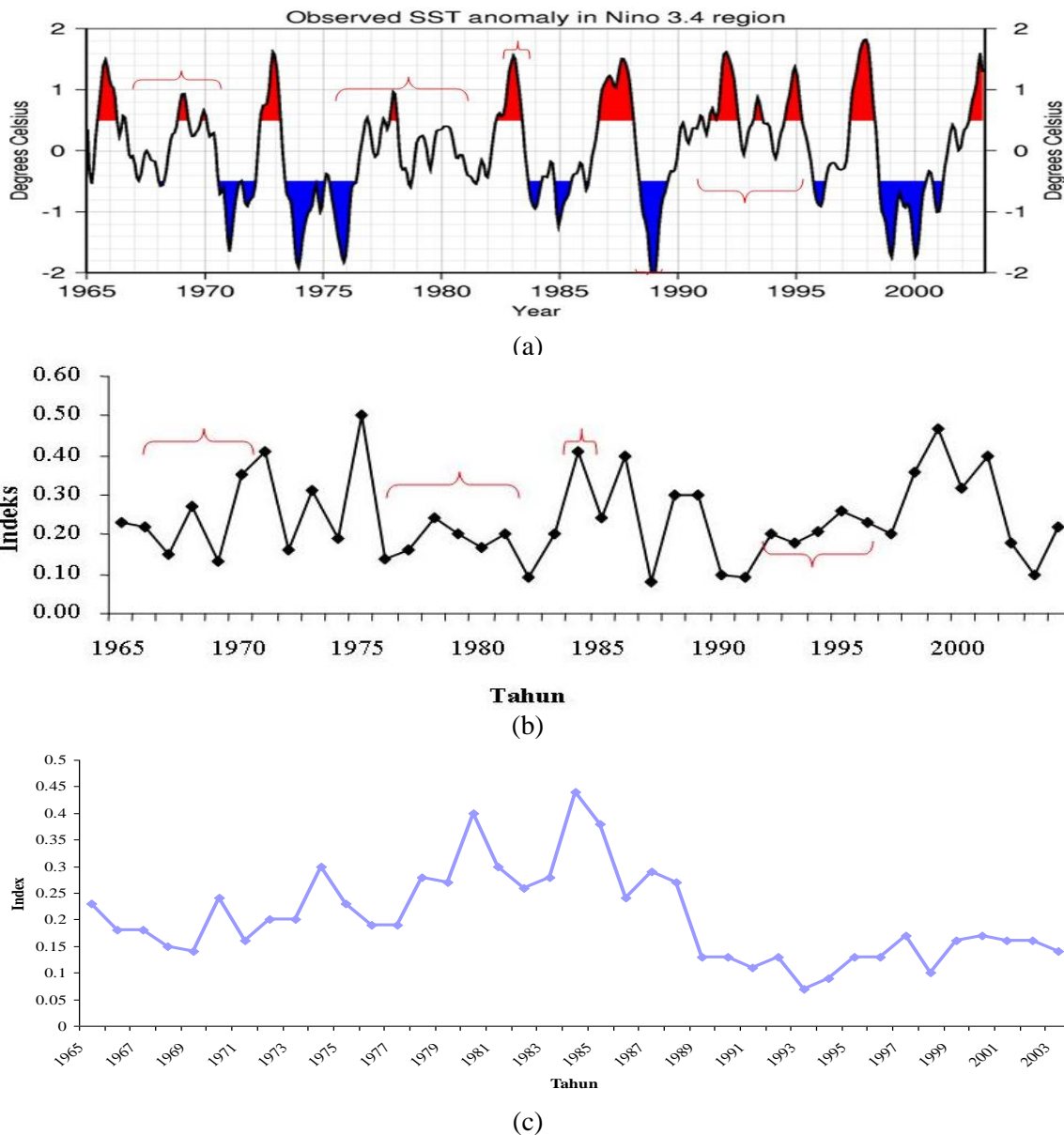
Gambar 6b. Hubungan Sebaran Data Pengukuran Lebar Lingkaran Tahun Jati Alam dengan SOI

PEMBAHASAN

Kemampuan spesies jati (*Tectona grandis*) dalam merekam variasi iklim diharapkan dapat memberikan sinyal pola iklim pada masa lampau. Secara khusus penelitian ini ditujukan untuk membandingkan sensitivitas pola tanam tanaman jati pada dua lingkungan yang berbeda terhadap iklim masa lampau. Dengan adanya data yang diperoleh dari pengukuran lebar lingkaran tahun jati, diharapkan dapat memperpanjang record data

yang akan dipergunakan dalam meramalkan iklim masa lampau (*paleoclimate*).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa jati perkebunan dari Saradan memiliki umur 97 tahun dengan pola lingkaran yang bervariasi. Secara statistik diperoleh nilai standar deviasi 0,47 dan korelasi r rata-rata = 0,54, yang berarti bahwa deret yang dihasilkan memiliki indeks yang bervariasi dan mengindikasikan bahwa antar sampel memiliki hubungan yang erat.



Gambar 7. Hubungan data pengukuran Lebar Lingkaran Tahun dengan SST (a) SST, (b) Jati Perkebunan, (c) Jati Alamiah

Sedangkan pada jati alam memiliki tahun pertumbuhan *ring* yang cukup panjang, mulai dari tahun 1832 – 2004, memiliki jumlah lingkaran tahunan pohon sebanyak $n = 173$ dan total panjang segmen 46. Secara statistik, hasil analisa terhadap sampel *core* jati alam yang dilakukan menggunakan program COFECHA saling berhubungan antara sampel dengan nilai r rata-rata = 0.44.

Pengukuran lebar *tree-ring* jati alam dibandingkan dengan hasil pengukuran lebar *tree-ring* jati perkebunan dimulai dari tahun 1908-2004 seperti nampak pada gambar 1, ditunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan, dimana pada tahun 2004, 1993, 1992, 1984, 1970, 1952, 1950, 1929, 1925, 1924, 1923, 1922, mengalami pertumbuhan yang mirip. Tetapi ada juga pertumbuhan *ring* yang terlihat berbeda.

Dapat diuraikan bahwa pertumbuhan *ring* yang mirip berarti pada tahun-tahun tersebut iklim terekam dengan baik. Hal ini dikarenakan faktor pertumbuhan kedua pohon jati berada pada lokasi yang agak berdekatan dan dipengaruhi iklim yang sama. Namun pertumbuhan *ring* yang kontras terjadi karena perbedaan perlakuan terhadap pohon jati tersebut. Jati yang tumbuh secara alamiah tidak melalui pola penanaman yang intensif, jati alam tumbuh pada areal yang tidak menunjang pertumbuhan dan pembentukan *ring*, sehingga faktor lokal seperti pengaruh cahaya matahari, topografi, struktur tanah, angin, curah hujan dan penduduk sekitarnya lebih dominan mempengaruhi pola pembentukan lingkaran tahun.

Pertumbuhan jati perkebunan memiliki tingkat korelasi yang lebih sensitif terhadap iklim karena ditanam, dikelola secara teratur dan kontinyu oleh Dinas terkait. Kondisi lokal terminimalisasi dan pengaruh iklim lebih dominan terhadap pembentukan pola lingkaran tahun jati.

Tingkat sensitivitas jati perkebunan terhadap iklim dapat didukung dengan adanya hubungan yang signifikan dengan data curah hujan sebagai faktor lokal yang dominan. Untuk efek global seperti SOI memperlihatkan hubungan yang signifikan, dimana $r = 0,54$,

sedangkan pada jati alam tidak memperlihatkan adanya hubungan yang signifikan ($r = 0,02$).

Efek global lainnya seperti *El-Nino consensus list*, memperlihatkan 75 % *event-event* anomali iklim terekam pada data pengukuran lingkaran jati perkebunan. Misalnya kejadian El-Nino dengan intensitas besar terjadi pada tahun 1997/1998, dan El-Nino terpanjang tahun 1991 -1994. Efek yang ditimbulkan oleh anomali ini khususnya di Indonesia adalah musim kering yang berkepanjangan, yang berdampak pada sosial dan perekonomian Indonesia. Terekam juga kejadian *Strong El-Nino* pada tahun 1997, 1987 dan 1982, sedangkan La-Nina, diantaranya pada tahun 2001, 1999, 1970, 1964, 1937, dan kejadian *strong La-Nina*, misalnya tahun 1975, 1973, 1955.

Data pengukuran lebar *ring* jati alamiah dibandingkan dengan *record El Nino Consensus List* menunjukkan terdapat 37 % kejadian iklim terekam jelas diantaranya yaitu pada tahun 1955-1956, 1965, 1972, 1977-1979, 1981-1983, 1997, 2002. Dengan demikian terdapat 63 % *event* anomali iklim yang tidak terekam dengan jelas pada lingkaran tahun jati alamiah.

Hal lain yang turut memberikan kontribusi pada nilai korelasi adalah terdapat beberapa indeks yang sama, dan didefinisikan sebagai fenomena anomali iklim dari data SST. *Event-event* El-Nino yang terekam pada dua *record* ini diantaranya yaitu tahun 2003, 1997, 1991-1994, 1941, 1940, dan 1919, sedangkan fenomena La-Nina terjadi pada tahun yang sama diantaranya ; 2001, 1999, 1988, 1975, 1947, 1943, 1937, dan 1918.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hal terpenting yang ditemukan dalam penelitian ini adalah bahwa *proxy* data *tree ring* jati perkebunan maupun jati alamiah mampu merekam iklim masa lampau. Berdasarkan hasil penelitian dan perbandingan beberapa *record* di atas, maka tingkat sensitivitas jati terhadap iklim lebih

ditunjukkan oleh jati perkebunan dari pada jati yang tumbuh secara alamiah. Adanya kesamaan *event* anomali iklim lebih memperkuat hasil interpretasi bahwa *proxy* data *tree-ring* khususnya jati perkebunan, dapat digunakan untuk memperpanjang periode data dalam memprediksi atau merekam pola iklim di masa lampau.

Saran

Penelitian *tree-ring* membutuhkan waktu yang cukup dan efisien sehingga pengukuran dapat dilakukan dengan baik dan menghasilkan data yang akurat. Penelitian berikutnya sedapat mungkin menggunakan sampel yang lebih banyak dan berasal dari lokasi berbeda. Perlu dikembangkan penelitian *proxy* data paleoklimat dengan mencari spesies pohon lain yang berpotensi terhadap studi dendrokronologi.

Penelitian terhadap jati alam dari lokasi lain perlu dilakukan dan dibuat perbandingan untuk melihat sejauh mana korelasi dan tingkat sensitivitas terhadap iklim.

Penelitian ini dapat dilanjutkan namun perlu memperhatikan faktor - faktor lokal (curah hujan, topografi, lokasi dan tanah) yang sangat berpengaruh pada proses pembentukan dan pertumbuhan lingkaran pohon.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya, A., R.R. Yadav, H.P Borgeonkar, G.B. Pant. (1992). Growth Ring Analysis on Indian Tropical Trees. *Current Science*, 62, 736-741.
- Bijaksana, S. (2005). Prospect Of Tropical Dendrochronology : Review. *ICICI Proc.*, August 3-5, 2005. Bandung.
- Borradaile, G. (2003). Statistics of Earth Science Data. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*.
- Buckley, M.B., B.I. Cook, A. Bhattacharyya, D. Dukpa, V. Chaudhary. (2005). Global Surface Temperatur Signal in Pine Ring – Width Chronologies From Southern Monsoon Asia. *Geophysical Research Letters*, Vol 32, L20704.
- Cook, R. E. (1985). *A Time Series Analysis Approach To Tree-Ring Standardization*. Palisades: New York
- Cook, R. E dan Kairiukstis. (1989). *Methods of Dendrochronology. Application in the Environmental Sciences*. Kluwer Academic Publishers : London
- D'Arrigo, R., S. Bijaksana, P. Krusic, J. Palmer, S. Zulaikah, and L.O. Ngkoimani. (2005). Status of dendroclimatotology of teak in Indonesia for ENSO and Monsoon Studies. *Paper Submitted to Proceedings ITB on Engineering Science*.
- D' Arrigo,R., Wilson, R., J. Palmer., P. Krusic., A. Curtis., J. Sakulich., S. Bijaksana., S., Zulaikah., L.O Ngkoimani. (2005). Monsoon Drought Over Java, Indonesia During the Past Two Centuries. *Geophysical Research Letters*, Vol.33,L04709, doi: 10.1029/2005GL025465
- D'Arigo, R.D., G. Jacoby, and P. Krusik. (1994). Progress in Dendroclimatic Studies in Indonesia. *Terr. Atmos. Oceanic Sci.*, 5, 349-363
- Evans, M. N. and P.D. Scharag. (2004). A Stable Isotop – Based Approach to Tropical Dendroclimatology. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68, 3295-3305
- Hidayati, R. (2001). Masalah Perubahan Iklim Indonesia Beberapa Contoh Kasus. *Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana IPB, Bogor. Posted 27 November 2001*
- <http://www.utk.edu/~grissino/> / . *Ultimate Tree Ring*. (24-09-05)
- <http://www.kota.madiun.go.id>. Data Curah Hujan Saradan. (10 – 04 – 06)
- <http://www.bom.gov.au/other/copyright.shtml>. Data SOI, *Bureau Of Meteorology Australia* (20-04-06)
- http://meteora.ucsd.edu/~pierce/el_nino/history.html, Observed SST Anomaly (25-04-06)

- <http://ggweather.com/enso/years.html>, El-nino & La-Nina Years : A Consensus List. (25-04-06)
- Mayer–Grissino D. Henri., (2001). Evaluating Crossdating Accuracy : A Manual And Tutorial For The Komputer Program COFECHA. *Tree Ring Research*. Vol. 57 (2), 205-223
- Manetti M.C., dan Cutini, A. (2006). Tree Ring Growth of Silver Fir (*Abies alba* Mill) in Two Stands Under Different Silvicultural System in Central Italy. *Journal of Dendrochronologia* 23. 145 – 150. Elsevier
- Schweingruber, H.F. (1976). *Tree Ring. Basic and Application of Dendrochronolog.* Kluwer Academic Publisher. London.
- Stokes M. A., Smiley T.L. (1995). *An Introduction to Tree-Ring Dating.* University of Arizona Press.
- Sumarna, Yana. (2001). *Budi Daya Jati.* Penebar Swadaya : Jakarta
- Wiratmo Joko. (1998). *Sudah Benarkan Pemahaman Anda Tentang La Nina dan El Nino.* Penerbit ITB : Bandung