

STUDI IDENTIFIKASI KAYU JATI DENGAN METODA ISOTOP STABIL KARBON

Bungkus Pratikno dan Paston Sidauruk
Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi-BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Jakarta Selatan
Email : bungkus_pratikno@yahoo.co.id

ABSTRAK

STUDI IDENTIFIKASI KAYU JATI DENGAN METODE ISOTOP STABIL KARBON. Pengukuran komposisi isotop ^{13}C telah dilakukan terhadap beberapa sampel kayu jati. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi rasio isotop ^{13}C dari pohon jati yang tumbuh di pulau Jawa. Sampel serbuk kayu jati dikumpulkan dari sembilan wilayah hutan jati PERUM Perhutani yang ada di Pulau Jawa. Bubuk sampel dari kayu jati kemudian dikeringkan dan dipreparasi di laboratorium dengan *combustion line system* dalam kondisi vacum pada suhu 900-1000 $^{\circ}\text{C}$ untuk mendapat lepasan gas karbon dioksida. Gas CO_2 yang dilepaskan kemudian ditangkap dengan menggunakan nitrogen cair untuk selanjutnya komposisi rasio isotop C-13 dianalisis menggunakan SIRA-9 spektrometer massa. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai $\delta^{13}\text{C}$ kayu jati dari Jawa Barat dan Banten berkisar antara -28,01 $^{\circ}\text{‰}$ (PDB) untuk -22,40 $^{\circ}\text{‰}$ (PDB), sedangkan kayu jati dari daerah Jawa Timur antara -21,88 $^{\circ}\text{‰}$ (PDB) untuk -17,57 $^{\circ}\text{‰}$ (PDB), hasil ini menunjukkan bahwa kayu jati dari Jawa Timur mempunyai nilai komposisi rasio isotop dari ^{13}C yang lebih kaya dari kayu jati dari Jawa Barat dan Banten.

ABSTRACT

TEAK WOOD IDENTIFICATION STUDY USING STABLE ISOTOPES OF CARBON. C-13 isotopic composition measurements have been carried out on several samples of teak. This study aimed to identify the composition of the ^{13}C isotope ratios of oak that grows in Java island. Teak wood dust samples were collected from nine regions of PERUM Perhutani teak forests in Java. Each powder sample of teak wood was dried and prepared in the laboratory by combustion line system under vacuum conditions at temperatures 900-1000 $^{\circ}\text{C}$ to release carbon dioxide gas. Released CO_2 gas was captured using liquid nitrogen. The CO_2 gas then was analyzed for the composition of the C-13 isotope ratios using a SIRA-9 mass spectrometer. The measurement showed that the value of $\delta^{13}\text{C}$ teak wood from West Java and Banten ranged from -28.01 $^{\circ}\text{‰}$ (PDB) to -22.40 $^{\circ}\text{‰}$ (PDB), while the teak wood from East Java ranged from -21.88 $^{\circ}\text{‰}$ (PDB) to -17.57 $^{\circ}\text{‰}$ (PDB). These results indicate that the teak wood from East Java has a value of ^{13}C isotopic composition ratios richer than teak wood from West Java and Banten.

PENDAHULUAN

Teknologi pengukuran rasio isotop stabil dewasa ini berkembang sangat pesat. Penelitian-penelitian yang memanfaatkan isotop stabil sebagai perunut menjadi sebuah terobosan baru dalam pemecahan berbagai masalah lingkungan yang terjadi di sekitar kita. Hal ini dimungkinkan karena isotop stabil terdapat dalam berbagai matriks di alam, diantaranya terdapat dalam sedimen di danau dan laut, dalam air tanah, udara atau atmosfer, serta tersimpan pula di daun, akar dan batang tumbuh-tumbuhan.

Aplikasi isotop stabil yang terkandung dalam tumbuh-tumbuhan telah banyak diterapkan, diantaranya untuk mengetahui rekam data karbondioksida (CO_2) atmosfer dimasa lampau. Berdasarkan penelitian para ahli iklim, peningkatan konsentrasi gas CO_2 atmosfer yang telah berlangsung sejak revolusi industri diindikasikan sebagai faktor utama terjadinya peningkatan suhu bumi, dan berdampak pada terjadinya perubahan iklim global (*Global Climate Change*). Indikasi ini diantaranya diketahui dari rekam data isotop stabil karbon-13 yang tersimpan dalam kayu pada tanaman. Rekonstruksi iklim di masa yang lampau banyak dilakukan pada tanaman pohon Jati.

Peristiwa fotosintesa pada tumbuhan merupakan bagian dari siklus karbon di atmosfer, karena tumbuhan memerlukan gas CO_2 dalam fotosintesanya, dan unsur karbon yang ikut dalam proses fotosintesa tersebut akan tersimpan di bagian batangnya, dan akan terperangkap dalam lingkaran tahun tumbuhan, sesuai dengan kondisi atmosfer pada saat fotosintesa berlangsung. Oleh karena itu rekam data kondisi CO_2 di atmosfer pada waktu lampau, dapat ditelusuri dari isotop stabil karbon yang tersimpan pada lingkaran tahun tumbuh-tumbuhan tersebut. Pemilihan pohon jati sebagai objek rekonstruksi iklim dimasa lampau, karena pada tiap lingkaran tahun yang terbentuk pada batang kayunya, yang menggambarkan kondisi musim yang telah dilalui oleh pohon memiliki warna yang kontras satu dengan lainnya, dan secara visual terlihat jelas, selain itu juga karena pohon Jati memiliki rentang waktu tumbuh cukup lama bahkan ada yang mencapai usia ratusan tahun.

Selain dimanfaatkan dalam menelusuri rekam data CO_2 atmosfer di masa lampau, kandungan isotop karbon-13 dalam batang kayu dari pohon jati dapat pula digunakan untuk menelusuri proses-proses fisiologi tanaman secara akurat, cepat, dan dengan biaya yang relatif murah. Seperti halnya dengan teknologi analisis molekuler DNA pada manusia, yang sangat bermanfaat dalam studi forensik di bidang kedokteran, dan terbukti

akurat dalam mengungkap berbagai kasus kejahatan. Metode isotop stabil juga dapat dimanfaatkan sebagai salah satu bukti forensik dalam mengungkap kasus-kasus kejahatan hutan seperti penebangan liar (*illegal logging*) yang ada dan marak di Indonesia.

Dalam mengungkap praktek-praktek illegal logging tersebut, aparaturnya penegak hukum memerlukan bukti-bukti forensik, sehingga pengungkapan kayu curian dapat ditelusuri asal usul wilayah tanamnya. Saat ini bukti forensik yang telah dilakukan adalah ekstraksi DNA pada kayu, namun metode DNA masih memiliki beberapa kekurangan, diantaranya masih menggunakan sampel daun dalam penentuannya. Metode DNA ini juga bersifat *degraded DNA* yaitu DNA tidak tersebar merata disemua jaringan kayu, berbasis individu dan kurang memiliki variasi genetik dari kayu. Oleh karena itu metode DNA masih belum mampu menyediakan informasi yang diperlukan dalam mengungkap kejahatan hutan ini. Dalam rangka melengkapi data uji forensik, maka perlu dilakukan uji coba variasi genetik kayu dengan metode isotop, melalui pengukuran kandungan isotop stabil karbon-13. Keunggulan metode ini antara lain hasil pengukurannya berbasis populasi (non individu) dan nilai komposisi rasio isotop ^{13}C yang diukur dari satu pohon dapat mewakili pohon-pohon sejenis dengan wilayah tanam yang luas.

Pemanfaatan metode isotop stabil dalam matrik kayu, dilakukan dengan mengukur komposisi rasio isotop ^{13}C dari kayu. Unsur karbon pada kayu terikat dalam bentuk ikatan organik, untuk dapat dilakukan pengukuran komposisi rasio isotop ^{13}C , maka sampel kayu bersama oksidator dibakar dalam tabung vakum pada suhu $900\text{-}1000^{\circ}\text{C}$ untuk mendapatkan gas CO_2 . Gas-gas CO_2 yang dihasilkan ditangkap (*trapping*) dengan tabung, untuk selanjutnya dilakukan pengukuran komposisi rasio isotop ^{13}C menggunakan spektrometer massa.

Gas CO_2 berdasarkan susunan isotopnya tersusun atas isotop-isotop $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ (massa 44), $^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$ (massa 45) dan $^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{18}\text{O}$ (massa 46). Dalam pengukuran komposisi rasio isotop ^{13}C , spektrometer massa dikondisikan untuk pengukuran massa 45 ($^{13}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$) terhadap massa 44 ($^{12}\text{C}^{16}\text{O}^{16}\text{O}$).

Komposisi rasio isotop didefinisikan sebagai nilai perbandingan konsentrasi suatu isotop yang bermassa lebih berat terhadap isotop ringannya relatif terhadap standar acuan tertentu. Komposisi rasio isotop dilambangkan sebagai δ dengan satuan permill atau ‰, dan dinyatakan dengan rumus berikut :

$$\delta = \frac{R_{s\text{ampel}} - R_{s\text{tan dar}}}{R_{s\text{tan dar}}} \times 1000 \quad (\text{‰})$$

Dimana : R_{sampel} adalah rasio isotop berat terhadap isotop ringan dari sampel

$$(R_{\text{sampel}} = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{sampel}})$$

R_{std} adalah rasio isotop berat terhadap isotop ringan standar

$$(R_{\text{standar}} = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}_{\text{stdr}})$$

Dengan demikian maka komposisi rasio isotop untuk isotop karbon, dengan $R = {}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C}$ rumusnya menjadi seperti berikut ini.

$$\delta^{13}\text{C} = \frac{({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{sampel}} - ({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{s tan dar}}}{({}^{13}\text{C}/{}^{12}\text{C})_{\text{s tan dar}}} \times 1000 \quad (\text{‰})$$

Pengukuran komposisi rasio isotop ($\square^{13}\text{C}$) dilakukan dengan menggunakan alat spektrometer massa inlet ganda (*dual inlet*) yang dapat menganalisa gas sampel dan gas standar secara bergantian. Piranti ini merupakan alat yang paling efektif dalam mengukur rasio isotop, karena dapat memisahkan atom-atom dan molekul-molekul bermuatan berdasarkan berat massanya di dalam medan magnet yang dilaluinya dengan tingkat kevakuman yang sangat tinggi. Salah satu jenis piranti spektrometer massa yang digunakan di Laboratorium PATIR-BATAN adalah spektrometer massa SIRA-9 VG ISOGAS buatan Inggris yang memiliki tingkat kevakuman analisis mencapai 10^{-9} mbar. Hasil pengukuran dari piranti ini diacu terhadap standar yang digunakan. Untuk pengukuran $\square^{13}\text{C}$ digunakan standar internasional PDB (Pee Dee Bellemnite), yaitu formasi batuan yang berasal dari daerah South Carolina – Amerika Serikat.

Penelitian identifikasi kayu jati dilakukan dengan mengumpulkan serbuk kayu Jati dari 9 (sembilan) wilayah hutan Jati milik Perum PERHUTANI yang ada di pulau Jawa. Contoh serbuk dipreparasi di laboratorium dengan cara dibakar pada *combustion line system* dalam kondisi vakum, dengan suhu $900 - 1000^{\circ}\text{C}$. Gas CO_2 yang dilepaskan selama pembakaran di tangkap dengan menggunakan tabung untuk kemudian diukur $\square^{13}\text{C}$ -nya.

BAHAN DAN METODE

Studi identifikasi kayu Jati dengan metode isotop stabil karbon-13 dilakukan di laboratorium yang telah mendapat sertifikasi KAN (Komite Akreditasi Nasional) untuk ISO 17025 yaitu di laboratorium Hidrologi dan Panasbumi, Bidang Kebumian dan Lingkungan, PATIR-BATAN Penelitian dilakukan dalam beberapa tahap, antara lain :

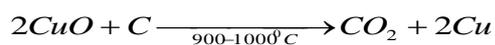
1. Pengumpulan contoh.

Contoh serbuk kayu Jati dikumpulkan dari 9 wilayah hutan Jati yang ada di Pulau Jawa dengan rincian 1(satu) contoh di dapat dari wilayah Banten, 2 contoh dari Jawa Barat, 2 (dua) dari wilayah Jawa Tengah dan 4 (empat) contoh lainnya dari wilayah Jawa Timur. Contoh yang dikumpul dalam bentuk serbuk kayu dengan berat masing-masing 50 gr.

2. Preparasi contoh.

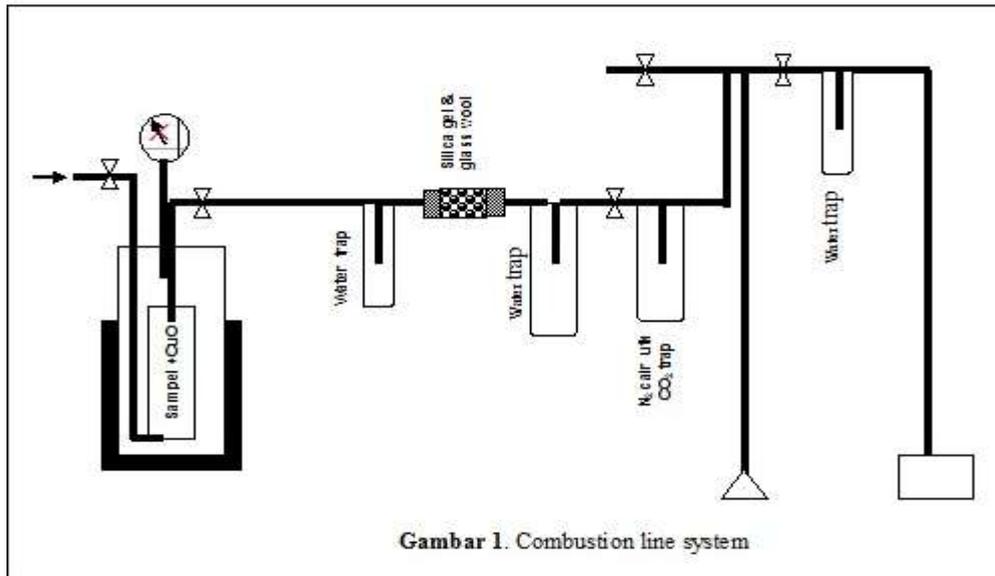
Contoh yang telah dikumpulkan di preparasi dan dianalisis di laboratorium dengan langkah kerja sebagai berikut :

1. Contoh serbuk dari masing-masing wilayah sampling di keringkan dalam oven dengan suhu 200⁰C selama 12 jam, untuk menghilangkan kandungan air yang ada di dalam serbuk.
2. Contoh yang sudah kering di campurkan oksidator CuO di dalam tabung pembakaran yang terintegrasi dengan *Combustion line system* (seperti tampak pada gambar 1), untuk selanjutnya di bakar dalam kondisi vakum dengan suhu 900-1000⁰C. Karbon dari ikatan organik dalam serbuk kayu yang dilepaskan akan bereaksi dengan oksigen dari oksidator CuO, membentuk gas CO₂. Reaksi yang terjadi sebagai berikut :



3. Analisis contoh.

Gas CO₂ yang dilepaskan dari proses pembakaran, ditangkap (*trapping*) menggunakan tabung keijdhall yang direndam dalam nitrogen cair dengan suhu -190⁰C. Selanjutnya gas CO₂ dianalisis dengan spektrometer massa SIRA 9 VG ISOGAS untuk diukur $\delta^{13}C$ -nya. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan permill PDB ($^0/_{00}$ PDB).

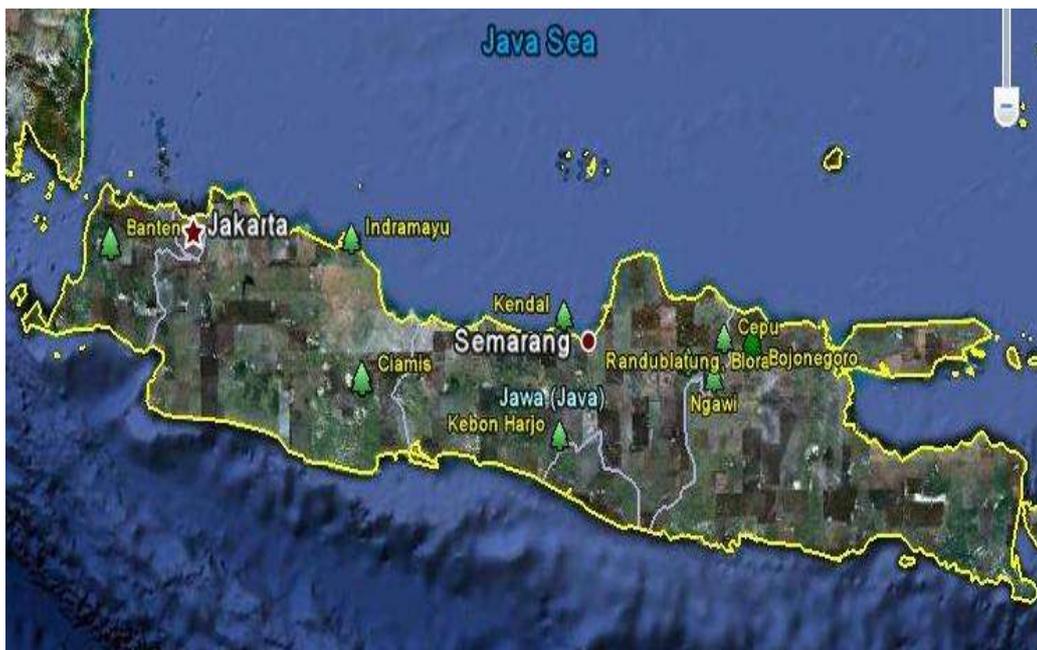


Gambar 1. Combustion line system

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Lokasi pengambilan contoh serbuk kayu Jati.

Lokasi pengambilan contoh serbuk kayu Jati di dapat dari 9 (Sembilan) Wilayah hutan Jati yang ada di pulau Jawa, yang dikelola Perum PERHUTANI, yaitu hutan jati wilayah Banten, Ciamis, Indramayu, Kendal, Kebonharjo, Ngawi, Bojonegoro, Cepu, dan Randublatung-Blora. Peta lokasi tampak pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Lokasi hutan jati Perum Perhutani di pulau Jawa

2. Hasil Analisis

Tabel 1. Hasil pengukuran $\delta^{13}\text{C}$ contoh serbuk kayu jati

No.	Asal contoh kayu jati	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) PDB		
1.	Banten	-22,76	±	1,06
2.	Ciamis	-22,78	±	1,41
3.	Indramayu	-28,01	±	0,41
4.	Kebon Harjo	-23,73	±	0,66
5.	Kendal	-29,46	±	0,58
6.	Ngawi	-17,81	±	1,35
7.	Cepu	-20,08	±	1,34
8.	Randublatung-Blora	-17,57	±	0,48
9.	Bojonegoro	-26,27	±	0,89

PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran komposisi rasio isotop ^{13}C atau $\delta^{13}\text{C}$ dari sampel serbuk kayu jati, yang berasal dari beberapa TPH di pulau Jawa yang hasilnya tampak pada Tabel-1 di atas, terlihat bahwa $\delta^{13}\text{C}$ dari sampel serbuk kayu jati yang berasal dari Banten, Jawa Barat dan Jawa Tengah mempunyai nilai antara $-29,46\text{‰}$ sampai dengan $-22,76\text{‰}$. Sedangkan $\delta^{13}\text{C}$ kayu jati yang diambil dari wilayah Jawa Timur mempunyai nilai komposisi rasio isotop yang lebih kaya, yaitu berada pada kisaran $-20,08\text{‰}$ sampai dengan $-17,57\text{‰}$, kecuali kayu jati yang berasal dari Bojonegoro-Jawa Timur memiliki nilai $\delta^{13}\text{C}$ sama dengan kayu jati yang berasal dari Jawa Barat yaitu sebesar $-26,27\text{‰}$.

Perbedaan nilai komposisi rasio isotop yang cukup signifikan antara kayu jati yang berasal dari Jawa Barat dengan kayu jati dari Jawa Timur ini, mengindikasikan bahwa kandungan gas rumah kaca seperti CO_2 dalam atmosfer di kedua wilayah tersebut memiliki perbedaan cukup tinggi baik secara kualitas maupun kuantitas. Wilayah yang memiliki atmosfer dengan kandungan gas rumah kaca CO_2 yang tinggi akan menyebabkan terjadinya pengkayaan isotop ^{13}C pada tumbuh-tumbuhan yang berada di bawahnya, karena pada saat fotosintesa terjadi tumbuhan akan mengambil CO_2 atmosfer yang berada disekitarnya, dan CO_2 yang diserap akan disimpan dalam kambium tumbuhan tersebut.

Komposisi rasio isotop ^{13}C atmosfer mempunyai nilai -8‰ sampai dengan -10‰ , Nilai ini akan berkontribusi komposisi rasio isotop dalam kayu pada tumbuh-tumbuhan sekitarnya, dan akan memperkaya kandungan isotop ^{13}C pada kayu tumbuhan tersebut.

Komposisi rasio isotop dari kayu jati yang diambil dari beberapa wilayah hutan jati di pulau Jawa, seperti pada Tabel-1 dapat digunakan pula untuk merunut asal-usul kayu jati dari kegiatan *illegal logging* yang sering terjadi. Kayu-kayu jati hasil pembalakan liar dapat dirunut asal-usulnya melalui pengukuran komposisi rasio isotop ^{13}C yang dikandungnya, dengan demikian data base komposisi isotop ini dapat dijadikan bahan acuan dalam melakukan penelusuran dari hasil-hasil pembalakan liar yang kerap terjadi di Indonesia ini.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan di atas, dapat ditarik kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. Kayu jati dari Jawa Timur mempunyai $\delta^{13}\text{C}$ lebih kaya dari pada kayu jati yang berasal dari Banten, Jawa Barat, dan Jawa Tengah.
2. Kayu Jati dari Banten, Jawa Barat dan Jawa Tengah mempunyai nilai $\delta^{13}\text{C}$ antara $-29,46\text{‰}$ sampai dengan $-22,76\text{‰}$ PDB.
3. Kayu Jati dari wilayah Jawa Timur umumnya mempunyai nilai $\delta^{13}\text{C}$ antara $-20,08\text{‰}$ sampai dengan $-17,57\text{‰}$ PDB

DAFTAR PUSTAKA

- Hut, G. 1987. *Isotope Hydrology*, Diktat Training Course Isotope Hydrology IAEA (1987). Hlm. 30 - 41.
- Told E., Dawson & Rolf T.W.Siegwolf 2007. *Stable Isotopes as Indicators of Ecological Change*.
- Told E., Dawson & Rolf T.W.Siegwolf 2007. *Using Stable Isotopes as Indicators, Tracers, and Recorders of Ecological Change*. Hal. 3-18.

- Kolle, W., 1982 "Radiocarbon Measurement Of Organic Pollutant Of The Rhine", Institute For Gastechnic, Feurungstecnic And Wesserchemic, University Of Karsruhe, Karlsruhe, Federal Republic Of Germany.
- Robert.M. Kalin And John Noakes, 1992 "Radiocarbon Laboratory And Quality Assurance Procedures", University Of Georgia, Athens, USA.
- Martin, G. I., Macias, E. M., Sanchez, J. S and Rivera, B. G., 1998. Detection of honey adulteration with beet sugar using stable isotope methodology. AOAC International, 1998. Official Method 991.41, C-4 plant Sugars in honey. *Food Chemistry*, **61**(3), 281-286.
- Jamens, R.E. dan Thure, E.C., 2002, "Stable Isotopes, The earth system: byological and ecological dimensions of global environmental change, Vol. 2, Hlm.544-550.

DISKUSI

AGUS MARTINUS

Apa perbedaan metode isotop dengan metode lainnya dalam mengidentifikasi kayu jati ?.

BUNGKUS PRATIKNO

Metode isotop stabil memiliki keunggulan alam hal basis populasinya, pada metode isotop, sampel cukup diambil dari satu pohon jati saja dan hasilnya mewakili cakupan hutan jati yang luas (berbasis non individu), serta biayanya murah dan akurasinya cukup baik. Sedangkan metode lainnya (metode DNA), ada beberapa kekurangannya diantaranya masih menggunakan sampel daun dan bersifat Degraded DNA yaitu DNA tidak merata disemua jaringan kayu, berbasis individu dan kurang memiliki variasi genetik kayu. Selain itu metode DNA biayanya cukup mahal.

E. RISTIN PUJIINDIYATI

Bagaimana caranya mengungkap praktek ilegal logging dengan metode isotop stabil Carbon ini?.

BUNGKUS PRATIKNO

Praktek illegal logging dapat diungkap dengan metode isotop stabil carbon, yaitu dengan cara kayu-kayu hasil illegal logging, baik yang masih berupa bahan baku maupun yang sudah menjadi bahan jadi (furniture) diambil sampelnya dan diukur komposisi rasio isotop ^{13}C -nya (^{13}C). Kemudian dibandingkan dengan data ^{13}C dari semua kayu yang tumbuh di hutan jati. Hutan jati yang ada di Indonesia, dan yang ^{13}C -nya relative sama besar, maka dapat diindikasi asal kayu jati tersebut.