

# MENURUNNYA PENEBAANGAN HUTAN DI AMAZON BRASIL: HARGA ATAU KEBIJAKAN?

RINGKASAN EKSEKUTIF\*

JULIANO ASSUNÇÃO, CLARISSA C. E GANDOUR, AND RUDI ROCHA

CLIMATE POLICY INITIATIVE RIO DE JANEIRO  
NÚCLEO DE AVALIAÇÃO DE POLÍTICAS CLIMÁTICAS, PUC-RIO



CLIMATE  
POLICY  
INITIATIVE  
RIO DE JANEIRO



JANUARI 2012

## Pendahuluan

Penebangan hutan dan kerusakan biomasa telah menyumbang sekitar 17% dari emisi gas rumah kaca global (IPCC, 2007). Hal ini meningkatkan kepedulian akan kelanjutan penggundulan hutan di Amazon, jalur hutan hujan tropis terbesar dunia. Wilayah tersebut telah sejak lama menjadi tapal batas agrikultural paling aktif di dunia dalam hal hilangnya hutan dan emisi CO<sub>2</sub>. Di Brasil, konversi area hutan di bioma Amazon telah berkontribusi sebanyak hampir setengah dari total emisi CO<sub>2</sub> net di negara tersebut (MCT, 2010).

Walau demikian, laju penebangan hutan di Amazon Brasil mengalami penurunan yang substansial

selama 5 tahun terakhir di tahun 2000-an dari semula puncaknya seluas 27.000 km<sup>2</sup> di tahun 2004 menjadi 7.000 km<sup>2</sup> di tahun 2009. Terdapat dua penjelasan alternatif untuk hal ini. Pada satu sisi, jatuhnya harga-harga di sektor pertanian bisa jadi telah menghambat penggundulan wilayah hutan untuk

perluasan tanah pertanian (lihat Gambar 1). Di sisi yang lain, kebijakan konservasi yang diperkenalkan setelah adanya dua titik balik kebijakan yang terjadi pada tahun 2004 dan 2008 bisa jadi telah berkontribusi terhadap pengekanan penebangan hutan. Memang demikian yang dapat dilihat pada Gambar 1 bahwa diterapkannya kebijakan setelah adanya kedua titik balik tersebut berteepatan dengan penurunan tajam laju penebangan hutan yang terjadi selanjutnya.

Mengidentifikasi apakah penurunan penebangan hutan itu dikarenakan situasi ekonomi atautkah akibat kebijakan konservasi yang diperkenalkan selama periode

tersebut, dapat memberikan masukan penting bagi para pembuat kebijakan di Brasil dan di negara-negara lain. Kami menilai kontribusi kebijakan Brasil untuk menurunkan laju penebangan hutan dengan menggunakan teknik regresi untuk menguraikan dampak dari kebijakan-kebijakan dari faktor penjelasan potensial lainnya yang ada tersebut, seperti siklus harga agrikultural dan pendorong potensial penebangan hutan lainnya.

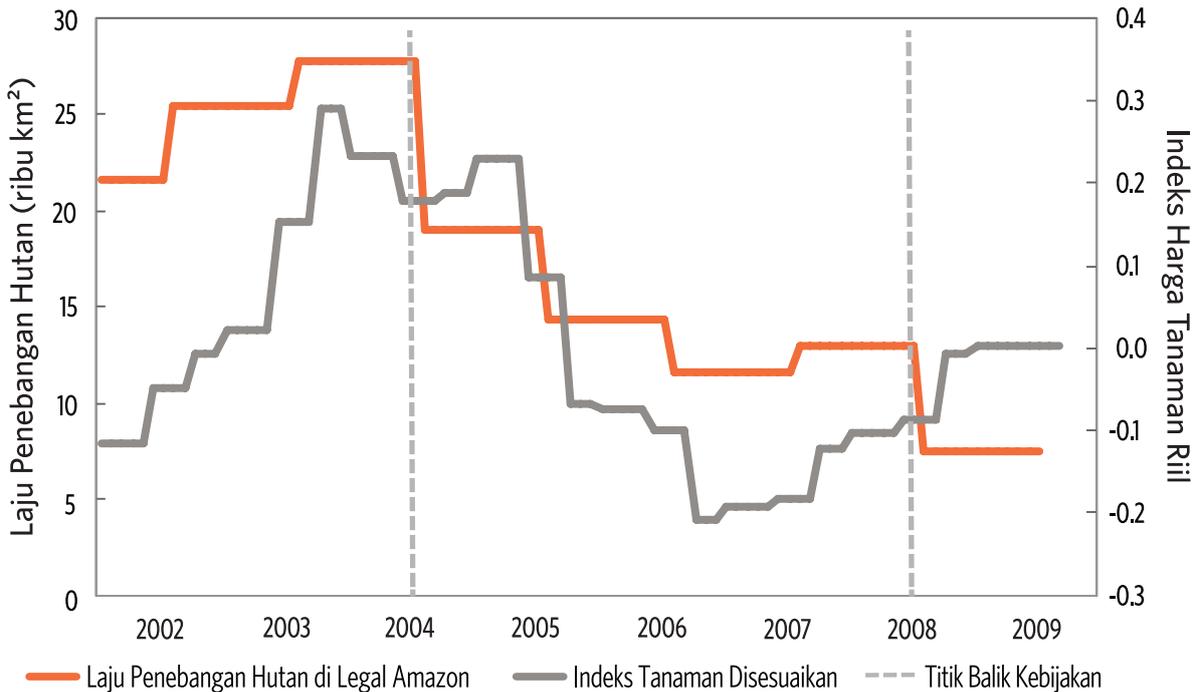
Analisis kami menunjukkan bahwa kurang lebih setengah dari penebangan hutan yang

*Kurang lebih setengah dari penebangan hutan yang dihindari di Amazon dalam periode tahun 2005 hingga 2009 dapat terjadi karena adanya kebijakan konservasi yang diperkenalkan pada lima tahun terakhir di tahun 2000-an.*

\* Dokumen ini merupakan ringkasan eksekutif dari makalah "Penurunan Penebangan Hutan di Legal Amazon: Harga atau Kebijakan?" Silakan lihat makalah asli untuk diskusi lebih lengkap dari konteks institusional, model teoritis, metodologi, dan hasil.

1 Data IPCC merujuk ke emisi total di tahun 2004.

Gambar 1: Penebangan hutan dan tren harga



dihindari di Amazon selama periode tahun 2005 hingga 2009 dapat terjadi karena adanya kebijakan konservasi yang diperkenalkan pada lima tahun terakhir di tahun 2000-an. Hal ini setara terhadap terhindarnya kehilangan 62.000 km<sup>2</sup> area hutan, atau sekitar 620 juta ton simpanan C (2,3 miliar ton simpanan CO<sub>2</sub>), yang menurut perkiraan kami bernilai sebesar 11,5 miliar dolar AS.<sup>2</sup>

### Titik Balik Kebijakan

Kebijakan konservasi Brasil untuk mengendalikan dan mencegah penebangan hutan di Amazon mengalami revisi signifikan selama tahun 2000-an, dengan dua tahun yang menonjol sebagai tahun terjadinya titik balik penting di dalam lanskap kebijakan negara tersebut: tahun 2004 dan 2008.

#### 2004

Titik balik pertama ini terjadi dengan diluncurkannya Rencana Tindakan untuk Pencegahan dan Pengendalian Penebangan Hutan di Legal Amazon (PPCDAM) pada tahun 2004, yang memperkenalkan bentuk

baru dalam berurusan dengan penebangan hutan di Legal Amazon. Dari sejak saat itu, upaya konservasi didasarkan pada serangkaian besar upaya-upaya strategis yang dimaksudkan untuk diimplementasikan dan dilaksanakan sebagai bagian dari upaya kolaboratif antara pemerintah federal, negara bagian, dan kotamadya, bersama-sama dengan organisasi spesialis dan masyarakat sipil. Terlebih lagi, mobilisasi organisasi-organisasi utama - National Institute of Spatial Research (INPE), Polisi Federal, Polisi Lalu Lintas Federal, dan Angkatan Darat Brasil - dan kontribusi dari Kepala Staf Kepresidenan sebagai orkestrator aksi terpadu yang memfasilitasi implementasi prosedur inovatif dalam pemantauan, pengendalian lingkungan, dan manajemen teritorial.

Kerjasama timbal balik antara berbagai tingkatan dan badan di pemerintahan mendukung aktivitas pemantauan yang lebih tegas. Di tahun 2004, kapasitas pemantauan hutan berbasis penginderaan jarak jauh di Legal Amazon meningkat secara signifikan dengan adanya implementasi Sistem Waktu-Nyata INPE untuk Deteksi Penebangan

<sup>2</sup> Perhitungan berdasarkan pada faktor konversi 10.000 ton C per kilometer persegi dan 5 dolar AS per ton CO<sub>2</sub> (MMA, 2011)

Hutan (Detection of Deforestation/DETER) dan pembuatan Pusat untuk Pemantauan Lingkungan (Center for Environmental Monitoring/CEMAM) di Institusi Brasil untuk Lingkungan dan Sumber Daya Alam Terbarukan (Brazilian Institute for the Environment and Renewable Natural Resources/Ibama). Kolaborasi antara INPE dan Ibama telah memungkinkan produksi dan distribusi reguler peta digital georeferensi yang berisi informasi tentang perubahan terkini pada tutupan hutan yang termasuk dalam wilayah-wilayah kritis, menyediakan alat penting untuk menyasar aktivitas penegakan hukum. Di tahun 2005, Ibama juga meluncurkan sebuah program yang bertujuan untuk meningkatkan kualifikasi dari personil pemantau lingkungannya.

Paralel dengan perintah PPCDAm dan upaya pengendalian, pembuatan wilayah yang dilindungi mencapai momentumnya pada pertengahan tahun 2000-an dengan perluasan cepat unit konservasi (lahan terlindungi) dan pengenalan lahan-lahan pribumi.

## 2008

Titik balik kedua diresmikan dengan

penandatanganan Dekrit Presiden 6.321 di tahun 2007, yang menetapkan dasar hukum untuk menunjuk kotamadya-kotamadya dengan laju penebangan hutan paling tinggi dan mengambil tindakan berbeda terhadap kotamadya-kotamadya tersebut. Di tahun 2008, Menteri Pengaturan Lingkungan Hidup (Ministry of the Environment Ordinance 28) mendaftarkan 36 kotamadya yang diklasifikasikan sebagai daerah yang memerlukan tindakan prioritas untuk mencegah, memantau, dan memberantas penebangan hutan ilegal. Permukiman di daerah-daerah pinggiran dalam kotamadya yang diprioritaskan tersebut kemudian menjadi subyek pemantauan penting untuk aktivitas yang tidak biasa, persyaratan pendaftaran, dan pemberian izin yang lebih ketat. Tambahan lagi, dikeluarkannya Dekrit Presiden (Presidential Decree 6.514) di tahun 2008 menetapkan kembali arahan-arahan mengenai proses administratif federal untuk investigasi pelanggaran lingkungan hidup dan sanksi yang berkaitan dengan hal itu, memungkinkan proses-proses tersebut diselesaikan dengan lebih cepat.

Kebijakan kredit yang baru juga diperkenalkan

### LANSKAP KEBIJAKAN LINGKUNGAN BRASIL TAHUN 2000-AN: TITIK BALIK

**2004** | Peluncuran tindakan terintegrasi PPCDAm di berbagai badan pemerintah dan diperkenalkannya prosedur baru untuk pemantauan, pengendalian lingkungan, dan manajemen teritorial. Garis besarnya termasuk:

- Aktivitas terkoordinasi di antara badan-badan pemerintah;
- Pengenalan teknologi pemantauan hutan pengindera jarak jauh waktu-sebenarnya; dan
- Perluasan ekstensif dari wilayah yang dilindungi.

**2008** | Implementasi kebijakan perintah, kendali, dan kredit yang dipengaruhi langkah-langkah kebijakan terbaru. Garis besarnya termasuk:

- Menargetkan kotamadya prioritas untuk pencegahan, pemantauan, dan pemberantasan yang lebih tegas terhadap penebangan hutan ilegal;
- Revisi legislasi terkait pelanggaran lingkungan hidup dan sanksi yang berkaitan dengan pelanggaran tersebut; dan
- Menetapkan persyaratan kredit daerah pinggiran dengan adanya presentasi bukti kepatuhan peminjam terhadap peraturan lingkungan hidup.

pada tahun 2008, dengan persetujuan National Monetary Council Resolution 3.545, yang menentukan bahwa kredit daerah pinggiran untuk aktivitas agrikultural di bioma Amazon dipersyaratkan untuk menampilkan bukti akan kepatuhan peminjam tersebut terhadap legislasi lingkungan hidup dan legitimasi klaim lahan.

## Hasil

### Efek dari Harga Agrikultural

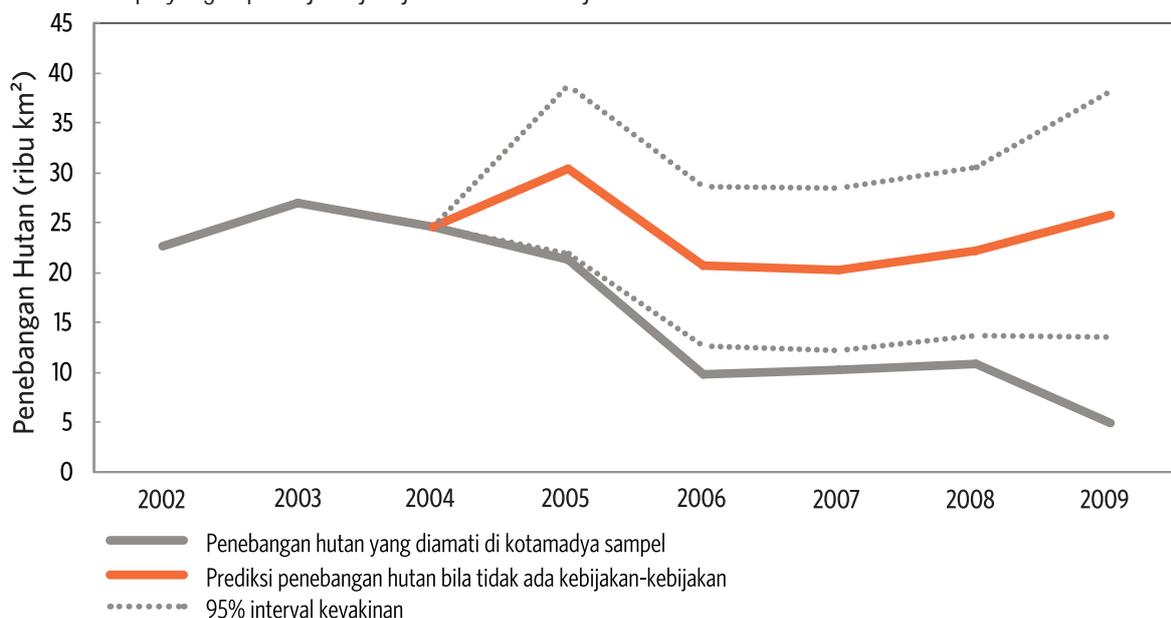
Hasil kami menunjukkan bahwa harga agrikultural memiliki efek kausal terhadap laju penebangan hutan di Legal Amazon, tetapi hubungan antara penebangan hutan dan harga agrikultural berbeda untuk barang hasil bumi dan ternak. Harga hasil bumi memiliki dampak yang positif dan signifikan terhadap penggundulan hutan, peningkatan harga hasil bumi di tahun tertentu berkaitan dengan penebangan hutan yang lebih tinggi yang diamati antara tahun tersebut dan tahun berikutnya. Efek ini khususnya menguat untuk variasi harga yang terjadi sebelum musim menabur di tahun rujukan tersebut.

Namun, harga ternak, mendesak adanya

efek heterogen terhadap penebangan hutan. Sementara peningkatan harga ternak pada tahun tertentu berkaitan dengan peningkatan penebangan hutan yang diamati antara tahun tersebut dan tahun berikutnya, hasil menunjukkan hubungan negatif antara harga ternak terkini dan penebangan hutan terkini. Hal ini dapat dijelaskan dengan fakta bahwa ternak merupakan barang yang dikonsumsi dan juga barang modal.

Pada satu sisi, produsen bisa jadi mengambil harga tinggi saat ini sebagai sebuah indikasi keuntungan yang bisa diperoleh di masa mendatang dan mempertahankan lebih banyak sapi untuk merealisasikan keuntungan tersebut. Investasi ini akan meningkatkan jumlah ternak yang digembalakan dan luas padang rumput, dan karenanya mendorong lebih banyak penggundulan hutan. Di sisi lain, produsen bisa jadi berharap untuk merealisasikan keuntungan saat ini selama periode harga tinggi dengan cara meningkatkan pasokan ternak yang dimaksudkan untuk dikonsumsi. Hal ini akan mengurangi jumlah ternak yang digembalakan dan ukuran padang rumput, dan oleh karenanya menukarkan tekanan terhadap hutan.

Gambar 2: Apa yang dapat saja terjadi jika tidak ada kebijakan?



### Efek dari Kebijakan tersebut

Analisis utama kami mengisolasi efek harga agrikultural dan pendorong penggundulan hutan potensial lain untuk memperkirakan kontribusi kebijakan terhadap penurunan penebangan hutan di Legal Amazon. Dalam melakukan hal ini, kami mendapatkan bahwa kebijakan konservasi yang mulai diadopsi di tahun 2004 dan 2008 efektif dalam mengekang penebangan hutan di Amazon. Menurut perhitungan kami, kebijakan-kebijakan tersebut membantu menghindari terbentuknya wilayah penebangan hutan sebesar 62.000 km<sup>2</sup> selama periode tahun 2005 hingga 2009 (lihat Gambar 2). Hal ini menggambarkan kurang lebih setengah dari wilayah hutan yang bisa jadi tergunduli jika saja kebijakan yang diperkenalkan setelah terjadinya titik balik di tahun 2004 dan 2008 tersebut tidak diterapkan. Ini setara dengan terhindarnya kehilangan sekitar 620 juta ton simpanan C, atau 2,3 juta ton simpanan CO<sub>2</sub> yang menurut perkiraan kami bernilai sebesar 3,1 miliar dolar AS.

Gambar 2 mengilustrasikan lebih jauh bagaimana kebijakan-kebijakan tersebut memainkan peran yang sangat penting dalam penggundulan hutan pada dua momen spesifik selama lima tahun terakhir tahun 2000-an. Pertama, penebangan hutan bisa jadi memuncak pada tahun 2005 jika kebijakan yang diperkenalkan di awal tahun 2004 tidak diterapkan. Hal ini konsisten dengan puncak peningkatan dalam harga agrikultural yang diamati di awal tahun 2004, karena harga tinggi yang diamati bisa jadi telah menyebabkan lebih banyak penggundulan hutan selama musim kering tahun tersebut. Kedua, trayektori penebangan hutan dapat menunjukkan tren peningkatan di awal tahun 2007 bila kebijakan yang diperkenalkan di awal tahun 2008 tidak diterapkan. Hasil ini menyarankan bahwa penebangan hutan dapat meningkat dengan pemulihan harga agrikultural di akhir tahun 2000-an.

### Kesimpulan

Sepanjang tahun 2000-an, Pemerintah Federal dan Kementerian Lingkungan Hidup Brasil mencari cara untuk mencegah penggundulan hutan dan mempromosikan konservasi hutan dengan cara mengarahkan perhatian mereka terhadap tiga upaya kebijakan utama: memperkuat strategi komando dan kendali; perluasan ekstensif wilayah yang dilindungi; dan adopsi kebijakan kredit bersyarat. Perubahan kebijakan utama diperkenalkan di awal tahun 2004 dan 2008. Hasil kami mengungkapkan bahwa kebijakan-kebijakan ini memberikan kontribusi yang bernilai bagi upaya konservasi di Amazon, khususnya selama periode kenaikan harga agrikultural. Kami menunjukkan bahwa penurunan yang diamati dalam tingkat penebangan hutan bukan semata-mata merupakan respons terhadap kondisi pasar dan dinamika ekonomi, tetapi lebih karena rangkaian kebijakan yang diimplementasikan telah efektif mengekang penebangan hutan.

Kami belum dapat mengidentifikasi kontribusi relatif dari masing-masing kebijakan yang diimplementasikan tersebut. Dengan tingkat rincian rangkaian data yang diberikan, kami saat ini tidak dapat mengevaluasi dampak langkah-langkah kebijakan individual. Penelitian lebih jauh akan memungkinkan kami untuk mengidentifikasi mekanisme dan kebijakan spesifik mana yang lebih efektif dalam memberantas penebangan hutan. Sepanjang tahun yang akan datang, kami bermaksud untuk menginvestigasi efek ketiga perubahan kebijakan utama tersebut: penguatan operasi komando dan kendali pasca-2004, percepatan pembuatan wilayah yang dilindungi pada pertengahan 2000-an, dan penerapan kebijakan kredit daerah pinggiran bersyarat pada 2008.

Tujuan kami dengan proyek ini adalah untuk memberikan analisis kuantitatif yang setepat-tepatnya untuk membantu Brasil memelihara, memulihkan, dan meningkatkan keefektifan kebijakan konservasinya.

## Ucapan Terima Kasih

Ana Carolina Ribeiro, Luiz Felipe Brandão, Pedro Pessoa dan Ricardo Dahis yang menyediakan bantuan penelitian yang luar biasa.

Kami sangat berterima kasih pada David Nelson, Ruby Barcklay, Anne Montgomery, dan partisipan di pertemuan ANPEC 2011, untuk komentar-komentarnya yang membantu.

## Daftar Pustaka

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Synthesis Report*, Intergovernmental Panel on Climate Change. New York: Cambridge University Press.

Ministério de Ciência e Tecnologia (2010). *Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas por Fontes e Remoções por Sumidouros de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal*. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia.

MMA (2011). *Ratificação da Estimativa de Redução de Emissões de CO<sub>2</sub> pelo Desflorestamento na Amazônia Legal com Base no PRODES 2010*. Nota Técnica 22/2011 DPCD/SECEX. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.

## Lampiran : Metodologi

### Sumber Data

Analisis kami didasarkan pada rangkaian data panel kotamadya per tahun yang mencakup periode tahun 2002 hingga 2009. Sampel mengikutsertakan 380 kotamadya yang berlokasi di negara bagian Legal Amazon yaitu Amazonas, Mato Grosso, Pará, dan Rondônia. Pemilihan ini merujuk pada empat negara bagian yang memiliki sedikitnya satu kotamadya yang diklasifikasikan sebagai kotamadya prioritas di Kementerian Ordonansi Lingkungan Hidup (Ministry of Environmental Ordinance) 28/2008. Lebih

jauh lagi terbatas pada kotamadya dengan variasi tutupan hutan selama periode tersebut.

Data tentang penebangan hutan dibangun dari gambar berbasis satelit dari Proyek untuk Pemantauan Penebangan Hutan di Legal Amazon INPE (INPE/PRODES). Penebangan hutan didefinisikan sebagai peningkatan penebangan hutan tahunan, yang dinormalisasikan pada tingkat kotamadya. Kami membuat rangkaian harga hasil bumi pada tingkat kotamadya dalam dua tahap. Pertama, kami menginteraksikan harga agrikultural tahunan (data berasal dari Sekretariat Agrikultur dan Suplai negara bagian Paraná, SEAB-PR, untuk harga kacang kedelai, jagung, beras, tebu, dan singkong yang dihasilkan di Brasil selatan) dan bagian area kotamadya yang digunakan sebagai lahan pertanian untuk masing-masing hasil bumi di setiap kotamadya sampel yang dirata-ratakan sepanjang periode tahun 2000 hingga 2001. Jangka waktu tersebut menangkap pentingnya masing-masing tanaman secara relatif dalam produksi agrikultural tiap kotamadya di tahun-tahun tepat sebelum periode sampel. Kedua, kami menggunakan analisis komponen utama untuk meringkas variasi harga lima tanaman dan dengan demikian mengambil suatu indeks sintetis harga tanaman. Kami mendapatkan harga ternak secara analog, dengan menggunakan interaksi antara rangkaian harga ternak dan jumlah kawanan ternak di tiap kotamadya sampel dirata-ratakan sepanjang periode tahun 2000 sampai 2001.

Menurut kerangka kerja konseptual kami, kebijakan konservasi sebaiknya mengikat tiap kali ukuran lahan pertanian optimal melebihi lahan kepemilikan petani. Dengan demikian, kebijakan tersebut harus secara khusus efektif di wilayah di mana pembatasan lahan diperketat.

Dari hasil yang diberikan ini, kami menu-runkan variabel kebijakan berdasarkan pada

interaksi antara: (i) titik balik kebijakan tahun 2004 dan 2008, dilambangkan oleh variable contoh yang menunjukkan salah satunya atau; dan (ii) sebuah keputusan untuk penyempitan pembatasan lahan di tingkat kotamadya, yang memperkenalkan variasi lintas-bagian ke dalam variabel kebijakan kami. Kami mengeksplorasi kedua variabel proksi alternatif untuk penyempitan. Proksi pertama menggunakan data dari Sensus Agrikultural 2006 untuk mengukur lahan yang tidak tersedia di luar kepemilikan lahan relatif terhadap luas total masing-masing kotamadya. Proksi kedua, digunakan dalam pemeriksaan keseragaman, yaitu peningkatan penebangan hutan tahunan ternormalisasi untuk masing-masing kotamadya di tahun 2004, yang diikuti oleh puncak harga komoditas agrikultural di tahun 2003. Proksi ini menangkap bagaimana mengikatnya pembatasan lahan dalam periode tekanan tinggi di area hutan.

### Tinjauan dari Strategi Empiris

Untuk memeriksa peran yang dimainkan oleh kebijakan konservasi dalam penurunan penebangan hutan Amazon, kami menggunakan spesifikasi dampak tetap kotamadya berikut ini:

$$D_{it} = \alpha_i + \phi_t + \beta_1 M_{it} + \beta_2 P_{i,t-1} + \beta_3 (Tight_i * Post2004) + \beta_4 (Tight_i * Post2008) + \epsilon_{it}$$

di mana  $D_{it}$  dinyatakan sebagai peningkatan penebangan hutan ternormalisasi di kotamadya  $i$  di antara periode waktu 1 Agustus di tahun  $t - 1$  hingga 31 Juli tahun  $t$ . Dua istilah pertama pada sisi kanan tersebut merupakan kotamadya dan dampak tetap tahun yang mengendalikan karakteristik kotamadya tetap yang tidak dapat diamati dan tren waktu yang umum, secara berurutan. Dalam rangka memperkuat kendali untuk tren waktu kotamadya tertentu, kami memperkenalkan tren waktu terpisah untuk masing-masing kotamadya dalam sampel,  $M_{it}$ . Istilah  $P_{i,t-1}$  menyertakan nilai yang tertinggal untuk indeks tahunan harga hasil bumi dan indeks harga ternak.

Kami menggunakan indeks harga yang tertinggal untuk menghitung pengaturan waktu produksi agrikultural di Legal Amazon. Kami mengasumsikan bahwa, agar dapat memaksimalkan keuntungan di akhir musim yang mereka harapkan, petani menggunakan harga yang diamati selama bulan-bulan awal dari tahun  $t-1$  untuk memutuskan ukuran area yang akan ditabur dan ditanai dari pertengahan  $t-1$  dan selanjutnya. Harga-harga di tahun  $t-1$  dengan demikian harus dihubungkan dengan penggundulan hutan antara bulan Agustus dari tahun  $t-1$  hingga bulan Juli dari tahun  $t$ . Kami menyertakan indeks harga ternak yang dihitung untuk enam bulan pertama tahun  $t$  sebagai kendali tambahan untuk menghitung siklus peternakan ternak yang potensial tersebut.

Mengingat  $P_{i,t-1}$  adalah berdasarkan dari interaksi antara tren harga penggunaan lahan pertanian kotamadya sebelum tahun 2002, koefisien  $\beta_2$  menangkap efek eksogen dari variasi indeks harga terhadap peningkatan penebangan hutan kotamadya tersebut selama periode tahun 2002 hingga 2009. Variabel kebijakan  $Tight_i * Post2004$  dan  $Tight_i * Post2008$  menyerap variasi dalam-kotamadya yang tersisa dalam peningkatan penebangan hutan antara tahun-tahun sebelum 2004 (atau 2008) dan tahun-tahun sesudahnya. Kami memungkinkan efek kebijakan tersebut menjadi heterogen pada proksi kami untuk penyempitan pembatasan lahan karena model konseptual kami menyarankan agar kebijakan konservasi hanya akan memberikan efek ketika pembatasan lahan tersebut mengikat. Dalam spesifikasi yang lebih lengkap kami juga menambahkan interaksi antara variabel harga dan kebijakan.

Model tersebut mengandalkan pada hipotesis identifikasi bahwa  $\beta_3$  dan  $\beta_4$  menangkap efek peningkatan dalam pengetatan kebijakan terhadap penebangan hutan ketika harga komoditas agrikultural dan tren waktu kotamadya telah terkendali. Variasi yang diamati dalam  $Tight_i$  di seluruh kotamadya

memberi kami garis dasar yang kurang lebih cenderung untuk merespons terhadap variasi dalam penetapan kebijakan konservasi dari tahun 2004 ataupun 2008 hingga seterusnya. Secara formal, model tersebut menguji apakah, setelah titik balik kebijakan tahun 2004 dan 2008 tersebut, penebangan hutan telah menurun relatif lebih banyak di kotamadya-kotamadya di mana pembatasan lahan diperketat, dengan persyaratan tidak hanya pada tren harga komoditas agrikultural di tingkat kotamadya, tetapi juga pada tren waktu spesifik kotamadya.

Akhirnya, kami menggunakan simulasi kontrafaktual untuk mengukur kontribusi kebijakan konservasi terhadap penurunan penebangan hutan di Legal Amazon selama tahun 2000-an dalam hal penggundulan hutan yang dapat dihindarkan dan kehilangan penyimpanan karbon yang dapat dihindarkan. Pertama, kami memperkirakan spesifikasi garis dasar yang digambarkan di atas dan menyimpan koefisien tersebut. Kedua, kami menghitung ulang nilai yang diprediksi untuk variabel dependen  $D_{it}$  apabila rangkaian kebijakan konservasi yang diterapkan di permulaan 2004 dan 2008 belum diadopsi. Yaitu, kami menggunakan koefisien yang diperkirakan untuk memprediksi peningkatan penebangan hutan jika nilai  $Tight_i * Post2004$  dan  $Tight_i * Post2008$  adalah sama dengan nol. Perbedaan antara tren penebangan hutan yang diamati dan tren kontrafaktual memberikan jumlah penebangan hutan (atau kehilangan penyimpanan karbon) yang terhindarkan yang dapat dimasukkan sebagai hasil dari kebijakan tersebut..