

# Pengendalian Nitrosamin dan Diversifikasi Bahan Bakar Pada Pengovenan Tembakau Virginia

SAMSURI TIRTOSASTRO

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat  
*Indonesian Tobacco and Fiber Research Institute*

## RINGKASAN

Luas tanaman tembakau Virginia di Indonesia setiap tahun (1996-2000) mencapai 40 133 ha dengan produksi 41 680 ton. Sedangkan kebutuhan tembakau ini untuk konsumsi sebesar 51 723 ton dan masih memerlukan 35 375 ton dari Negara lain senilai US\$ 67 536 089 tiap tahun. Pengolahan daun tembakau Virginia menjadi daun tembakau kering atau krosok fc (flue-cured) menggunakan bangunan oven dan minyak tanah sebagai bahan bakar utama. Sesuai kebijaksanaan energi nasional, yang menetapkan minyak tanah hanya sebagai sumber energi petani di pedesaan, telah dilakukan penelitian diversifikasi bahan bakar lain sebagai pengganti minyak tanah.

Nitrosamin (tobacco specific nitrosamin-TSNA) adalah bahan karsinogenik pada daun tembakau selain terdapat pada bahan makanan lain. Komponen ini terbentuk selama pengovenan dan tidak terdapat pada daun tembakau segar yang baru dipetik. Saat ini telah diketahui terdapat lima macam nitrosamin pada daun tembakau masing-masing NNN (N-nitrosonorikotine), NAB (nitrosoanabasine), NNK (4-methylnitrosamino-1-(3-pyridyl)-1-butanone), NATB (nitrosoanatabine) and NNA (4-methylnitrosamino-4-(3-pyridyl)-1-butanal). Nitrosamin merupakan hasil reaksi antara nitrit dan alkaloid pada daun tembakau. Nitrit terbentuk melalui dua cara, pertama, sebagai hasil degradasi mikrobia anaerobik terhadap senyawa nitrat daun untuk menghasilkan energi dan sisa nitrit. Kedua, nitrit merupakan residu pembakaran bahan bakar minyak, gas, dan juga biomasa yang menempel pada permukaan daun tembakau.

Sesuai dengan cara pembentukan nitrit pada daun tembakau, pembentukan nitrosamin dapat diturunkan dengan sistem pemanasan udara ruang oven secara tidak langsung. Tetapi cara ini akan meningkatkan konsumsi bahan bakar 1-2 kali lebih besar dan diikuti peningkatan biaya produksi. Minyak tanah sendiri menunjukkan harga yang selalu meningkat, Rp 300,- pada tahun 2000, Rp 6000,- pada tahun 2002 dan diperkirakan akan meningkat lagi pada tahun-tahun mendatang. Penggunaan analisis simulasi dengan skenario harga minyak tanah Rp 800,-/l dan konsumsi minyak tanah 1.5-3.0 l/kg krosok menghasilkan titik impas jika petani memperoleh harga rata-rata Rp 11 260 sampai dengan Rp 12 550/kg krosok. Paket teknologi untuk diversifikasi bahan bakar yang telah tersedia seperti penggunaan minyak solar, LPG, energi surya dan batubara masih belum kompetitif dibandingkan minyak tanah selama minyak tanah masih memperoleh subsidi yang tinggi dari pemerintah.

Kata kunci : *Nicotiana tabacum*, virginia, nitrosamine, diversifikasi, bahan bakar.

## ABSTRACT

### *Nitrosamin control and fuel diversification on virginia tobacco curing Indonesian Tobacco and Fiber Crops Research Institute*

Indonesian virginia tobacco area reach 40 133 ha with 41 680 ton production each year (1996-2000). Consumption of this tobacco in the same period 51 723 ton and still needed 35 375 ton from another country, by US\$ 67 536 value each year. Virginia tobacco leaves curing become a flue-cured (fc) tobacco using cring-barn building and kerosene as a main source energy. Suitable with the national energy policy, that the kerosene fuel only as farmers energy source in the village, has been studied on diversification energy as kerosene substitute.

Nitrosamine (tobacco specific nitrosamine-TSNA) is the carcinogenic-agent on tobacco leaves and it is also found on another food. This compound is formed during five kinds of nitrosamine, NNN (N-nitrosonorikotine), NAB (nitrosoanabasine), NNK (4-methylnitrosamino-1-(3-pyridyl)-1-butanone), NATB (nitrosoanatabine) and NNA (4-(methylnitrosamino)-4-(3-pyridyl)-1-butanal), respectively. Nitrosamine is the result of the nitrite and alkaloid reaction on tobacco leaves. Nitrite is formed through two methods, first, as the result of the anaerobic microbial action to the nitrate degradation burning resulting the respiration energy and nitrite as an excess. Second, nitrite was the burning residual of oil fuel, gas fuel or biomass fuel which stucked on the face of the leaves.

Suitable with the nitrite formation on the leaves the nitrosamine formation could be decrease by indirect air heating system of the curing-barn space. But this method should be increased the fuel consumption 1-2 times, and followed by the increase of the production cost of the virginia tobacco farming system. The kerosene fuel as a first energy sources of the virginia tobacco curing showed the rising price, by Rp 300/l on 2000 to Rp 6000/l on 2002 and estimated would be raised again next year. Using the simulation analysis by some scenario kerosene price showed that if kerosene price Rp 800/l and the fuel consumption 1.5-3.0 l/kg cured leaves, resulting the break even point if the farmers got the average price Rp 11 260 to Rp 12 550 /kg cured leaves. The technological package for diversification to another sources suitable with national energy policy has been prepared but using those source energy like diesel oil, LPG, solar energy policy and coal, could not be competitive compared to kerosene, if the last fuel is still highly subsidized from the government.

Keywords : *Nicotiana tabacum*, Virginia, nitrosamine, diversification, fuel

## PENDAHULUAN

Luas tanaman tembakau Virginia pada periode 1999-2000 di Indonesia mencapai 40.133 ha dengan produksi 41 680 ton setiap tahun (Direktorat Tanaman Semusim, 2001). Kebutuhan tembakau Virginia untuk memenuhi kebutuhan industri rokok dalam negeri pada tahun yang sama mencapai 51 723 ton/ha (Rahman, 2001) dan ditambah impor 35 375 setara krosok dengan nilai US\$ 67.536.089 (Lembaga Tembakau, 2000). Impor tembakau Virginia terutama dari Brazil, Zimbabwe, Amerika Serikat, RRC, dan lain-lain. Usaha peningkatan produksi tembakau Virginia telah dilakukan melalui program intensifikasi dan telah berhasil meningkatkan produktivitas dari 1.0 ton pada tahun 1994 menjadi 2.0-2.5 ton pada tahun 1998 (Cockburn, 1999; Setiobudi, 2001), antara lain melalui cara penggunaan varietas unggul, bibit mutu tinggi, teknik budidaya yang sesuai, cara panen dan pengolahan yang tepat, penyediaan pasar transparan, transfer teknologi secara efisien, serta pembentukan sistem agribisnis yang mantap terutama kaitan antara petani dan pengelola.

Permasalahan komoditas tembakau Virginia di masa depan adalah meningkatkan efisiensi, melalui usaha peningkatan produktivitas, mutu dan cara penyajiannya dalam transaksi, melalui perdagangan, keseimbangan permintaan dan penawaran, rasionalisasi penggunaan bahan bakar yang terkait dengan kebijaksanaan energi nasional dan isue TSNA (tobacco specific nitrosamine). TSNA adalah senyawa karsinogenik pada asam rokok (David and Nielsen, 2000) yang pembentukannya terkait dengan limbah pembakaran biomasa dan bahan bakar minyak sebagai sumber energi pengoven serta adanya kegiatan mikroba selama pengovenan (Anonymous, 2002; Universal, 2000).

Rokok merupakan komoditas kontroversial. Pada satu sisi memberikan kenikmatan dan dampak psikologis yang positif bagi yang menyukainya. Keberadaan industri rokok memberikan pengaruh besar terhadap peningkatan pendapatan petani tembakau dan cengkeh, penerimaan pajak dan cukai, penyerapan tenaga kerja petani jasa dan dampak ganda (*multiplier-effect*) yang cukup besar. Berkembangnya industri kecil seperti kompor, pipa pindah panas (*heat-exchanger*) dan sistem pemanas dan lain-lain, serta kerajinan besek, tikar, keranjang

tali, dan lain-lain merupakan contoh dampak ganda adanya industri rokok. Pada sisi lain merokok memberi dampak negatif terhadap kesehatan perokok dan orang yang berada di sekitarnya. Hal ini akibat adanya komponen tar yang merupakan endapan asap rokok, nikotin, gas CO dan lain-lain (Voges, 2000). Beberapa penyakit yang disebabkan oleh asap rokok antara lain peradangan dan perubahan pada paru, penyakit jantung dan kanker di paru, bibir, lidah, mulut, tenggorokan, esophagus, dan buli-buli (Asmino dan Roem-Soedoko, 1987). Keberadaan TSNA pada krosok akan terkait dengan jenis bahan bakar yang digunakan.

Makalah ini membahas usaha diversifikasi bahan bakar minyak tanah dengan bahan baker yang lain sesuai dengan kebijaksanaan energi nasional, serta keterkaitannya dengan usaha pengendalian TSNA. Jenis bahan bakar dipilih yang cukup prospektif dan digunakan sistem pemanasan tidak langsung (*indirect-heating*) serta dilengkapi dengan tinjauan dari aspek ekonomi. Bahan tulisan diambil dari hasil penelitian yang selama ini telah dilakukan dan informasi terakhir dari beberapa tulisan ilmiah serta pendapatan beberapa pabrikan dalam rangka persiapan usaha pengendalian TSNA.

## BAHAYA ROKOK

Asap adalah bentuk aerosol dari dispersi partikel padat di dalam gas (Voges, 2000). Menurut Dube and Green dalam Davis and Nielsen (1999) komponen kimia asap terdiri atas 75,9% udara, 19,6% bahan fase uap dan 4,5% bahan fase endapan atau TPM (*total particulate matter*). Jika pembakaran berlangsung sempurna jumlah bahan kimia yang dihasilkan dapat mencapai 4 800 jenis dan dari jenis-jenis bahan kimia tersebut sebagian besar adalah kelompok TPM. Jumlah komponen kimia tersebut akan menurun sesuai dengan tingginya suhu pembakaran dan tersedianya oksigen. TPM berasal dari hasil pirolisis komponen yang ada pada tembakau seperti pigmen, alkaloid, terpenoid, lilin, asam karbonat, fenol, sterol, hidrokarbon aromatik, nitrogen aromatik, termasuk TSNA dan lain-lain (Voges, 2000). Komponen utama TPM adalah alkan, terpenoid, fenol, ester-ester, nikotin dan alkaloid yang lain, alkohol, karbanil, asam organik, pigmen dan lain-

lain (Davis and Nielsen, 1999). Tar adalah TPM setelah dikurangi bagian air dan bagian nikotinnya (Vogen, 2000). Tar, nikotin dan gas CO asap merupakan bahan berbahaya bagi kesehatan (Aditama, 1992; Voges, 2000) dan jumlahnya masing-masing mencapai 3.4%, 0.3% dan 4% dari fraksi berat (Davis and Nielsen, 1999). Tar sebagai komponen karsinogenik sedangkan gas CO dapat mengikat hemoglobin darah. Nikotin merupakan senyawa adiktif yang menyebabkan ketagihan pada rokok.

Peraturan Pemerintah No.38 tahun 2000 (PP 38/2000) tentang Pengamanan Rokok Bagi Kesehatan merupakan usaha mengurangi pengaruh rokok terhadap kesehatan. Pada PP 38/2000 tersebut ditetapkan bahwa pada setiap batang rokok maksimal hanya mengandung 20 mg tar dan 1.5 mg nikotin dan peraturan ini efektif berlaku 7 tahun mendatang untuk rokok kretek filter dan 10 tahun mendatang untuk rokok kretek tangan. Usaha yang lain seperti pembatasan iklan berlebihan, promosi dan lain-lain juga dilakukan. Pemerintah Daerah Propinsi Jawa Timur berpendapat masih ada peluang *merokok tetapi sehat* dengan cara mengkonsumsi rokok dalam jumlah tidak berlebihan, merokok pada tempat yang benar dan merokok setelah dewasa (Anonymous, 1995). Sehingga peluang komoditas tembakau sebagai salah satu andalan sektor ekonomi masyarakat masih tetap berlangsung.

Usaha menekan kandungan tar dan nikotin asap dapat dilakukan dengan pemasangan filter yang mempunyai kemampuan menyaring bahan-bahan TPM asap rokok, penggunaan kertas pembungkus yang diberi perforasi sehingga asap yang diisap menjadi encer dan penggunaan tembakau berkadar nikotin rendah. Pada rokok-rokok tanpa filter seperti SKT kertas dan SKT klobot, semua komponen asap akan masuk ke dalam tubuh. Dikendalikan sehingga pengaruh terhadap kesehatan tidak sebesar kalau tidak dipasang

filter. Namun demikian rokok mana yang dipilih tetap ditentukan oleh selera perokok. PT. Pura Nusantara (2000) memproduksi kertas CTP (*cigarette typing paper*) yaitu kertas pembungkus rokok yang diberi perforasi mikro dan mampu menurunkan tar dari 28.5 mg/batang menjadi 18.6 mg/batang dan nikotin dari 1.91 mg/batang menjadi 1.31 mg/batang. Kertas rokok ini dapat dipakai pada rokok filter maupun tanpa filter. Kemajuan teknologi industri rokok nampaknya mampu memenuhi ketentuan PP 38/2000 tersebut meskipun harus dengan tambahan investasi.

#### TOBACCO SPECIFIC NITROSAMINES (TSNA)

Nitrosamin adalah senyawa organik dimana N-Nitroso (NNO) terikat pada group alkyl atau aryl seperti  $(C_6H_5)_2NHO$  dan beberapa di antaranya mempunyai sifat karsinogenik (Hawley, 1977). Senyawa ini sudah lama dikenal berada dalam air dan beberapa jenis makanan tertentu (Universal, 2000). Sifat karsinogenik TSNA pada tembakau pertama kali dilaporkan pada tahun 1985 oleh Hoffman, *et al.*, dalam Chamberlain and Chortyk (1992). Hecht, *et al.*, (1985) menunjukkan mekanisme pembentukan TSNA di dalam daun tembakau, Tabel 1 menunjukkan jenis TSNA yang ada pada daun tembakau dan prekursor alkaloid yang diperlukan. Nitrosamin terdapat pada daun tembakau yang sudah diolah dan tidak terdapat pada daun segar yang baru dipetik (Davis and Nielsen, 1999; Universal, 2000; Maksimovics, 2001) dan juga terdapat pada asap rokok (Spiegelhalder, *et al.* 1989; Fiher and Spiegelhalder, 1999). Separuh dari TSNA nornikotin (NNNN : nitorsonornikotin) asap rokok berasal dari tembakau dan separuhnya lagi terbentuk saat proses perokokan berlangsung (Chamberlain and Chortyk, 1992).

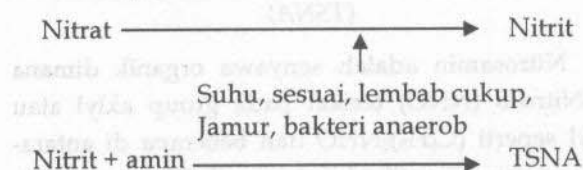
TSNA pada tembakau terbentuk akibat reaksi antara nitrit dan senyawa alkaloid tertentu yang

Tabel 1. Jenis TSNA dan prekusornya

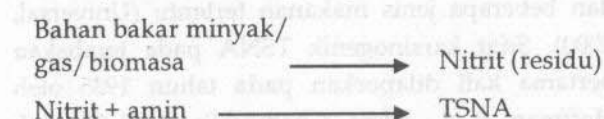
Nama kimia	Prekursor Alkaloid	Pustaka
NNN : N-nitrosornikotine	Nornicotine	Spiegelbarder <i>et al.</i> , 1989.
NNK : 4-methylnitrosamino-1-(3-pyridyl)-1-butanone	Nicotine	Spiegelbarder <i>et al.</i> , 1989
NNA-4-(methylnitrosamino)-4-(3-pyridyl)-1-butanal	Nicotine	Link, 2000
NAB : N-nitrosoanabasine	Anabasine	Spiegelbarder <i>et al.</i> , 1989
NAT : N-nitrosoanatabine	Anatabine	Spiegelbarber <i>et al.</i> , 1989

ada pada daun tembakau. Nitrit dapat terbentuk karena reaksi mikrobiologis oleh jamur atau bakteri anaerob pada awal pengovenan atau dapat berasal dari residu bahan bakar minyak, gas atau biomassa (Universal, 2000; Maksimovics, 2001). Pada daun hijau yang baru dipetik tidak diketemukan adanya indikasi TSNA dan hanya terdapat pada daun kering. Hal ini dapat terjadi karena nitrit baru terbentuk selama pengolahan. Mekanisme pembentukan nitrit dapat disampaikan seperti pada Gambar 2 (Universal, 2000; Anonymous, 2002).

#### Akibat kegiatan mikrobia



#### Akibat pemanasan langsung



Gambar 2. Reaksi pembentukan TSNA

Mikroba-mikroba tersebut di atas akan berkembang sebelum kiuring (*curing*) dan selama kiuring jika kondisi lingkungan cukup mendukung. Kelompok mikrobia ini menggunakan nitrat untuk menghasilkan energi dengan memecah nitrat menjadi nitrit. Mikrobia tersebut akan tumbuh subur pada kondisi hangat dengan kelembaban yang tinggi, misalnya akibat keterlambatan membuka ventilasi oven sehingga lembab tertahan di dalamnya (Universal, 2000). Selanjutnya nitrit akan bereaksi dengan alkaloid yang ada pada daun tembakau dan menghasilkan TSNA.

Sisa pembakaran minyak tanah akan meninggalkan residu nitrit pada permukaan daun tembakau. Residu nitrit seperti halnya dari hasil respirasi mikrobia di atas juga dapat bereaksi dengan bagian amin dari alkaloid dan membentuk TSNA. Bahan bakar lain seperti LPG (*Liquid Petroleum Gas*) maupun biomasa seperti kayu dan sekam dapat menghasilkan nitrit jika pemanasan udara ruang oven dilakukan secara langsung.

Chamberlain and Chortyk (1992) meneliti pengaruh pengolahan *flue-curing* dan *air-curing*

terhadap pembentukan TSNA pada lamina daun dan gagang daun. Pada *flue-curing* (Hawks, 1975; Wanrooy, 1951) yaitu pengolahan dengan udara panas buatan seperti pada pengovenan tembakau virginia menjadi krosok dc diawali dengan memberikan suhu tinggi (38-40°C) dan kelembaban tinggi (80-95%). Sedangkan pada pengolahan *air-curing* (Akehurt, 1982) yaitu pengolahan yang hanya diangin-anginkan seperti yang dilakukan pada tembakau burley, sejak awal sampai akhir mengikuti kondisi lingkungan (20-30°C) dengan kelembaban hanya 50-60%. Pada *flue-curing* pengolahan hanya memerlukan waktu 4-5 hari dan suhu makin lama makin tinggi (40-70°C) dan kelembagaan makin menurun (95-10%) sehingga pengeringan berlangsung cepat. Sedangkan pada pengolahan *air-curing* perlu waktu 20-30 hari kelembaban hanya sedikit menurun sedangkan suhu menyesuaikan dengan suhu kamar.

Hasil percobaan tersebut di atas menunjukkan kandungan TSNA yang berbeda (Tabel 2) masing-masing 9.30 µg/g untuk bagian lamina dengan pengolahan *flue-curing* dan 4.18 µg/g untuk lamina dengan pengolahan *air-curing* untuk daun tembakau yang sama. Sedangkan untuk bagian gagang dengan kedua cara pengolahan tersebut masing-masing 1.13 µg/g dan 6.95 µg/g (Tabel 2). Hasil yang bertolak belakang ini kemungkinan akibat pengolahan *flue-curing* yang memberikan suhu tinggi (38-40°C) pada saat kandungan air daun masih tinggi yang mengakibatkan reaksi perombakan nitrat menjadi nitrit berlangsung cepat dan diikuti pembentukan TSNA. Pada suhu 38-40°C nampaknya memerlukan waktu lama untuk meningkatkan suhu di dalam gagang daun pada pengolahan *flue-curing*. Hal ini akibat fisik gagang daun yang tebal dan kandungan selulosanya yang tinggi sehingga nitrit dan kemudian TSNA yang terbentuk relatif rendah. Pada pengolahan *air-curing* reaksi pembentukan TSNA pada lamina daun rendah karena hanya berlangsung pada suhu kamar. Namun demikian pada bagian gagang karena pengolahan berlangsung sangat lama maka peluang pembentukan TSNA cukup besar (Tabel 2). Hal ini akibat bagian gagang lebih lambat dalam membebaskan air dibanding bagian lamina. Pada suhu tinggi saat kandungan air daun masih tinggi mempunyai peranan cukup besar terhadap pembentukan TSNA.

Tabel 2. Pengaruh cara pengolahan terhadap kandungan TSNA krosok

Bagian daun	Pengolahan	N	Rata-rata dan total kandungan TSNA ( $\mu\text{g}$ )				
			NNN	NAB	NATB	NNK	Total
Lamina	<i>Air-curing</i>	32	0.27	0.15	3.47	0.21	4.18
Lamina	<i>Flue-curing</i>	32	1.81	0.66	4.05	2.77	9.30
Gagang	<i>Air-curing</i>	32	1.53	0.20	4.51	0.69	6.95
Gagang	<i>Flue-curing</i>	32	0.12	0.18	0.52	0.29	1.13

Sumber : Chamberlain dan Chortyk (1992), N = jumlah sample

Beberapa industri rokok di luar negeri nampaknya sudah mulai berusaha mengendalikan TSNA selain tar, nikotin dan gas CO (Anonymous, 2002). Pabrik rokok Star di Amerika Serikat memproduksi rokok putih merk Advance yang menggunakan filter campuran asetat dan arang aktif yang mempunyai kemampuan mengurangi bahan berbahaya termasuk TSNA dalam fase uap seperti yang terjadi pada perokokan tembakau (Link, 2000). Cara pengolahan tembakau juga diperbaiki sehingga diperoleh krosok dengan kandungan TSNA tidak terdeteksi lagi. Usaha serupa juga telah dilakukan beberapa perusahaan rokok di dalam negeri khususnya penggunaan sistem pemanas tidak langsung pada pengovenan tembakau virginia. Demikian juga petani tembakau Virginia di Amerika Serikat yang masih menggunakan oven biasa sudah diminta untuk segera mengganti pipa pindah panas yang bocor atau rusak dengan pipa pindah panas yang rapat sehingga tidak terjadi pembentukan TSNA pada krosok (Anonymous, 2002). Tembakau Besuki NO, Vorstenland, Deli dan asepan Boyolali (Tirtosastro *et al.*, 1977) semua menggunakan pengolahan dengan pemanasan langsung dengan bahan bakar biomassa seperti kayu, sekam, ampas tebu, dan lain-lain. Status TSNA pada tembakau tersebut perlu segera diteliti karena jenis-jenis tembakau tersebut seluruhnya diekspor dan luasnya (1996-2000) mencapai 14 123 ha/ha dengan produksi 15 798 ton/th dan nilai ekspor US\$ 80,260/th (Direktur Tanaman Semusim, 2001).

#### PENGOVENAN TEMBAKAU VIRGINIA

Pengovenan adalah kegiatan mengolah daun tembakau virginia berdasar proses kiuring (*curing*) dan dilakukan didalam oven dengan bahan bakar minyak tanah (kerosene), kayu atau bahan bakar yang lain. Secara sederhana Hall (1972) menyatakan yang diolah dengan mengontrol

kondisi lingkungan terutama suhu dan kelembaban udara. Kiuring adalah pengeringan bertahap, dengan cara mengatursuhu dan kelembagaan udara di dalam ruangoven agar di dalam daun terjadi perubahan fisiologis seperti yang diinginkan sebelum daun tembakau dikeringkan secara sempurna. Kiuring pada dasarnya mengikuti dua tahap kegiatan pokok sebagai berikut (Wilson, 1987) :

1. Mengatur suhu dan kelembagaan udara ruang oven yang sesuai sehingga terjadi proses biokimi di dalam daun seperti yang diinginkan.
2. Mempertahankan potensi mutu yang terbentuk di dalam daun akibat perubahan biokomia tersebut di atas dengan cara menaikkan suhu sehingga reaksi tersebut terhenti.

Ukuran oven pada umumnya mempunyai panjang 4-6m, lebar 4-6m dan tinggi 7m dengan kapasitas 2-4 ton daun tembakau. Sistem pemanas terdiri atas tiga komponen masing-masing tungku untuk meletakkan kompor yang membakar bahan minyak tanah, saluran pipa pindah panas (*heat exchanger*) di lantai oven serta cerobong untuk membuang sisa pembakaran. Pada awal penanaman tembakau virginia di Indonesia banyak digunakan bahan bakar kayu (Wanrooy, 1951) untuk pengovenan sehingga ukuran tungku (*furnace*) lebih besar dan pemanasan ruang secara tidak langsung (*indirect-heating*) dengan pipa pindah panas yang dibuat rapat dan cerobong mencapai ketinggian 7m untuk menghindari kebakaran dan pengotoran krosok akibat asap yang masuk ruangan. Sejak tahun tujuh puluhan pemerintah berusaha menekan pengurangan bahan bakar kayu dan menggantikan dengan bahan bakarminyak tanah (Tirtosastro dan Isdijoso, 1976; Tirtosastro, 1977; Tirtosastro dan Darmono, 1983) dengan maksud menjaga kelestarian hutan yang kayunya banyak digunakan sebagai bahan bakar pengovenan tembakau. Selain itu juga dilakukan

usaha-usaha perbaikan sistem pengovenan missalnya dengan penggunaan sistem Hawks untuk menggantikan sistem Wanrooy (Wanrooy, 1951) yang sudah lama dipakai (Tirtosastro *et al.*, 1979). Pada usaha diversifikasi dari kayu ke minyak tanah ini sudah digunakan pemanasan langsung dengan membuat lubang-lubang pada pipa pindah panas sehingga cerobong tidak diperlukan lagi. Pada tahun delapan-puluhan pengovenan tembakau virginia hampir seluruhnya sudah menggunakan bahan bakar minyak tanah dengan pemanasan langsung dan hanya kecil saja yang masih menggunakan bahan bakar kayu atau arang.

## KEBIJAKSANAAN ENERGI NASIONAL DAN IMPLIKASINYA TERHADAP PENGENDALIAN TSNA

### Kebijakan Energi Nasional

Kebijakan energi nasional menetapkan konservasi, diversifikasi dan indeksasi terhadap sumber energi minyak bumi agar energi ini banyak diperbanyak untuk pembangunan (Soebroto, 1978). Realisasi dari kebijakan tersebut antara lain ditetapkannya sumber energi untuk industri, angkutan darat dan perkapalan adalah minyak solar, minyak bakar, minyak diesel dan minyak residu (Anonymous, 1977; Anonymous, 1997). Bahan bakar minyak tanah disiapkan untuk petani di pedesaan agar penggunaan kayu bakar dari hutan dapat ditekan disiapkan untuk itu penjualan minyak tanah diberikan subsidi yang tinggi. Pada tahun 1998 dengan biaya pokok bahan bakar minyak (BBM) sebesar US\$ 0.11/l (Pertamina, 1998) dan sesuai Keppres No. 10, tahun 1999 (Keppres 10/1999), tentang ketetapan harga bahan bakar minyak, harga minyak tanah ditetapkan Rp 280/l berarti jika 1 US\$ = Rp 9 000 harga minyak tanah menerima subsidi Rp 710/l atau hanya dijual 28.28% dari harga sebenarnya (Tirtosastro *et al.*, 1999). Energi alternatif lain yang bisa digunakan untuk industri adalah energi alam seperti energi air, angin atau surya serta energi yang melimpah seperti batubara dan energi terbaru seperti biomasa dan lain-lain. Energi tersebut nampaknya akan menjadi energi prospektif di masa datang.

Pengovenan tembakau virginia dengan bahan bakar minyak tanah umumnya menggunakan kompor bros karena murah harganya, mudah

dikendalikan dan sederhana (Tirtosastro, 1998). Kompor brander atau kompor tahu, kompor smith, buckeye, atau miyahara (Tirtosastro, 1998; Tirtosastro *et al.*, 1983) tidak banyak dipakai lagi karena berbagai alasan antara lain harga kompor yang mahal, suhu kurang tanggap (*responsive*), sulit dikendalikan suhu kurang merata dan lain-lain. Kompor smith meskipun efisien, 1.29 l/kg krosok (Tirtosastro, *et al.*, (1983), tetapi suhu malam hari hanya mencapai 55-60°C dan lebih rendah lagi jika hujan pada malam hari. Pengovenan dengan kompor bros dengan pemanasan secara langsung memerlukan bahan bakar minyak tanah 1.0-1.5 l/kg krosok (Anonymous, 2000). Sedangkan pada pengovenan dengan pemanasan tidak langsung diperkirakan memerlukan minyak tanah 1.5-2.5 l/kg krosok.

Jika produksi tembakau virginia 1996-2000 mencapai 41 680 ton/th (Direktorat Tanaman Semusim, 2001) dan dari jumlah ini 30 000 ton diolah menjadi krosok serta 1 kg krosok memerlukan 1.5 liter minyak tanah maka diperlukan 45 juta liter minyak tanah tiap tahun. Sesuai Keppres No.27 (Keppers 27/2002) harga minyak tanah dipisahkan masing-masing harga minyak tanah untuk industri Rp 1 410/l dan harga minyak tanah untuk rumah tangga yang masih mengacu Keppres No.9 tahun 2002 (Keppres 9/2002), sebesar Rp 600/l. Sedangkan harga maksimal setiap liter adalah Rp 1 890/l sehingga dengan harga Rp 600/l konsumen mendapatkan subsidi Rp 1 290/l atau hanya membayar 31.75% dari harga yang seharusnya. Untuk keperluan pengovenan tembakau virginia sesuai informasi dari Pengelola Tembakau Virginia masih dapat membeli minyak tanah bersubsidi dengan harga Rp 800/l sampai di lokasi pengolahan sehingga petani tembakau virginia masih memperoleh subsidi Rp 58 milyar/th. Saat ini harga minyak tanah untuk pengolahan tembakau tidak atau mungkin belum dimasukkan dalam kategori harga untuk industri tetapi masih menggunakan harga minyak tanah bersubsidi, kemungkinan atas dasar pertimbangan penggunanya adalah para petani yang masih perlu disubsidi kebutuhan energinya. Ketidakmampuan petani membeli minyak tanah dengan harga industri akan berpeluan pengambilan kayu dari hutan yang saat ini luasnya makin menurun.

Tabel 3. Sumber energi prospektif dan paket teknologi pembakarannya.

Sumber energi	Konsumsi (l atau kg krosok)	Paket teknologi	Rasio B/C	Sumber informasi
Minyak tanah	1.50 l	Kompor bros	1.72	Anonymous, 2000
Minyak solar	0.761	Kompor tahu	1.74	Tirtosastro <i>et al.</i> , 2001a
Batubara	6.36 kg	Tungku Balittas II	1.03	Tirtosastro <i>et al.</i> 2000a
Gas LPG dan energi surya	0.86 kg	Kompor BAT/Balittas I dan Kolektor Balittas I	0.93	Tirtosastro <i>et al.</i> , 2000b
UPB/minyak tanah	1.231	Instalasi UPB	1.15	Tirtosastro <i>et al.</i> , 2000c
Sekam	-	Tungku khusus	-	Tirtosastro <i>et al.</i> , 2001b)

UPB = udara panas buang, dari oven yang beroperasi sebelumnya.

Usaha diversifikasi bahan bakar sesuai kebijaksanaan energi nasional pada pengovenan tembakau virginia telah dilakukan beberapa penelitian dan perekayasa sistem pemanas untuk beberapa jenis bahan bakar yang cukup prospektif (Tirtosastro dan Darmono, 1993; Tirtosastro *et al.*, 1983; Tirtosastro *et al.*, 2000a; Tirtosastro *et al.*, 2000b; Tirtosastro *et al.*, 2000c; Tirtosastro *et al.*, 2001) Pada Tabel 3 disampaikan hasil penelitian yang telah dilakukan dilengkapi dengan tinjauan dari aspek ekonomi dan paket teknologi yang telah dihasilkan.

#### Pengendalian tobaccos specific nitrosamin (TSNA)

##### a. Pengendalian mikroba nitrosamin

Pada kondisi kelembaban udara tinggi pengeringan bahan berjalan lambat karena kecepatan pengeringan berbanding terbalik dengan kelembaban ruang pengering (Geankoplis, 1978). Kandungan air yang cukup di dalam bahan memerlukan media untuk mikroba melakukan reaksi perobakan termasuk reaksi nutrifikasi yang merombak nitrat menjadi nitrit. Sehingga dengan membatasi kandungan air daun atau memberikan kelembaban tinggi pada ruang oven secukupnya saja, akan mengurangi peluang terbentuknya TSNA di dalam daun. Pada pengovenan tembakau virginia khususnya fase penguningan sebaiknya digunakan metode Hawks (1975) yang dilakukan dengan membuka ventilasi meskipun tidak penuh, sehingga kelembaban di dalam ruang oven hanya 80-90% sekitar 18 jam pertama, selanjutnya diikuti penurunan kelembaban dan kenaikan suhu secara bertahap. Metode yang masih banyak dipakai saat ini adalah dari Wanrooy (1951) yang mempertahankan kelembaban tinggi dengan

menutup ventilasi dan kelembaban yang terjadi di dalam ruang oven berkisar 85-95% pada 32 jam pertama.

Reaksi pembetukan nitrit dapat berlangsung pada saat daun masih hijau atau kadar airnya masih tinggi atau dapat juga terjadi saat daun telah kering misalnya saat proses pengeringan atau pengovenan telah selesai. Petani tembakau virginia sering menyiram lantai atau memasukkan karung-karung basah agar krosok cepat kering dan segera dapat diturunkan dari oven. Pada tembakau asepan Boyolali krosok yang masih rapuh karena baru selesai pengeringan di dalam oven disemprot dengan air agar segera lemas dan segera dapat diturunkan. Penambahan lembab untuk menjelaskan daun hendaknya diberikan secukupnya misalnya dengan menggunakan mesin humidifier sederhana seperti yang diproduksi oleh Lembaga Pendidikan Perkebunan (Anonymous, 2002) sehingga dapat dihindari kelebihan air atau kelebihan lembab yang menempel pada permukaan daun.

##### b. Pemanasan tidak langsung

Pengendalian TSNA melalui pemanasan tidak langsung akan meningkatkan kebutuhan minyak tanah. Hasil penelitian Tirtosastro *et al.* (1983) pengovenan dengan bahan bakar minyak tanah menggunakan kompor buckeye dengan pemanasan tidak langsung diperlukan 1.61 l/kg krosok. Untuk jenis kompor bros yang banyak dipakai saat ini diperkirakan diperlukan 1.5-3.0 l/kg krosok. Pemeliharaan nyala kompor, tingkat kemasakan daun dan asal daun dari posisi mana pada batang, kondisi cuaca saat pengolahan, konstruksi oven dan lain-lain banyak mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Hasil analisis ekonomi dengan menggunakan data harga krosok tahun 1999, rata-rata Rp 11 000/kg dengan

Tabel 4. Hasil analisis ekonomi dengan pemanasan langsung dan tidak langsung menggunakan beberapa skenario konsumsi bahan bakar.

Sistim pemanasan udara	Minyak tanah (l/kg krosok)	Pengaruh sistem pemanasan udara terhadap BC ratio, NPV, dan IRR pada harga minyak tanah Rp 300 dan Rp 800/l					
		BC ratio (-)		NPVP (Rp)		IRR (%)	
		300	800	300	800	300	800
Langsung	1.35	1.14	0.98	7 903 704	- 3 745 002	44.94	- 135 45
Tidak langsung :							
Skenario 1	1.5	1.14	0.97	7 127 124	- 5 815 883	43.59	- 173.53
Skenario 2	2.0	1.12	0.94	4 538 522	- 12 718 821	37.83	- 142.75
Skenario 3	2.5	1.11	0.91	1949 921	- 19 621 758	28.88	- 101.75
Skenario 4	3.0	0.99	0.88	- 639 680	- 26 524 696	13 07	- 90.35

Tabel 5. Hasil analisis ekonomi pengaruh konsumsi minyak tanah terhadap beberapa parameter ekonomi.

Konsumsi minyak tanah (l/kg krosok)	Parameter ekonomi			
	BC ratio (-)	NVP (Rp)	IRR (%)	Harga krosok (Rp/kg)
1.35	1.00	741.907	22.75	11 260
1.50	1.00	1 087 053	24.68	11 400
2.0	1.00	655 620	22.25	11 775
2.5	1.00	224 186	19.53	12 150
3.0	1.00	224 186	19.53	12 520

konsumsi bahan bakar minyak tanah 1.51, 2.01, 2.51 dan 3.01 l tiap kg krosok menunjukkan masih ada peluang keuntungan jika diperoleh efisiensi dengan konsumsi bahan bakar tidak lebih dari 2.5 l/kg krosok. Jika harga minyak tanah ditetapkan Rp 800/l sampai di lokasi pengolahan, dengan harga krosok rata-rata Rp 11 000/kg belum memberikan peluang keuntungan (Tabel 4). Titik impas pada pengovenan secara tidak langsung jika konsumsi minyak tanah dapat ditekan hanya 2 l/kg krosok dan harga minyak tanah Rp 800/l adalah harga jual krosok Rp 11 775/kg (Tabel 5).

Dalam rangka mengendalikan TSNA melalui sistem pemanasan tidak langsung harus diusahakan efisiensi penggunaan bahan bakar. Jenis bahan bakar prospektif seperti minyak solar, LPG, batubara maupun kayu asal tersedia secara kontinu dan tetap menjaga kelestarian hutan. Penggunaan energi surya masih relatif mahal karena mahalnya bahan untuk konstruksi. Pemanfaatan udara panas buang (UPB) dari oven pertama untuk oven kedua dan seterusnya memerlukan manajemen penanaman dan pengolahan yang cukup ketat dan perlu menyiapkan masyarakat tani dengan sebaik-baiknya.

Beberapa usaha efisiensi dapat dilakukan sebagai berikut (Collins and Hawks, 1993) : (1). Jaga kebocoran jangan sampai ada udara segar yang masuk oven, (2) buka ventilasi secukupnya, (3) periksa kompor secara kontinu agar pem-

bakaran sempurna, (4) pakai dinding berisolasi, (5) panen daun hanya dilakukan setelah masak optimal, (6) pengisian oven secara merata, dan (7) periksa secara berkala agar tidak ada bagian-bagian yang retak dan sebagainya yang memungkinkan udara panas dari dalam oven keluar.

## KESIMPULAN

Nitrosamin atau Tobacco Specific Nitrosamine (TSNA) adalah bahan karsinogenik yang terdapat pada daun tembakau yang telah diolah. Sampai saat ini telah diidentifikasi lima jenis nitrosamin yaitu NNN (N-nitrosonor-nikotine), NAB (nitroso-anabasine), NNK (4-methyl-nitrosoamino)-4-(3-pyridyl)-1-butanone, NATB (nitrosoanatabine) dan NNA (4-(methyl-nitrosamino)-4-(3-pyridyl)-1 butanal).

Nitrosamin yang terbentuk selama pengolahan, diakibatkan oleh reaksi antara residu nitrit hasil pembakaran bahan bakar minyak, gas atau biomasa dengan amin yang ada pada daun tembakau. Nitrit juga dapat berasal dari konversi nitrat daun tembakau oleh mikroba anaerobik. Salah satu cara pengendalian nitrosamin adalah penggunaan sistem pemanas tidak langsung agar tidak ada endapan residu pada permukaan daun.

Hasil perhitungan dengan asumsi harga minyak tanah Rp 800/l dan konsumsi minyak tanah 1.50-3.01/kg krosok, diperoleh titik impas jika har-



ga jual krosok Rp 11 260 sampai dengan 12 550/kg krosok. Paket teknologi untuk diversifikasi ke bahan bakar lain sesuai dengan kebijaksanaan energi nasional sudah tersedia meskipun relatif masih lebih mahal dibanding kalau menggunakan minyak tanah. Salah satu penyebabnya adalah minyak tanah merupakan bahan bakar yang murah karena subsidi yang tinggi.

Untuk menekan biaya produksi akibat peningkatan konsumsi bahan bakar akibat pengendalian nitrosamin dengan cara pemanasan udara ruang oven secara tidak langsung, dapat dilakukan dengan cara meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar. Nyala kompor, kebocoran konstruksi, pengisian oven yang tidak merata dan lain-lain yang menjadi penyebab borosnya bahan bakar perlu mendapatkan perhatian seksama. Selain itu status TSNA untuk jenis-jenis tembakau di Indonesia perlu segera diteliti.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, T.Y. 1992. Rokok dan Kesehatan. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Akehurst, B.C. 1982. Tobacco. Longmans Group, Ltd., London.
- Anonymous. 1995. Prosiding Seminar Tembakau Rokok dan Kesehatan. Pemerintah Daerah Propinsi Daerah Tingkat I Jawa Timur.
- Anonymous. 1977. Bahan Bakar Minyak untuk Industri dan Perkapalan. Direktorat Perbekalan Dalam Negeri. Pertamina.
- Anonymous. 1997. Bahan Bakar Minyak untuk Kendaraan, Rumah Tangga, Industri, dan Perkapalan. Direktorat Perbekalan dan Pemasaran Dalam Negeri.
- Anonymous. 1999. 2000 Georgia Tobacco Growers Guide. Cooperativ Extension Service, The University of Georgia, College of Agricultural and Environmental Sciences.
- Anonymous. 2000. Laporan Akhir Pengolahan. Trial and Development. P.T. Sadana Arif Nusa Lombok (tidak dipublikasikan).
- Anonymous. 2002. Humidifier-Leaflet. Lembaga Pendidikan Perkebunan, Yogyakarta.
- Asmino dan Roem Soedoko. 1987. Dampak merokok terhadap kesehatan dan kehidupan. Disampaikan pada Lokakarya Program Nasional Penelitian Tembakau, 17-19 Maret 1987 di Malang.
- Chamberlain, W.J. and Chortyk, O.T. 1992. Effect of curing and fertilization on nitrosamines formation in Bright and Burley tobacco. Beitrage zur Tabakforschung International. 5 (2) : 87-92.
- Cockburn, A. 1999. Upaya meningkatkan produksi dan mutu tembakau virginia di Lombok. Semiloka Teknologi Tembakau. Tanggal 31 Maret 2001 di Malang. 38-44.
- Collin, W.K. and Hawks, S.N. 1993. Principles of flue-cured tobacco production. N.C. State University, Raleigh, N.C.
- Davis, D.L. and Nielsen, M.T. 1999. Tobacco Production, Chemistry and Technology. Coresta, Blackwell Science, Ltd.
- Direktur Tanaman Semusim. 2001. Perkembangan Pertembakauan Indonesia Tahun 2001. Direktorat Tanaman Semusim. Direktorat Jenderal BinaPerkebunan.
- Fischer, S. and Spiegelharder, B. 1989. Improved method for the determination of tobacco-specific nitrosamines (TSNA) in tobacco smoke. Beitrage zur Tabakforschung International. 14 (3) : 145-154.
- Geankoplis, G.A. 1984. Transport processes and unit operations. Allyn and Bacon, New York.
- Hall, C.W. 1971. Drying farm crops. The Avi Publishing Company, West Port, Connecticut.
- Hawks, S.N. 1975. Cruing. 1976 Tobacco Information, North Carolina Agr. Extension Service. Misc. Ext. Publ. No. 152. Dec. 1975. : 21-21.
- Hawks, S.N. 1977. The condensed chemical dictionary. Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- Hecht, S.S., Chen, C.B. Young, Ruth and Hoffmann, D. 1981. Mass Spectra of Tobacco Alkaloid-Derivated Nitrosamines, their Metabolites, and Related Compound. Beitrage zur Tabakforschung International. September 1982. 11 (2) : 57-66.
- Keppres No. 10/1999. Penetapan Harga Jual Eceran bahan Bakar Minyak Dalam Negeri. Jakarta, tanggal 26 Januari 1999.
- Keppres No. 9/2002. Penetapan Harga Jual Eceran Bahan Bakar Minyak Dalam Negeri. Jakarta, tanggal 16 Januari 2002.
- Keppres No. 27/2002. Penetapan Harga Jual Eceran Bahan Bakar Minyak Dalam Negeri. Jakarta, tanggal 30 April 2002.
- Telmbaga Tembakau. 2000. Potensi dan peluang pasar tembakau voor-oogst dan rokok di dalam dan luar negeri. Makalah disampaikan pada Pertemuan Koordinasi Teknis Tahun 2000 di Surabaya. 13-14 Oktober 2000.

- Link, Emily. 2000. Striving for healthier Cigarette. *Tabak Journal International*. Vol. 6 : 66-67.
- Maksymoviez, B. 2001. Tobacco Specific Nitrosamines, An Overview. University of Kentucky.
- Pertamina. 1998. Komponen perhitungan biaya bahan bakar minyak. *Warta Pertamina*, No.12 thn XXXIII/Mei 1998.
- PP/38, 2000. Pengamanan Rokok Bagi Kesehatan. Jakarta, 7 Juni 2000.
- Pura Nusantara, Pt. 2000. Alternatif penurunan kadar tar dan nikotin rokok kretek. Promosi Kertas CTP dihadapan pabrik rokok GMP pada industri rokok kretek di Malang, tanggal 11 Oktober 2001.
- Setyobudi, K. 2001. Pengalaman sebagai pengelola intensifikasi tembakau virginia. Disampaikan pada Lokakarya Agribisnis Tembakau, 6 Nopember 2001 di Malang.
- Soebroto. 1978. Pokok-pokok kebijaksanaan energi nasional. Pidato pengarahannya pada Lokakarya Energi, 25-26 Mei 1978 di Jakarta.
- Speghelharder, B., Kubacki, S.J. and Fischer, S. 1989. A method for determination of tobacco-specific nitrosamines (TSNA), nitrate and nitrite in tobacco leaves and processed tobacco. *Beitrag zur Tabakforschung International*. January 1989. 14 (3) : 35-144.
- Tirtosastro, S. dan Isdijoso, S.H. 1976. Masalah bahan bakar pada pengomprongan tembakau virginia fc. Disampaikan pada Diskusi Tembakau I, Sindikat Perkebunan Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta, 17-18 Maret 1976 di Yogyakarta.
- Tirtosastro, S. 1977. Minyak tanah sebagai bahan bakar untuk pengomprongan tembakau virginia flue-cured. Disampaikan pada Sidang Komosi Teknis Perkebunan V, Budidaya Tembakau. 26-28 Pebruari 1977 di Solo.
- Tirtosastro, S., Poerwoto, S.T., Machfudz, dan Isdijoso, S.H. 1977. Pemberitaan Tanaman Industri, No. 27 Oktober-Desember 1977.
- Tirtosastro, S., Darmono, dan S.T. Poerwoto. 1979. Penelitian penggunaan metode Hawjs dan Wanrooy pada pengomprongan tembakau virginia. Lembaga Penelitian Tanaman Industri. Malang.
- Tirtosastro, S., Darmono, dan Budi-Saroso. 1983. Sistem pemanas pada pengomprongan tembakau virginia. Pemberitaan Penelitian Tanaman Industri. Juli-Desember 1983. 8 (47-48).
- Tirtosastro, S. dan Darmono. 1983. Penggunaan bahan bakar solar pada pengomprongan tembakau virginia. Pemberitaan Penelitian Tanaman Industri. April-Juli 1983. 8 (46) : 8-13.
- Tirtosastro, S. 1998. Panen dan Pengomprongan Daun Tembakau Virginia. Monograf Balittas. No. 3. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat Malang.
- Tirtosastro, S., Darmono, dan Hastono, A.D. 1999. Sumber energi alternatif pada pengolahan tembakau virginia fc (*flue-cured*). Disampaikan pada Semiloka Teknologi Tembakau, 31 Maret 1999 di Malang : 67-77.
- Tirtosastro, S., Hastono, A.D., Soebandi, dan Darmono. 2000a. Rekayasa tungku briket batubara pada pengovenan daun tembakau virginia. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. Maret 2000. 5 (4) : 135-140.
- Tirtosastro, S., Darmono, dan Soebandi. 2000b. Rekayasa kolektor surya dan kompor LPG pada pengovenan daun tembakau virginia. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, Maret 2000. 6 (1) : 5-13.
- Tirtosastro, S. 2000c. Pemanfaatan udara panas buang pada pengovenan daun tembakau virginia menjadi krosok virginia fc (*flue-cured*). Laporan Hasil Penelitian Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian partisipatif tahun 1999. Balai Besar Alat Mesin Pertanian. Serpong, Jawa Barat.
- Tirtosastro, S., Hastono, A.D., Soebandrio, dan Darmono. 2001a. Penggunaan minyak solar dan sinar surya pada pengovenan tembakau virginia. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. Maret 2001. 7 (1) : 24-30.
- Tirtosastro, S., Agung-Siswanto, dan Baskoro, A.S. 2001b. Hasil pengujian tungku sekam pada pengovenan tembakau virginia. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat (Laporan Sementara).
- Universal. 2000. Tobacco specific nitrosamines (Confidential). ULTAgronomy Conference. January 17-18, 2000. Richmond, Virginia.
- Voges, E. 2000. Tobacco Encyclopedia. *Tabac Journal International*, Mainz, Germany. 279p.
- Wanrooy, G.L. 1951. Penuntun bertjotjok tanam dan membuat tembakau sigaret di Indonesia. J.B. Wolters Groningen, Djakarta.
- Wilson, J.C. 1987. Effect of Harvest Curing and Storage on Fertilizer on Flue Cured Tobacco Quality. Symposium Chilean Nitrate Fertilizer and Production Tech. For Hig Quality of Flue-Cured Tobacco. Nanjing, July 13-17, 1987.

Lampiran 1. Data pengovenan untuk analisis ekonomi.

Item	Nilai rupiah tiap item				
	Pemanas langsung (1.35 l/kg krosok)	Pemanas tidak langsung, 1 mt/kg krosok			
		1.5	2.0	2.5	3.0
Oven	7 000 000	7 000 000	7 000 000	7 000 000	7 000 000
Daun tembakau	4 000 000	4 000 000	4 000 000	4 000 000	4 000 000
Kompors bros	400 000	400 000	400 000	400 000	400 000
Minyak tanah :					
- Rp 300/l	194 400	216 000	288 000	260 000	432 000
- Rp 800/l	518 400	576 000	768 000	960 000	1 152 000
Upah stoker	80 000	80 000	80 000	80 000	80 000
Sortasi / pengebalan	1 159 878	1 159 878	1 159 878	1 159 878	1 159 878
Harga krosok	5 280 000	5 280 000	5 280 000	5 280 000	5 280 000

Sumber : Tirtosastro *et al.*, 2000, diolah.  
 Harga minyak tanah Rp 800/l