

PEREKAYASAAN INSTALASI PEMANFAATAN UDARA PANAS BUANG PADA PENGOVENAN TEMBAKAU VIRGINIA

SAMSURI TIRTOSASTRO, ABI DWI HASTONO, dan DARMONO

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat

RINGKASAN

Perekayasa instalasi pemanfaatan udara panas buang pada pengolahan daun tembakau virginia menjadi krosok fc (flue-cured) telah dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang, Jawa Timur. Pengujian alat dilakukan di Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat, pada musim panen antara bulan Agustus sampai dengan Oktober 2000 di sentra produksi tembakau virginia. Hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung efisiensi penggunaan biaya bahan bakar sekaligus mengurangi subsidi bahan bakar minyak dari Pemerintah. Konstruksi instalasi pemanfaatan udara panas buang terdiri atas pipa penghubung ($d=15.24$ cm) dua oven dan blower 0.75 TK untuk mengalirkan udara panas buang dari oven pertama ke oven kedua. Kapasitas oven pertama yang digunakan 3 547 kg, sedangkan oven kedua 2 617 kg daun tembakau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, pemasangan instalasi udara panas buang dapat menekan konsumsi bahan bakar oven kedua 12.39% yaitu dari 1.352 liter minyak tanah tiap kg krosok menjadi 1.141 liter tiap kg krosok. Analisis ekonomi pada harga minyak tanah Rp. 700/l penggunaan alat tersebut belum memberikan keuntungan yang berarti karena nilai rasio BC = 1.29, NPV = Rp. 99 835 885 dan IRR = 52.73%, dibandingkan tidak memasang instalasi tersebut dengan nilai rasio BC = 1.29, NPV = Rp. 98 547 176, dan IRR = 52.78%. Namun bila harga minyak tanah Rp. 1 000/l maka pemasangan instalasi udara panas buang memberikan nilai rasio BC = 1.25, NPV = Rp. 88 246 683 dan IRR = 52.58%, lebih baik dibanding tidak memasang instalasi tersebut (rasio BC = 1.24, NPV = Rp. 85 977 099 dan IRR = 52.63%). Peluang keuntungan relatif makin besar jika harga minyak tanah makin tinggi. Keuntungan lain pemasangan instalasi ini adalah menekan subsidi bahan bakar minyak.

Kata kunci : *Nicotiana tabacum* L., oven, instalasi udara, panas buang, mutu, aspek ekonomi

ABSTRACT

Utilization of waste heat-air installation in virginia tobacco curing

Installation of the waste heat-air utilization in virginia tobacco curing to produce flue-cured tobacco has been conducted in Indonesian Tobacco and Fiber Crops Research Institute, Malang, Indonesia. The equipment test was taken place in virginia tobacco production centre, East Lombok, West Nusa Tenggara Province on harvesting-time between August and October 2000. The result of the research was expected to support fuel efficiency, and decrease the government fuel-oil subsidiary. Construction of the waste heat-air installation consisted of connecting-pipe ($d=15.24$ cm) between two curing-barns, and 0.75 HP blower for blowing the waste heat-air to the second curing-barn. The capacity of the first curing-barn was 3 547 kg tobacco leaves and second curing-barn was 2 617 kg tobacco leaves. The results of the experiment showed that the installation of the waste heat-air equipment could reduce 12.39% of fuel consumption of second curing-barn, from 1.352 l kerosene per kg to 1.141 l kerosene per kg of the cured leaves. The economic analysis of the equipment at kerosene price Rp. 700/l was that equipment did not give meaning-full benefit, because the value of B/C ratio 1.29, NPV=Rp. 99 835 885 and IRR = 52.73%, compared to those without waste heat-air installation, with B/C ratio=1.29, NPV=Rp. 98 547 176 and IRR=52.78%. Nevertheless at Rp. 1 000/l kerosene price the installation of waste heat-air equipment gave the B/C ratio = 1.25, NPV = Rp. 88 246 683 and IRR = 52.58%, was better than those without equipment installation (B/C ratio=1.24, NPV=Rp. 85 977 099 and IRR=52.63%). Relative benefit chance would be better if there was higher kerosene price. The other benefit from the installation of the equipment was to reduce government fuel subsidiary.

Key words : *Nicotiana tabacum* L., curing-barn, waste heat-air, installation, quality, economic aspect

PENDAHULUAN

Luas tanaman tembakau virginia di Indonesia (1996-2001) mencapai 41 643 ha setiap tahun dengan produksi 45 558 ton (ANON., 2002). Konsumsi tembakau virginia pada kurun waktu yang sama mencapai 58 489 ton tiap tahun dan dipakai sebagai bahan baku industri rokok kretek dan rokok putih. Kekurangan tembakau virginia diimpor dari RRC, Brasil, Zimbabwe dan lain-lain dan jumlah impor (1995-2000) mencapai 24 859 ton dengan nilai US\$ 71 302 000 tiap tahun. Jumlah impor tiap tahun tidak selalu sama dengan konsumsi dikurangi produksi dalam negeri dan tembakau virginia yang diekspor karena tembakau mengalami pemeraman (*aging*) 1-2 tahun sebelum dapat dipakai (VOGES, 2000).

Pengovenan daun hijau menjadi daun kering atau krosok fc (*flue-cured*) menggunakan bangunan oven tradisional dan dikerjakan oleh petani sendiri. Pengovenan merupakan kegiatan *kiuring* (*curing*) yaitu pengolahan melalui usaha memperoleh perubahan fisiologis di dalam daun tembakau dengan cara mengatur suhu dan kelembaban udara lingkungan (HALL, 1971). Sebagai sumber energi pengovenan adalah minyak tanah dan untuk menghasilkan 1 kg krosok diperlukan 1.5-2.0 l minyak tanah (TIRTOSASTRO, 1998).

Minyak tanah merupakan bahan bakar bersubsidi tinggi yang sebenarnya hanya disediakan untuk masyarakat pedesaan dan bukan untuk industri seperti pengovenan tembakau virginia. Sesuai Keputusan Presiden No. 27, tanggal 30 April 2002, harga minyak tanah tanpa subsidi Rp. 1 890/l dan dijual Rp. 600 atau dengan subsidi 68.25%. Sehingga untuk pengovenan tembakau virginia dengan produksi 45 558 ton/th diperlukan biaya bahan bakar minyak tanah Rp. 129 - Rp. 172 milyar dengan subsidi dari Rp. 88 - Rp. 117 milyar tiap tahun. Untuk menekan subsidi bahan bakar minyak tanah perlu diversifikasi ke bahan bakar lain non subsidi seperti gas, batubara, energi surya dan biomassa atau ke bahan bakar dengan subsidi rendah seperti minyak diesel, minyak solar dan minyak residu. Cara lain adalah dengan menekan konsumsi minyak tanah karena sebagai bahan bakar dengan subsidi paling tinggi jika penggunaannya menurun subsidinya juga akan menurun.

Kiuring tembakau virginia dibagi menjadi tiga tahap pengaturan suhu dan kelembaban yaitu tahap penguningan (38°C, Rh=90-95%), pengikatan warna (54°C, 43%) dan pengeringan gagang (70°C, 25%). Jika

suhu digambarkan sebagai suhu bola kering dan kelembaban sebagai selisih suhu bola kering dan suhu bola basah nampak seperti pada Gambar 1 (COLLINS dan HAWKS, 1993). Jika selisih suhu bola kering dan suhu bola basah makin besar berarti kelembaban makin rendah dan kekuatan pengeringan (*drying-force*) makin besar. Kekuatan pengeringan adalah kemampuan udara untuk mengeringkan atau menampung uap air dari bahan yang dikeringkan (HALL, 1971).

Pengovenan dilakukan dengan cara memanaskan udara luar yang masuk lewat ventilasi bawah oven sampai batas suhu yang diinginkan (Gambar 1). Selanjutnya udara panas dialirkan melalui rak-rak tembakau dan keluar melalui ventilasi atas yang selanjutnya disebut sebagai udara panas buang. Menurut HIRUN *et al.*, (1986) panas yang hilang sebagai udara panas buang pada oven tradisional di Thailand mencapai 21.0-22.4% dari total konsumsi energi. Jika udara panas buang yang keluar dari oven pertama, yang sudah mulai beroperasi lebih dahulu, dicampur dengan udara dengan suhu lebih rendah yang ada di dalam oven kedua yang bekerja kemudian, kebutuhan energi untuk pemanasan udara sampai batas suhu yang diinginkan pada oven kedua akan lebih kecil jika dibandingkan harus memanaskan udara luar. Prinsip ini dapat dimanfaatkan untuk usaha menekan konsumsi minyak tanah pada pengovenan tembakau virginia meskipun diperlukan jadwal mulainya pengovenan yang sesuai untuk oven pertama dan kedua dan oven-oven berikutnya yang akan memanfaatkan udara panas buang yang dihasilkan.

Sebanyak 82% produksi tembakau virginia di dunia diolah dengan oven tradisional dengan bahan bakar batubara (67.1%), kayu (15.7%), gas dan minyak bumi 17.2% (CAMPBELL, 1995). Penelitian yang bertujuan meningkatkan efisiensi biaya bahan bakar umumnya masih melalui usaha perbaikan konstruksi bangunan termasuk tungku oven dan diversifikasi ke bahan bakar lain yang lebih murah (CAMPBELL, 1995). Diversifikasi dari bahan

bakar minyak tanah yang bersubsidi tinggi ke bahan bakar lain yang bersubsidi lebih rendah atau tanpa subsidi seperti minyak solar, gas LPG (*Liquified Petroleum Gas*), energi surya dan batubara juga telah dilakukan (TIRTOSASTRO, *et al.*, 2000; TIRTOSASTRO *et al.*, 2001).

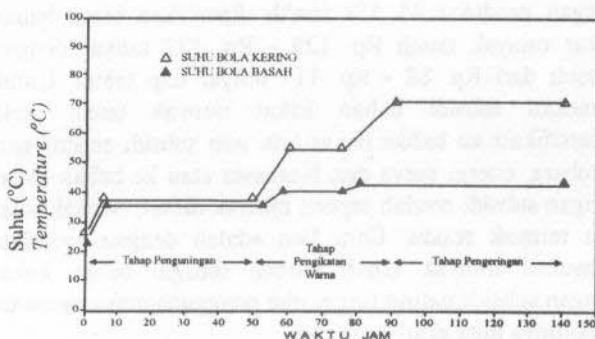
Penelitian ini bertujuan merencanakan sistem pemanas ganda untuk memanfaatkan udara panas buang sebagai tambahan sumber energi oven kedua yang bekerja sesudah oven pertama. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menunjang usaha efisiensi dan mengurangi subsidi penggunaan bahan bakar minyak tanah pada pengovenan tembakau virginia.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan pada musim panen bulan Agustus sampai dengan Oktober tahun 2000 di Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat. Oven yang digunakan adalah oven tradisional, terbuat dari bahan dinding batu merah dan atap seng. Oven pertama berukuran 6.5 m x 5 m x 7.5 m, dengan kapasitas 3.5 ton daun tembakau, sedangkan oven kedua 6.5 m x 4.5 m x 7 m, dengan kapasitas 2.5 ton daun tembakau (Gambar 2). Masing-masing oven dilengkapi sistem pemanas yang terdiri atas tungku, pipa pindah panas (*heat-exchanger*, $d = 25\text{-}30\text{ cm}$) yang melingkar di lantai oven, dan cerobong untuk membuang sisa pembakaran.

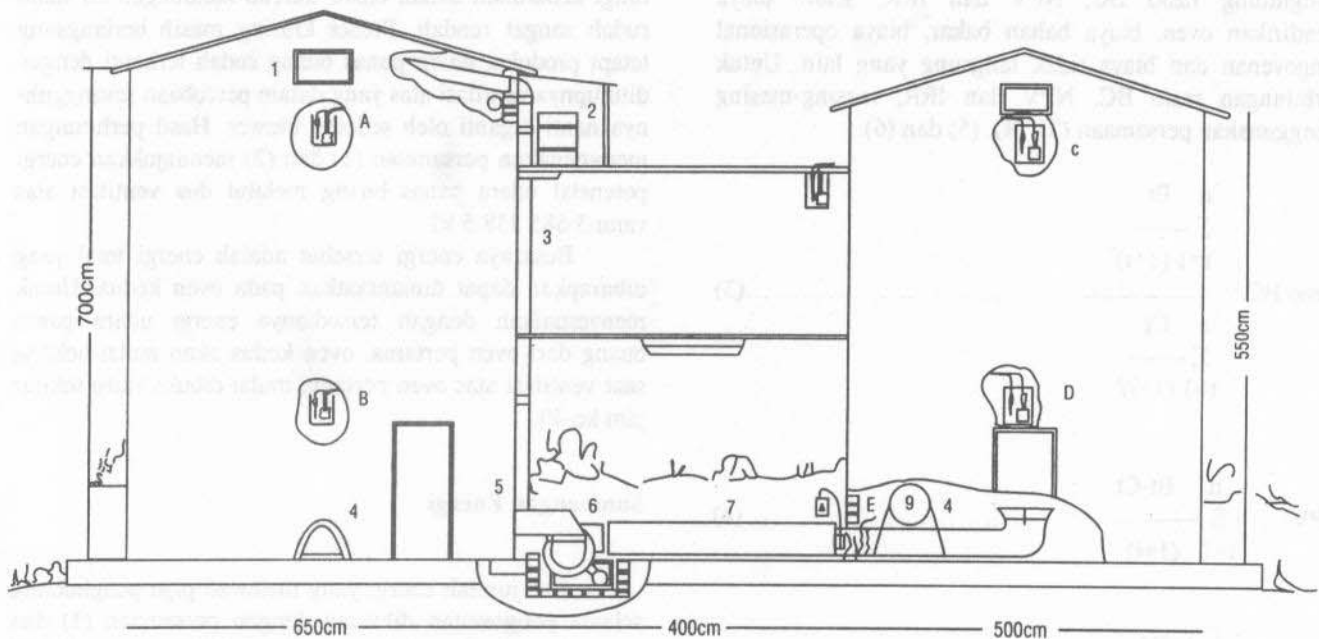
Oven pertama dan kedua dihubungkan dengan pipa penyedot ($d = 15.24\text{ cm}$) dari bahan paralon dan pipa penghubung dari bahan seng ($d = 25.40\text{ cm}$) yang dilengkapi blower (Gambar 2). Udara panas buang dari oven pertama, yang seharusnya keluar lewat ventilasi atas disedot dengan blower dari bagian atas rak tembakau (Gambar 3), kemudian disalurkan ke dalam oven kedua (Gambar 2). Blower dihidupkan saat oven pertama ventilasinya mulai dibuka tetapi digantikan oleh sedotan blower. Kecepatan blower dibatasi sampai batas tidak mengganggu target suhu dan kelembaban pada oven pertama.

Untuk menghitung potensi energi yang berasal dari udara panas buang pada oven pertama dilakukan percobaan pendahuluan dengan mengisi oven pada kapasitas penuh (3.5 ton/oven) dan mengukur suhu dan kecepatan aliran udara yang melewati ventilasi atas. Pengukuran di mulai saat ventilasi atas mulai dibuka yaitu saat dimulainya tahap pengikatan warna. Tahap akhir tahap penguningan, saat akan dimulainya tahap pengikatan warna ditandai dengan daun tembakau sudah berwarna kuning rata dan telah layu, umumnya terjadi 50-60 jam setelah pengovenan dimulai. Pada percobaan sesungguhnya energi udara panas buang yang dapat dimanfaatkan dilakukan dengan mengukur suhu dan kecepatan aliran udara panas yang melewati pipa penghubung



Gambar 1. Skema penerapan suhu bola kering dan suhu bola basah pada masing-masing tahap pengovenan (COLLINS dan HAWKS, 1993)

Figure 1. Application scheme of dry-bulb and wet-bulb temperature in each curing phase (COLLINS dan HAWKS, 1993)



- | | | |
|---------------------------------------|---|---|
| 1. Ventilasi atas
Top-ventilation | 2. Tangki bahan bakar
Fuel oil tank | 3. Pipa penyedot
Exhauster-pipe |
| 4. Tungku
Furnace | 5. Kran minyak tanah
Kerosene faucet | 6. Blower
Blower |
| 7. Pipa penghubung
Connecting-pipe | 8. Anemometer
Anemometer | 9. Pipa pindah panas
Heat exchanger-pipe |

A, B, C, D, E = Titik-titik pengamatan suhu
The points of temperature observation

Gambar 2. Skema instalasi oven pada percobaan pemanfaatan udara panas buang
Figure 2. Installation scheme of the curing-barn for waste heat-air utilization experiment

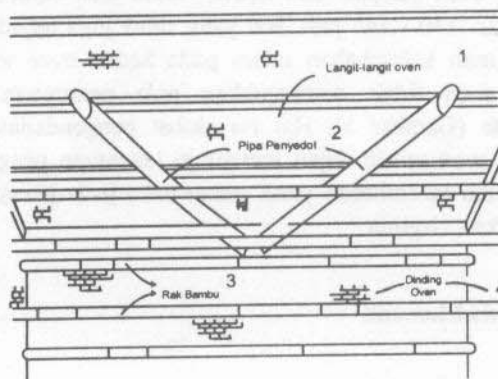
sebagai pengganti ventilasi atas. Besarnya sumbangan energi dihitung dengan persamaan (1) dan persamaan (2).

Pengamatan suhu bola kering dan bola basah untuk mengetahui suhu rata-rata ruang oven dilakukan pada dua titik di rak paling bawah dan tiga titik pada rak paling

atas. Pengamatan dilakukan setiap jam sekali. Hal yang sama juga dilakukan untuk mengetahui perubahan suhu udara dan kecepatan aliran udara pada pipa penghubung.

$$Q_{\text{Udara Panas Buang}} = m C_p dT \dots \dots \dots (1)$$

$$m = A V \rho \dots \dots \dots (2)$$



Gambar 3. Pipa penyedot udara panas
Figure 3. Exhauster pipe of waste heat-air

- | | |
|--|--|
| Q = Energi, kJ
Energy, kJ | dT = Selisih suhu udara pengamatan pertama dan berikutnya, °C
Temperature difference of first and following observation |
| m = Massa udara, kg
Air-mass, kg | V = Kecepatan linier udara, m/det
Linier velocity of air, m/sec |
| A = Luas pipa udara, m ²
Wide of air-pipe, m ² | ρ = Berat spesifik udara, kg/m ³
Specific-weight of the air, kg/m ³ |
| C_p = Panas spesifik udara, kJ/kg°C
Specific-heat of the air, kJ/kg°C | |

Untuk keperluan analisis ekonomi dilakukan pengukuran berat daun, berat krosok yang diturunkan dari oven dan grade serta harga masing-masing nomor grade setelah dilakukan grading. Grading adalah pemisahan mutu krosok berdasar standar mutu yang telah ditetapkan. Hasil grading dan harga jual krosok perlu diketahui untuk

menghitung rasio BC, NPV dan IRR, selain biaya mendirikan oven, biaya bahan bakar, biaya operasional pengovenan dan biaya tidak langsung yang lain. Untuk perhitungan rasio BC, NPV dan IRR, masing-masing menggunakan persamaan (3), (4), (5) dan (6).

$$\text{Rasio BC} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (3)$$

$$\text{NPV} = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad (4)$$

$$\text{IRR} = i_1 + \frac{\text{NPV}_1}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} (i_2 - i_1), \text{ untuk for } \text{NPV}_1 > 0 \text{ dan and } \text{PV}_2 < 0 \quad (5)$$

$$\text{IRR} = i_2 + \frac{\text{NPV}_2}{\text{NPV}_1 - \text{NPV}_2} (i_2 - i_1), \text{ untuk for } \text{NPV}_1 > 0 \text{ dan and } \text{NPV}_2 > 0 \quad (6)$$

B_t = Penerimaan tahun ke t
Benefit on t year

NPV_1 = NPV pada bunga i_1

NPV_1 = NPV on i_1 rate

C_t = Pengeluaran tahun ke t
Cost on t year

NPV_2 = NPV pada bunga i_2

NPV_2 = NPV on i_2 rate

i_1 = Tingkat bunga yang menghasilkan NPV_1 , dalam hal ini 18%
Interest-rate which produced NPV_1 , in this case 18%

i_2 = Tingkat bunga yang menghasilkan NPV_2 , dalam hal ini 45%
Interest-rate which produced NPV_2 , in this case 45%

HASIL DAN PEMBAHASAN

Observasi Potensi Udara Panas Buang

Hasil observasi udara panas buang melalui dua ventilasi atas pada oven pertama dimulai pada jam ke-40, saat dimulainya pembukaan ventilasi atas dan selesai pada jam ke-115 saat ventilasi oven yang nanti akan menjadi oven pertama ditutup. Penutupan ventilasi dilakukan pada akhir tahap pengeringan gagang dengan maksud mengu-

rangi kebutuhan bahan bakar karena kandungan air daun sudah sangat rendah. Proses kiuring masih berlangsung tetapi produksi udara panas buang sudah terhenti dengan ditutupnya ventilasi atas yang dalam percobaan sesungguhnya nanti diganti oleh sedotan blower. Hasil perhitungan menggunakan persamaan (1) dan (2) menunjukkan energi potensial udara panas buang melalui dua ventilasi atas yaitu 3 685 338.5 kJ.

Besarnya energi tersebut adalah energi total yang diharapkan dapat dimanfaatkan pada oven kedua. Untuk menyesuaikan dengan tersedianya energi udara panas buang dari oven pertama, oven kedua akan mulai bekerja saat ventilasi atas oven pertama mulai dibuka yaitu sekitar jam ke-40.

Sumbangan Energi

Jika jumlah energi yang melewati pipa penghubung selama pengovenan dihitung dengan persamaan (1) dan persamaan (2) diperoleh angka 2 217 383.3 kJ atau 60.2 % dari potensi energi. Sumbangan energi tersebut mengakibatkan penurunan kebutuhan minyak tanah dari 1.352 l/kg krosok menjadi 1.225 l/kg krosok atau diperoleh efisiensi 9.39% (Tabel 1).

Jika potensi udara panas buang 3 685 338.5 kJ dapat dimanfaatkan seluruhnya diperoleh penurunan bahan bakar 15.61%. Apabila oven kedua menggunakan ukuran sama dengan oven pertama, yaitu 6.5 m x 5.0 m x 7.0 m, isi 3.547 ton daun tembakau, akan diperoleh efisiensi penggunaan energi 7.45% atau 12.39% jika seluruh potensi energi tersedia tersebut di atas dapat dimanfaatkan.

Perubahan Suhu dan Kelembaban Udara Ruang Oven

Perubahan suhu udara ruang oven pada oven pertama dan oven kedua tidak menunjukkan pola perubahan yang berbeda (Gambar 4). Waktu pengovenan antara oven pertama dan kedua tidak jauh berbeda dan berkisar 140 - 145 jam. Hal yang sama juga terjadi pada penurunan kelembaban udara pada kedua oven tersebut yang juga tidak menunjukkan pola penurunan yang berbeda (Gambar 5). Hal ini akibat pengendalian suhu ruang oven masih dapat mengikuti ketentuan pengaturan suhu dan kelembaban yang sudah baku pada pengovenan tembakau virginia.

Analisis Ekonomi

Grading krosok hasil percobaan dan harga jual masing-masing grade seperti pada Tabel 2. Harga rata-rata krosok

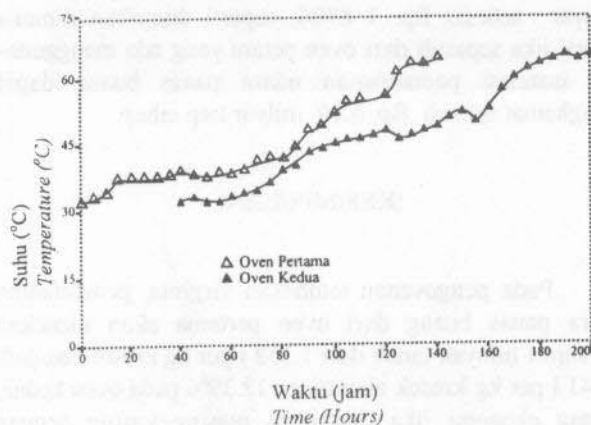
Tabel 1. Hasil percobaan pengovenan
Table 1. Result of the curing experiment

Parameter Parameter	Percobaan awal Pre-experiment	Oven I Barn I	Oven II Barn II	Oven II* Barn II*
Ukuran oven, m ³ Barn dimensions	6.5 x 5.0 x 7.0	6.5 x 5.0 x 7.0	5.0 x 4.5 x 7.0	6.5 x 5.0 x 7.0
Isi daun hijau, kg Green-leaves	3 500	3 547	2 617	3 547
Hasil krosok, kg Cured-leaves result	401	422	318	431
Rendemen krosok, % Green/Cured Ratio, %	11.46	11.89	12.14	12.14
Konsumsi minyak tanah : Kerosene consumption				
-Total, l/oven	-	570.42	389.50	528.28
Total, l/barn	-			
-l/kg krosok, percobaan*)	-	1.352	1.225	1.225
l/kg cured-leaves, experiment	-			
-Penurunan, l/kg krosok	-	-	0.127	0.127
Decrease, l/kg cured-leaves	-			
-Efisiensi, %/kg krosok	-	-	9.39	9.39
Efficiency, %/kg cured-leaves	-			
-Efisiensi, %/oven	-	-	-	7.45
Efficiency, %/kg curing-barn	-			
-l/kg krosok, maksimal**)	-	-	1 141	1 141
l/kg cured-leaves, maximum	-			
Hasil penjualan krosok : Result of cured-leaves sale				
-Total, Rp.	-	6 173 522	4 398 551	5 987 452
Total, Rp.	-			
-Rata-rata Rp./kg krosok	-	14 629	13 892	13 832
Average, Rp./kg cured-leaves	-			

Keterangan : *)Berdasar potensi energi 3 685 338.5 kJ dan 60.2% dimanfaatkan dan **) 100% dimanfaatkan

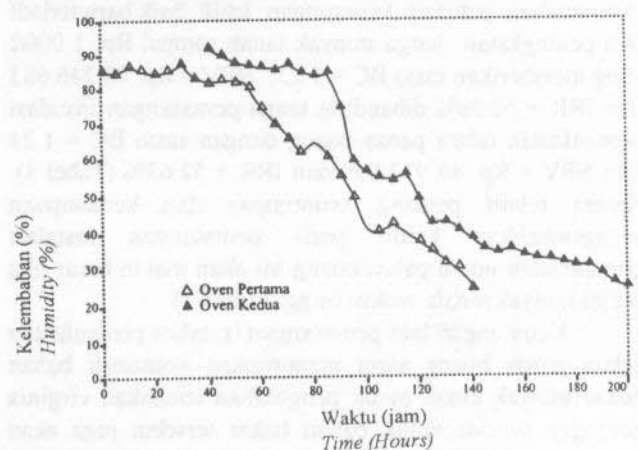
Note : *)Based on energy potency 3 685 338.5 kJ and 60.2% utilized and **) 100% utilized

dari oven pertama Rp. 14 629/kg dan oven kedua Rp. 13 832/kg. Daun tembakau yang diolah pada dua oven tersebut mempunyai mutu yang sama, sehingga perbedaan harga krosok yang terjadi adalah akibat perbedaan keseksamaan penerapan suhu dan kelembaban udara ruang oven.



Gambar 4. Perubahan suhu udara ruang pada oven pertama dan oven kedua
Figure 4. Change of first and second curing-barn air temperature during experiment

Hasil analisis ekonomi pengovenan pada harga minyak tanah Rp. 700/l dengan memasang instalasi pemanfaatan udara panas buang menunjukkan rasio BC = 1.29, NPV = Rp. 99 835 885 dan IRR = 52.73% dan tidak jauh berbeda jika tidak memasang instalasi pemanfaatan



Gambar 5. Perubahan kelembaban udara ruang pada oven pertama dan oven kedua

Figure 5. Change of first and second curing-barn air-humidity during experiment

Tabel 2. Hasil grading dan harga jual krosok
Table 2. Result of the cured-leaves grading and sale

Oven I Barn I				Oven II Barn II			
Grade Grade	Harga Price (Rp./kg)	Berat Weight (kg)	Harga Price (Rp.)	Grade Grade	Harga Price (Rp./kg)	Berat Weight (kg)	Harga Price (Rp.)
B2OF*	15 564	292	4 544 690	B2OF*	17 760	172	3 054 717
B2OF*	14 075	80	1 126 065	B3OF*	11 754	86	1 010 835
C2LF	12 700	8	101 600	C4OF	5 550	60	333 000
C3OF	9 552	42	40 170	-	-	-	-
Jumlah Total		422	6 173 525	Jumlah Total		318	4 398 551

Keterangan : *) Mendapat bonus karena grading lebih seragam

Note : Bonus was given because the grading was notified more homogen

Tabel 3. Hasil analisis ekonomi
Table 3. Result of economic analysis

Parameter Parameter	Tanpa instalasi UPB, harga bbmt=(Rp./l*) : Without UPB instalation, bbmt price (Rp./l)			Dengan instalasi UPB, harga bbmt (Rp./l*) : With UPB instalation, bbmt price(Rp./l)		
	700	1 000	1 500	700	1 000	1 500
Rasio BC	1.29	1.24	1.18	1.29	1.25	1.18
NPV, Rp	98 547 176	85 977 099	66 105 555	99 835 885	88 246 683	68 931 347
IRR, %	2.78	52.63	52.25	52.73	52.58	52.21

Keterangan : UPB =Udara panas buang

UPB =Waste heat-air

Bbmt =bahan bakar minyak tanah

Bbmt =kerosene fuel-oil

*) Harga di lokasi pengovenan

Price in curing-barn location

udara panas buang masing-masing Rasio BC = 1.29, NPV = Rp. 98 547 176, IRR = 52.78% (Tabel 3). Data yang digunakan untuk analisis ekonomi seperti pada Lampiran 1. Hal ini menunjukkan bahwa pemasangan instalasi pemanfaatan udara panas buang belum memberikan nilai tambah keuntungan yang berarti. Penambahan peluang keuntungan lebih baik baru terjadi jika peningkatan harga minyak tanah sampai Rp. 1 000/l yang memberikan rasio BC = 1.25, NPV = Rp. 88 246 683 dan IRR = 52.58% dibanding tanpa pemasangan instalasi pemanfaatan udara panas buang dengan rasio BC = 1.24 dan NPV = Rp. 85 977 099 dan IRR = 52.63% (Tabel 3). Secara relatif peluang keuntungan dan kemampuan mengembalikan kredit pada pemasangan instalasi pemanfaatan udara panas buang ini akan makin besar jika harga minyak tanah makin tinggi (Tabel 3).

Keuntungan lain pemasangan instalasi pemanfaatan udara panas buang akan menurunkan konsumsi bahan bakar minyak tanah untuk pengolahan tembakau virginia sehingga subsidi untuk bahan bakar tersebut juga akan menurun. Produksi krosok tembakau virginia nasional (1996-2000) rata-rata mencapai 45 558 ton tiap tahun (DIREKTUR TANAMAN SEMUSIM, 2001) dan setiap kg krosok memerlukan minyak tanah 1.352 l/kg, berarti diperlukan 61 594 416 l tiap tahun. Jika pada setiap dua oven dapat

dipasang satu instalasi pemanfaatan udara panas buang, maka sesuai hasil penelitian ini, oven kedua hanya memerlukan 1.141 l minyak tanah per kg krosok. Atau separuh dari produksi krosok nasional hanya memerlukan minyak tanah 1.141 l untuk setiap kg krosok. Sehingga konsumsi minyak tanah nasional tinggal 56 788 047 l atau menghemat 4 806 368 l tiap tahun. Berdasar nilai subsidi minyak tanah 68.25% dari harga semestinya yang harus dibayar sebesar Rp. 1 890/l, seperti diuraikan dimuka berarti jika separuh dari oven petani yang ada menggunakan instalasi pemanfaatan udara panas buang dapat menghemat subsidi Rp. 6.20 milyar tiap tahun.

KESIMPULAN

Pada pengovenan tembakau virginia, pemanfaatan udara panas buang dari oven pertama akan menekan konsumsi minyak tanah dari 1.352 l per kg krosok menjadi 1.141 l per kg krosok atau turun 12.39% pada oven kedua. Secara ekonomi jika dua oven masing-masing dengan kapasitas 3 547 kg daun tembakau virginia dipasangi instalasi pemanfaatan udara panas buang dan harga bahan bakar minyak tanah Rp. 700/l, belum memberikan peluang

keuntungan yang berarti. Hal ini ditunjukkan oleh rasio $BC = 1.29$, $NPV = \text{Rp. } 99.835.885$ dan $IRR = 52.73\%$ jika memasang instalasi tersebut dan rasio $BC = 1.29$ dan $NPV = \text{Rp. } 98.547.176$ dan $IRR = 52.78\%$, jika tidak memasang instalasi tersebut. Pada harga minyak tanah $\text{Rp. } 1.000$ per liter, pemasangan instalasi ini memberikan peluang keuntungan lebih baik (rasio $BC = 1.25$, $NPV = \text{Rp. } 88.246.683$ dan $IRR = 52.58\%$) dibanding tidak memasang (rasio $BC = 1.24$, $NPV = \text{Rp. } 85.977.099$ dan $IRR = 52.63\%$). Peluang keuntungan relatif tersebut makin besar jika harga minyak tanah makin tinggi.

Pemasangan instalasi pemanfaatan udara panas buang diperkirakan memberi dampak cukup besar pada usaha menekan subsidi bahan bakar minyak. Jika pada saat ini diproduksi 45.558 ton krosok tiap tahun dan pada setiap dua oven dapat dipasang instalasi pemanfaatan udara panas buang, maka konsumsi minyak tanah akan menurun sebesar 4.806.368 l, setara dengan $\text{Rp. } 6.20$ milyar tiap tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- ANONYMOUS. 2002. Perkembangan pertembakauan Indonesia tahun 2001. Direktorat Tanaman Semusim. Direktorat Jenderal Bina Perkebunan, Departemen Pertanian. 16p.
- CAMPBELL, J. S. 1995. Tobacco and environment : the continous reduction of worldwide energy source use for green leaf curing. *Beiträge zur Tabakforschung*. XVI (3) : 107-118.
- COLLIN, W. K. and HAWKS, S. N. 1993. Principles of flue-cured tobacco production. N. C. State University, Raleigh, N. C. 358p.
- DAVIS, D. L. and M. T. NIELSEN. 1999. Tobacco production, chemistry and technology. Coresta, Blackwell Science Ltd. 467p.
- HALL, C. W. 1971. Drying farm crops. The Avi Publishing Company, West Port, Connecticut. 336p.
- HIRUN, A., T. SIRATANAPANTA, P. RERKRIANGKRAI, and P. TERDTON. 1986. Energy conservation for Thailand's flue-cured tobacco industry. Proceedings Regional Seminar on Alternative Energy Applications in Agriculture, 27-29 October 1986, Chiangmai, Thailand. p. 1-62.
- TIRTOSASTRO, S. 1998. Panen dan pengolahan tembakau virginia. Monograf Balittas 3. Tembakau Virginia Buku 2. Balai Penelitian Tembakau dan Tanaman Serat Malang. 99p.
- TIRTOSASTRO, S., DARMONO dan SOEBANDI. 2000. Rekayasa tungku briket batubara pada pengovenan daun tembakau virginia. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. V(4) : 135-140.
- TIRTOSASTRO, S., SOEBANDI dan DARMONO. 2001. Rekayasa kolektor surya dan kompor LPG pada pengovenan daun tembakau virginia. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. V(4) : 5-13.
- VOGES, E. 2000. Tobacco encyclopaedia. Tabac Journal International, Mainz, Germany. 279p.

Lampiran 1. Data pengovenan untuk analisis ekonomi
Appendix 1. Data of curing for economic analysis

Parameter Parameter	Biaya pengovenan (Rp./oven) untuk dua oven : Curing budget (Rp./barn) for two barns				
	Tanpa UPB, harga minyak tanah (Rp./l): Without UPB, kerosene price		Dengan UPB, harga minyak tanah (Rp./l) : With UPB, kerosene price		
	700	1 000	1 500	700	1 500
Bangunan oven Curing-barn construction	14 000 000	14 000 000	14 000 000	14 000 000	14 000 000
Instalasi UPB UPB instalation	-	-	-	1 000 000	1 000 000
Harga daun hijau Green leaves price	7 094 000	7 094 000	7 094 000	7 094 000	7 094 000
Upah persiapan, naik-turun oven, stoker, sortasi, pengebalan dll. Wage of preparation, loading-unloading, stocker, sorting, baling, etc.	1 239 878	1 239 878	1 239 878	1 239 878	1 239 878
Kompor, 2 unit Burner, 2 unit	750 000	750 000	750 000	750 000	750 000
Minyak tanah untuk 431 kg krosok(oven*) Kerosene for 431 kg cured-leaves/barn	815 796.8	1 165 424	1 748 136	752 138.1	1 611 724.5
Harga jual krosok, 431 kg/oven, a' Rp. 14 629/kg Flue-cured sale, 431 kg/barn, a Rp. 14 629/kg	12 347 044	12 347 044	12 347 044	12 347 044	12 347 044

Keterangan : *)Tanpa UPB = 431kg/oven x 1.352 l/kg = 582.712 l/oven
Without UPB = 431 kg/barn x 1.352 l/kg = 582.712 l/barn