

PENGGUNAAN FUNGSI PRODUKSI COBB-DOUGLAS PADA ANALISIS SISTEM PRODUKSI CITRONELLA DI JAWA BARAT

Oleh : *Harsono Taroepratjeka** dan *Widiarto***

SARI

Penggunaan model fungsi produksi Cobb-Douglas pada sistem produksi citronella di Jawa Barat (sebagai tahap awal dari pengembangan model pembandingan ekonomi dari teknologi yang dipakai) menunjukkan bahwa sistem produksi citronella di Jawa Barat mempunyai hasil balik skala lebih besar dari satu.

ABSTRACT

The use of Cobb-Douglas production function on citronella production system in West Java (as preliminary stage of economic comparison model of the technology) showed that the return to scale of the system is larger than unity.

* Jurusan Teknik Industri, ITB.

** Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, ITB.

1 Pendahuluan

Berdasarkan praktek distilasi citronella, pada umumnya diterima kebenaran anggapan yang menyatakan rendemen maksimum dapat dicapai dengan berbagai konfigurasi teknik produksi. Seiring dengan anggapan itu pada umumnya diterima juga kebenaran anggapan bahwa rendemen maksimum sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berkenaan dengan tanaman citronella (varietas, pemupukan, kondisi tanah, perawatan, umur tanaman, dan sebagainya).

Dengan memegang anggapan tersebut, bahan baku tidak potensial lagi untuk menjadi variabel model optimasi ongkos, karena takaran bahan baku adalah konstan untuk volume produksi tertentu pada konfigurasi teknik produksi mana pun.

Dari proporsi biaya bahan baku, konversi, dan supervisi (lihat tabel 1), biaya supervisi mempunyai persentase yang cukup kecil. Dalam praktek, kuantitas dan kualitas supervisi yang minimum efektif sulit diukur, sehingga juga sulit untuk diperbandingkan. Kedua alasan tersebut mengakibatkan biaya supervisi dapat ditempatkan di luar model. Dengan demikian variabel yang potensial untuk dicobakan ke dalam model optimasi ongkos adalah biaya konversi, yang merupakan sekitar 24,98% + 35,59% dari ongkos pabrik (menurut tabel 1).

Biaya konversi menyangkut beberapa faktor produksi: bahan bakar, alat, bangunan, dan buruh langsung. Bila tersedia alternatif pengalokasian berbagai faktor produksi tersebut, terdapat kemungkinan untuk membuat konfigurasi yang paling ekonomis. Dalam praktek, dapat dideteksi adanya kesubstitusian antar faktor produksi tersebut. Contoh deskripsi sebagian kemungkinan kesubstitusian faktor produksi tersebut adalah sebagai berikut:

(a) Bahan bakar dengan alat dan bangunan

Bahan bakar dapat dihemat apabila digunakan isolasi panas pada ketel dan pipa. Artinya, pengurangan bahan bakar akan menambah nilai kapital tetap apabila diinginkan *output* yang sama.

(b) Bahan bakar dengan buruh langsung

Kecepatan pemakaian bahan bakar yang lebih tinggi akan mengakibatkan:

- bertambahnya panas yang terbuang, artinya meningkatkan pemakaian bahan bakar per satuan produk;
- mempercepat proses distilasi sehingga efisiensi kerja meningkat; artinya mengurangi jumlah jam-orang per satuan produk.

(c) Alat dan bangunan dengan buruh langsung

Penggunaan peralatan bantu akan mengurangi jumlah jam-orang per satuan produk.

Tabel 1 Struktur modal dan ongkos pabrik

Versi	A(1)*	B(2)*	C(3)*
<i>Kapasitas (TRT):</i>	1800	7800	8640
<i>Metode proses</i>	ADU	UL	UL
<i>Struktur modal:</i>			
Investasi tetap	61%	85%	87%
Modal kerja	39%	15%	13%
Jumlah	100%	100%	100%
<i>Struktur ongkos pabrik:</i>			
Biaya bahan baku	37,41%	59,09%	65,81%
<i>Biaya konversi:</i>			
* biaya bahan bakar	0,46%	14,53%	14,53%
* biaya alat & bangunan	23,75%	11,05%	9,97%
* biaya buruh langsung	0,77%	10,34%	6,40%
Jumlah	24,98%	35,59%	30,90%
Biaya supervisi	1,61%	5,32%	3,29%
Jumlah	100,00%	100,00%	100,00%

Keterangan :

TRT = ton rumput per tahun.

ADU = air dan uap.

UL = uap langsung.

Depresiasi telah diperhitungkan dalam biaya alat & bangunan.

Data di atas didasarkan pada beberapa sumber di bawah ini; dengan penstrukturan, penyederhanaan, dan perhitungan persentase berdasarkan struktur tersebut.

*) Sumber: Pustaka (1), (2), (3).

2 Konsep fungsi produksi

De Neufville dan Stafford (4) mendefinisikan fungsi produksi sebagai deskripsi matematis dari *output* maksimum yang dapat diperoleh dari suatu himpunan beberapa sumber tertentu.

Fungsi produksi dapat dinyatakan secara umum sebagai berikut :

$$h = g(f_1, \dots, f_k; p_1, \dots, p_n) \tag{2.1}$$

g adalah fungsi yang mengandung satu atau lebih parameter p; h menunjukkan

hasil; dan f menunjukkan faktor produksi, misalnya tenaga kerja, kapital, tanah, dan lainnya.

Nilai berbagai variabel fungsi produksi dikehendaki dalam bentuk indikator fisik. Hubungan yang melibatkan nilai uang dinyatakan dalam fungsi lain yang dapat dirumuskan berdasarkan fungsi produksi.

Sebagian karakteristik fungsi produksi bergantung kepada nilai sumber yang diumpangkan, dan sebagian lagi bergantung kepada cara mengumpangkan sumber tersebut (teknologi produksi).

Mengetahui fungsi produksi atas suatu sistem produksi, sistem usaha, atau sistem lainnya adalah penting karena dengan demikian (antara lain) pertanyaan berikut (5) dapat dijawab :

- (a) Sejauh mana jumlah *output* akan berubah bila jumlah sebagian *input* ditambah, sementara *input* yang lain dibuat tetap?
- (b) Sejauh mana jumlah *output* akan berubah bila jumlah sebagian *input* dikurangi, sementara *input* yang lain ditambah?
- (c) Sejauh mana jumlah *output* akan berubah bila sebagian atau seluruh *input* ditambah dengan proporsi yang sama atau pun tidak sama?

3 Metode proses

Sampai saat ini dikenal dua metode proses distilasi citronella. Yang pertama metode air dan uap (ADU), dan yang kedua metode uap langsung (UL). Keduanya dipakai secara luas di dalam praktek.

Salah satu perhatian studi ini adalah menyelidiki perbandingan ekonomis atas kedua metode proses tersebut. Hal itu menarik karena terdapat gejala yang bertentangan.

Sebagai metode yang relatif lebih modern dan lebih memberikan keleluasaan pengontrolan proses, pemakaian UL sering direkomendasikan, misalnya pada (2), (3), dan (6), khususnya untuk produksi dalam skala besar. Akan tetapi dalam praktek, hasil (rendemen dan kualitas minyak) UL sama saja dengan ADU. Yang menarik dari kenyataan adalah adanya gejala harga pokok (minyak citronella) yang lebih tinggi pada UL. Belum pernah ada penelitian yang mengkonfirmasi gejala tersebut. Untuk meneliti efek ekonomis dari pemilihan metode proses, dilakukan dikotomi atas UL dan ADU. Di dalam model dikotomi ini diterjemahkan sebagai variabel semu (*dummy variable*), dengan hipotesis UL superior terhadap ADU.

4 Keterpaduan unit produksi

Untuk membentuk skala produksi, dapat dipilih salah satu cara penyusunan

unit produksi dari beberapa cara berikut :

- (a) dibuat satu ketel bahan yang cukup besar hingga memenuhi skala produksi yang dimaksud;
- (b) dibuat dua ketel bahan atau lebih dan dioperasikan secara terpadu, yaitu mendayagunakan berbagai faktor produksi untuk tiap-tiap ketel bahan yang secara fisik saling mempengaruhi. Misalnya, satu tungku untuk melayani pemanasan dua ketel, satu unit alat bantu untuk melayani beberapa ketel, satu operator tungku melayani dua tungku, dan sebagainya;
- (c) dibuat dua ketel bahan atau lebih, dan dioperasikan secara independen. Pengoperasian satu atau sekelompok ketel dengan kapasitas total lebih kecil dari suatu standar (kriteria) digolongkan kepada pengoperasian secara independen.

Cara (a) dan (b) dikatakan sebagai indikator unit produksi yang terpadu. Cara (c) dianggap sebagai indikator unit produksi yang tidak terpadu. Terpadu dan tidak terpadu merupakan dikotomi dari keterpaduan unit produksi.

Dihipotesiskan: cara yang terpadu memberikan efisiensi produksi yang lebih baik, dan oleh karenanya juga memberikan ongkos satuan hasil yang lebih rendah.

Dikotomi tersebut diterjemahkan dalam model sebagai variabel semu, dengan hipotesis unit produksi terpadu superior terhadap unit produksi yang tidak terpadu. Kriteria terpadu dan tidak terpadu akan dirumuskan secara operasional dalam uraian pengolahan data (butir 8).

5 Model deduktif atau induktif

Bila cara deduktif akan ditempuh untuk menyelidiki berbagai hubungan terperinci antar faktor produksi citronella, dalam rangka membentuk fungsi produksi, maka akan ditempuh prosedur yang sangat panjang, antara lain akan menyangkut :

- (a) studi kecepatan kerja, efek kelelahan, kondisi tempat kerja, efek penggunaan alat bantu, dan sebagainya (studi waktu dan gerak);
- (b) studi konduktivitas panas, tetapan konduktivitas, aliran fluida, efisiensi termal, dan sebagainya (studi perpindahan panas dan mekanika fluida);
- (c) studi efek kecepatan penetrasi uap pada daun, pengaruh suhu dan tekanan uap terhadap efektivitas distilasi, pengaruh dimensi ketel daun terhadap periode siklus distilasi, dan sebagainya (studi proses distilasi);
- (d) studi konstruksi atap, struktur bangunan sederhana bertingkat, efek bahan terhadap ekonomi bangunan, dan sebagainya (studi konstruksi);
- (e) studi desain dan tata letak peralatan, dan lain-lain.

Meski pun menyadari kritik de Neufville dan Marks (7), namun dengan gambaran tersebut dapat diperkirakan bahwa cara deduktif akan terlampau banyak mengerahkan sumber penelitian. Karena itu, dengan mendasarkan kepada konfigurasi teknik produksi citronella yang telah ada, dianggap lebih baik, untuk memberikan sifat studi sebagai studi pendahuluan (*preliminary study*) yang mampu memberikan indikator global, sehingga pengarahan sumber penelitian relatif akan lebih kecil.

Studi dengan prosedur deduktif dapat disarankan sebagai studi lanjut apabila hasil penelitian ini mengindikasikan prospek perbaikan yang memberikan ekspektasi ekonomis yang dianggap layak.

Karena berbagai variabel yang potensial untuk dimodelkan merupakan faktor produksi, dan mengingat pokok dan tujuan studi, maka pemodelan dengan fungsi produksi dianggap relevan dan mampu menjadi teknik manipulasi dari *input* yang dapat diperoleh untuk menghasilkan *output* yang diinginkan.

Fungsi Cobb-Douglas (8) untuk konteks studi ini memberikan beberapa kemudahan dan kesesuaian terhadap maksud penelitian yang merupakan karakteristik yang unik dan relevan. Keuntungannya adalah :

- (a) bentuk Cobb-Douglas dapat dengan mudah dipindah-wujudkan menjadi persamaan linier dalam logaritma variabelnya. Kelinieran ini khususnya memudahkan estimasi yang diperlukan;
- (b) memungkinkan estimasi hasil balik skala dan elastisitas *output* dari tiap-tiap faktor produksi yang diperhitungkan di dalam model;
- (c) fungsi ongkosnya (sebagai alternatif fungsi suplai) relatif mudah diinterpretasikan karena tetap berbentuk fungsi *double-logarithmic* sehingga berbagai sifat yang serupa dengan sifat fungsi produksi Cobb-Douglas yang lebih umum (fungsi ongkos merupakan keadaan khusus dari fungsi produksi) dapat segera diidentifikasi kembali.

6 Pemodelan fungsi produksi (model induktif dasar)

Tujuan

Yang dimaksud dengan pemodelan fungsi produksi adalah pemodelan yang didasarkan kepada proses induktif, dari data kuantitas fisik dan indikator dikotomi dari berbagai faktor produksi yang diperoleh pada sampel, dan pemodelan ongkos yang didapatkan melalui pengkonversian fungsi produksi tersebut.

Tujuan dari pemodelan ini adalah untuk menentukan atau meramalkan konfigurasi yang lebih atau paling ekonomis, melalui inferensi statistik, tanpa terlebih dulu menganggap bahwa populasi sistem produksi yang diwakili oleh sampel berada dalam konfigurasi teknik produksi yang optimum ekonomis.

Tujuan yang lebih mendasar dari pemodelan ini adalah untuk mengukur keopti-

muman teknik yang telah dapat dicapai dalam praktek, dan untuk melihat aspek ongkos dari konfigurasi optimum yang potensial.

Pengembangan model

Model Cobb-Douglas merupakan fungsi log-linier. Fungsi produksi yang menyangkut n faktor produksi yang didasarkan pada model tersebut berbentuk :

$$h = p_0 \prod_{i=1}^n f_i^{p_i} \tag{6.1}$$

dengan h adalah hasil (*output*), p tetapan, dan f faktor produksi (*input*).

Salah satu sifat model Cobb-Douglas dapat diidentifikasi sebagai fungsi homogen berderajat k :

$$k = \sum_{i=1}^n p_i \tag{6.2}$$

yang dapat dipakai untuk menilai jumlah *ouput* yang akan berubah bila *input* berubah secara proporsional.

Bentuk model produksi

$$h = p_0 f_1^{p_1} f_2^{p_2} f_3^{p_3} d_1^{k_1} d_2^{k_2} \tag{6.4}$$

h = hasil (*output*) sistem produksi yang dinyatakan dalam jumlah ton rumput citronella maksimum yang dapat diolah per tahun, dengan satuan 1000 TRT (TRT = ton rumput per tahun).

p,k = tetapan

f₁ = arus pengorbanan alat dan bangunan (per tahun) yang dikuantitasikan berdasarkan indeks dengan acuan harga alat dan bangunan pada akhir 1979 di Bandung, dalam satuan juta rupiah acuan per tahun

f₂ = jumlah jam-orang buruh langsung per tahun, dengan satuan 1000 jam-orang per tahun

f₃ = jumlah bahan bakar per tahun, dengan satuan 1000 TEAK (TEAK = ton ampas kering rumput citronella ekivalen) per tahun

d₁ = 1, untuk metode proses air dan uap (ADU)
 10, untuk metode proses uap langsung (UL)

d₂ = 1, untuk unit produksi tak terpadu
 10, untuk unit produksi terpadu

7 Pengumpulan data

Data diambil di Jawa Barat karena daerah ini merupakan daerah penghasil citronella dengan jumlah lebih dari 90% dari hasil citronella seluruh Indonesia.

Pada prinsipnya data yang dicatat ketika dilakukan observasi dapat digolongkan menjadi 6 bagian berikut.

Kemampuan produksi (D1)

Dilakukan wawancara untuk mendapatkan informasi yang sebaik-baiknya (paling benar ditinjau dari alasannya) tentang produksi maksimum yang dapat dilakukan pada sistem produksi tersebut. Elemen dari golongan data ini meliputi :

- jumlah pemasakan per hari (D1.1)
- jumlah ketel bahan baku per pemasakan (D1.2)
- kapasitas satu ketel bahan baku (ton rumput) (D1.3)
- jumlah hari kerja per tahun (D1.4)

Struktur waktu operasi (D2)

Tiap penggal elemen operasi dicatat lamanya (dalam satuan jam), yaitu :

- lama pemanasan (D2.1)
- lama pemasukan bahan baku per pemasakan (D2.2)
- lama satu kali pemasakan (distilasi) (D2.3)
- lama pengeluaran ampas per pemasakan (D2.4)

Buruh langsung (D3)

Jumlah buruh langsung untuk tiap penggal elemen dari (D2) dicatat (dalam satuan orang), yaitu :

- jumlah buruh langsung untuk (D2.1), yaitu (D3.1)
- jumlah buruh langsung untuk (D2.2), yaitu (D3.2)
- jumlah buruh langsung untuk (D2.3), yaitu (D3.3)
- jumlah buruh langsung untuk (D2.4), yaitu (D3.4)

Bahan bakar (D4)

Dalam pendataan bahan bakar ini digunakan satuan TEAK (ton ampas kering rumput citronella ekivalen). Pada umumnya digunakan ampas kering rumput citronella sebagai bahan bakar. Bahan bakar lain adalah minyak tanah, solar, kayu, dan sebagainya. Setiap sistem produksi citronella, bila tidak selalu, paling tidak sesekali atau dalam suatu periode pernah menggunakan ampas tersebut sebagai bahan bakar. Oleh karena itu jumlah pemakaian bahan bakar tidaklah sulit untuk didatakan dalam satuan TEAK.

Data bahan bakar meliputi :

- jumlah bahan bakar untuk satu kali pemanasan (D4.1)
- jumlah bahan bakar untuk satu kali pemasakan (D4.2)

Peralatan dan bangunan (D5)

Secara global data ini mempunyai dua dimensi. Dimensi pertama adalah nilai tiap jenis peralatan dan bangunan yang digunakan, dengan patokan harga alat dan bangunan pada akhir 1979 di Bandung, dalam juta rupiah. Dimensi kedua adalah umur tiap jenis peralatan atau bangunan tersebut. Pendataan ini pada dasarnya mengambil pendekatan analisis nilai.

Untuk memperoleh kemudahan pendataan, ditempuh cara sebagai berikut :

1 Disiapkan daftar harga acuan yang meliputi harga pelat besi, harga pipa, harga timbangan, harga standar pasangan dan plesteran tembok, dan harga wadah (*container*) minyak.

2 a Pengamat dan responden (wakil perusahaan) menentukan (memperkirakan) bagian peralatan dan bangunan yang membentuk *use value* (jumlah peralatan dan bangunan minimum yang mendukung spesifikasi kemampuan produksi).

b Kemudian berdasarkan daftar harga acuan, diperkirakan nilainya (dengan menganggap bangunan dan peralatan baru dipasang saat itu).

c Umur peralatan dan bangunan juga ditetapkan oleh pengamat dan responden. Nilai sisa dinolkan untuk mengkompensasikan ongkos perawatan.

d Proses (a), (b), dan (c) merupakan proses interaksi iteratif (melokalisasi suatu nilai dengan diulang-ulang menuju ambang yang makin menyempit) antara pengamat dan responden.

e Dalam hal jawaban responden dianggap tidak memuaskan (yaitu tanpa didukung oleh alasan yang masuk akal), maka pengamat mendasarkan pada perbandingan dengan sistem produksi lainnya.

3 Arus pengorbanan dari sesuatu alat atau bangunan adalah nilai acuan dibagi umur guna. Jadi berprinsip seperti depresiasi garis lurus.

(D5) meliputi elemen arus pengorbanan (dalam satuan juta rupiah acuan per tahun), yaitu ketel bahan baku (D5.1), ketel uap (*steam boiler*) (D5.2), pipa-pipa (D5.3), timbangan (D5.4), cerobong asap (D5.5), bangunan utama (D5.6), bak pendingin (D5.7), tungku (D5.8), sewa tanah, standar sewa tanah HGU (D5.9), wadah (*container*) (D5.10), katrol (D5.11), kamar minyak (D5.12), lain-lain (D5.13).

Ongkos faktor produksi (D6)

Dalam hal ini (D6) hanya akan meliputi ongkos satuan bahan bakar (D6.2) dan ongkos satuan buruh langsung (D6.1). Ongkos peralatan dan bangunan secara simultan telah dicakup oleh (D5).

(D6.2) merupakan ongkos satuan bahan bakar rata-rata, dalam juta rupiah per 1000 TEAK, dengan rata-rata rentang waktu satu tahun. Bila digunakan ampas sebagai bahan bakar, maka ongkos satuan bahan bakar adalah upah penjemur

ampas tiap 1000 ton ampas kering. Bila digunakan bahan bakar lain (misalnya minyak tanah), maka ongkos satuan bahan bakar adalah harga satuan bahan bakar tersebut di tempat itu. Kemudian berdasarkan ekivalensi satuan bahan bakar terhadap ton ampas kering (menurut pengalaman unit produksi yang sedang ditinjau), nilainya dikonversi ke juta rupiah per 1000 TEAK. Bila digunakan kombinasi dari dua jenis bahan bakar atau lebih, maka diperhitungkan ongkos satuan bahan bakar melalui rata-rata perimbangan (*weighted average*). Rata-rata dilakukan setelah konversi ke juta rupiah per 1000 TEAK untuk masing-masing jenis bahan bakar.

(D6.1) merupakan ongkos satuan buruh langsung rata-rata, dalam satuan juta rupiah per 1000 jam-orang.

8 Pengolahan data

Aliran pengolahan data

Aliran pengolahan data terlihat pada tabel 2.

Nilai parameter model diperoleh untuk tingkat produksi pada dan di bawah kapasitas, yaitu pada 100%, 80%, dan 50% dari kapasitas.

Didasari pengalaman observasi langsung, perumusan kriteria operasional dari keterpaduan unit produksi adalah sebagai berikut:

'Unit produksi dikatakan *tidak* terpadu, bila untuk pengoperasian satu atau sekelompok ketel bahan, yang independen terhadap satu atau sekelompok ketel bahan lain, memberikan kapasitas total tidak lebih dari 1100 TRT'.

Data (*input*) untuk multiregresi disusun menurut nilai respon yang menaik, untuk memperoleh manfaat berikut:

- mengurangi waktu penggunaan komputer;
- uji otokorelasi tetap dapat diselenggarakan dengan memodifikasikan pengertian serial, yaitu bukan antara dua observasi yang berurutan, melainkan antara dua nilai respon yang berdekatan;
- kemungkinan terjadinya heterosedaktisitas, dalam hal tertentu akan terdeteksi dan terkoreksi oleh program komputer yang dikembangkan atau dipakai di sini.

Uji F dilakukan untuk menilai kesahihan (*validity*) model.

Deskripsi dari kode model-modelnya terlihat pada tabel 3.

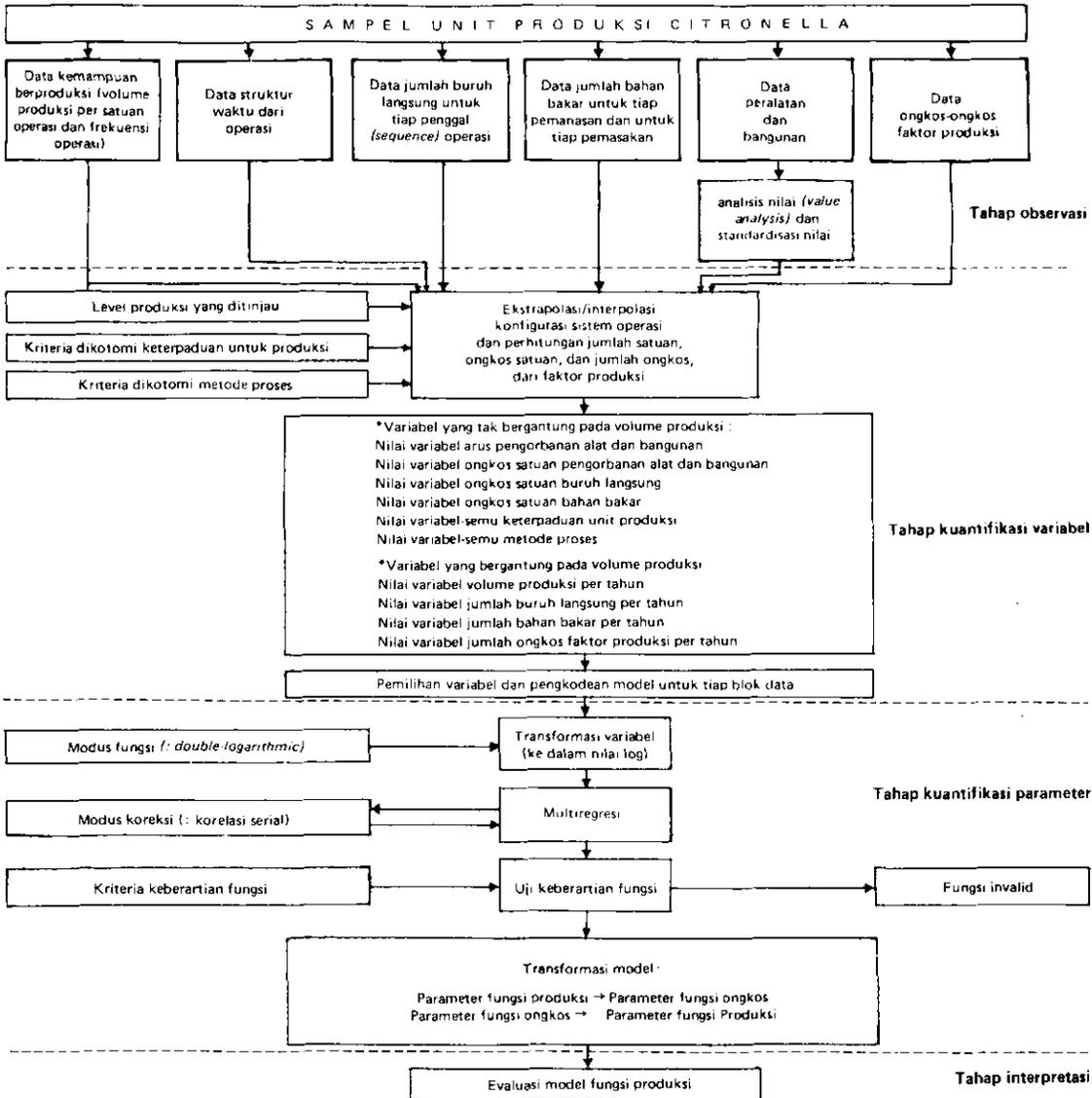
Berbagai variabel input

(1) Volume produksi per tahun pada *level* produksi U:

$$h = (D1.1) \times (D1.2) \times (D1.3) \times (D1.4) \times U;$$

$$U = 1,0, 0,8, \text{ atau } 0,5$$

Tabel 2 Aliran pengolahan data



Tabel 3 Deskripsi kode model-model

(Kode) Model	Level/ produksi (Utilisasi, U)	Variabel respon	Variabel kenol	Koefisien kenol	Variabel kesatu	Koefisien kesatu	Variabel kedua	Koefisien kedua	Variabel ketiga	Koefisien ketiga	Variabel keempat	Koefisien keempat	Variabel kelima	Koefisien kelima
11	100%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3				
21	100%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3	d_1	k_1		
31	100%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3	d_2	k_2		
41	100%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3	d_1	k_1	d_2	k_2
12	80%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3				
22	80%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3	d_1	k_1		
32	80%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3	d_2	k_2		
42	80%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3	d_1	k_1	d_2	k_2
13	50%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3				
23	50%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3	d_1	k_1		
33	50%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3	d_2	k_2		
43	50%	h	1	P_0	f_1	p_1	f_2	p_2	f_3	p_3	d_1	k_1	d_2	k_2

Keterangan :

- 1 Arti lambang dapat dilihat kembali pada butir 6.
- 2 Nilai berbagai variabel di atas merupakan *input* pokok bagi program komputer (diolah dalam prosedur multiregresi *double logarithmic* yang adalah juga multiregresi linier), dan sebagai *output* pokoknya adalah nilai koefisien.
Khusus untuk variabel kenol, ditransformasi dulu menjadi nilai antilognya, 10, dan *output* untuk koefisien kenol adalah dalam bentuk $\log P_0$ atau $\log k_0$.
- 3 Jika d_i tidak muncul, maka di situ faktor tersebut dianggap tidak berperan.

(2) Arus pengorbanan alat dan bangunan :

$$f = (D5.1) + (D5.2) + \dots + (D5.13)$$

(3) Jumlah buruh langsung per tahun (9)

(a) Dengan memperhitungkan jumlah pemanasan per tahun (P) secara empiris, yang didasarkan pada kebiasaan unit produksi citronella di Jawa

Barat, diperoleh aturan keputusan sebagai berikut :

Untuk $U = 1,0$ dan $U = 0,8$:

$P = 300$ bila ' D ' > 3

$P = 48$ bila ' D ' < 3 , dimana

' D ' = $24 - ((D2.2) + (D2.3) + (D2.4)) \times (D1.1) + (D2.1)$

Untuk $U = 0,5$, maka :

$P = 300$ bila $(D1.1)$ kelipatan 2

$P = 225$ bila $(D1.1)$ ganjil dan kelipatan 3

(b) Selanjutnya, jumlah buruh langsung (dalam ribuan jam-orang) ditentukan sebagai berikut :

$$f_2 = (P \times (D2.1) \times (D3.1) + ((D2.2) \times (D3.2) + (D2.3) \times (D3.3) + (D2.4) \times (D3.4)) \times (D1.1) \times (D1.4) \times U) / 1000$$

(4) Jumlah bahan bakar per tahun

$$f_3 = P \times (D4.1) + (D1.1) \times (D1.4) \times (D4.2) \times U.$$

Program komputer

Program komputer yang dikembangkan berdasarkan multiregresi linier dengan metode kemungkinan maksimum. *Input* utamanya berupa nilai-nilai antilog dari variabel fungsi linier. Program utama dilengkapi dengan uji otokorelasi Durbin Watson; bila nyata (*significant*) terjadi otokorelasi maka penghitungan multiregresi akan diulang untuk perbaikan berdasarkan koefisien otokorelasinya.

Dua *subroutine* dibuat, masing-masing untuk menghitung perkalian matriks dan penghitungan *inverse*

Ringkasan output program komputer

Ringkasan *output* program komputer mengenai koefisien dari masing-masing model terlihat pada tabel 4, sedang status korelasi berdasarkan metode Durbin-Watson (untuk $\alpha = 5\%$) terdapat dalam tabel 5.

9 Pembahasan hasil penelitian

Otokorelasi

Dari 12 blok data (lihat tabel 1) yang diumpangkan ke dalam program multiregresi *double-logarithmic* yang dilengkapi dengan modus koreksi korelasi serial, hanya dua blok data yang menghasilkan kesimpulan yang berarti (*significant*). Model 13 menghasilkan kesimpulan bebas otokorelasi, dan model 33 menghasilkan kesimpulan berotokorelasi. Oleh program komputer, model 33 ini diperbaiki menjadi model 33-1 (lihat tabel 4).

Model lainnya tidak memberikan kesimpulan apa-apa tentang otokorelasi. Mengingat kecilnya jumlah sampel, maka uji otokorelasi yang dilakukan diang-

Tabel 4 Ringkasan *output* program komputer

Model	K O E F I S I E N											Variansi terjelaskan	Koefisien determinasi	Statistik F	Statistik D	b	
	Kenol		Kesatu		Kedua		Ketiga		Keempat		Kelima						
	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean	S.E.	Mean						S.E.
11	0,633	0,566	0,992	0,336	0,056	0,364	0,416	0,184					0,008	0,961	57,559	1,821	1,464
21	0,913	0,755	1,206	0,502	-0,086	0,436	0,400	0,195	-0,058	0,097			0,009	0,963	39,299	1,693	1,124
31	0,058	0,495	0,519	0,324	0,253	0,292	0,368	0,142	0,182	0,075			0,005	0,980	74,603	3,485	1,140
41	0,477	0,514	0,835	0,350	0,057	0,288	0,332	0,129	-0,104	0,065	0,208	0,069	0,004	0,986	75,524	3,600	1,224
12	0,565	0,538	0,975	0,338	0,059	0,365	0,426	0,188					0,008	0,961	57,525	1,794	1,460
22	0,812	0,722	1,176	0,508	-0,055	0,437	0,408	0,200	-0,54	0,098			0,009	0,962	38,951	1,676	1,529
32	0,004	0,471	0,501	0,323	0,257	0,291	0,378	0,145	0,183	0,075			0,005	0,908	75,145	3,484	1,136
42	0,387	0,496	0,810	0,356	0,070	0,290	0,339	0,134	-0,101	0,066	0,208	0,069	0,004	0,986	73,760	3,580	1,219
13	0,440	0,513	1,010	0,349	0,070	0,384	0,401	0,180					0,008	0,959	55,949	2,078	1,481
23	0,675	0,687	1,218	0,524	-0,052	0,462	0,383	0,192	-0,055	0,100			0,009	0,961	37,890	1,902	1,549
33	-0,039	0,483	0,588	0,353	0,248	0,329	0,352	0,150	0,168	0,081			0,006	0,976	62,572	3,528	1,188
33-1	-0,079	0,190	0,471	0,138	0,214	0,219	0,439	0,056	0,196	0,022			0,001	0,998	899,116	2,614	1,124
43	0,328	0,516	0,912	0,398	0,042	0,337	0,309	0,142	-0,107	0,075	0,198	0,078	0,005	0,983	58,960	3,423	1,263

Keterangan :

S.E = standard error, deviasi standar

Tabel 5 Status korelasi serial atas residu berdasarkan metode Durbin Watson pada $\alpha = 5\%$.

Model	Jumlah variabel dan sampel	Statistik d	Batas bawah d_L	Batas atas d_U	d dan 2,0	Daerah kriteria			Kesimpulan
						Berkorelasi	Tak berkesimpulan	Tak berkorelasi	
						$d < 2 \rightarrow d < d_L$ $d > 2 \rightarrow d > 4 - d_L$	$d < 2 \rightarrow d_L < d < d_U$ $d > 2 \rightarrow 4 - d_U < d < 4 - d_L$	$d < 2 \rightarrow d > d_U$ $d > 2 \rightarrow d < 4 - d_U$	
11	3;11	1,821	0,65	1,83	$d < 2,0$	$d < 0,65$	0,65 $< d <$ 1,83	$d >$ 1,83	Tak berkesimpulan
21	4;11	1,693	0,49	2,18	$d < 2,0$	$d < 0,49$	0,49 $< d <$ (2,18)	$d >$ (2,18)	Tak berkesimpulan
31	4;11	3,485	0,49	2,18	$d > 2,0$	$d > 3,51$	(1,82) $< d <$ 3,51	$d <$ (1,82)	Tak berkesimpulan
41	5;11	3,600	0,32	2,32	$d > 2,0$	$d > 3,68$	(1,68) $< d <$ 3,68	$d <$ (1,68)	Tak berkesimpulan
12	3;11	1,794	0,65	1,83	$d < 2,0$	$d < 0,65$	0,65 $< d <$ 1,83	$d >$ 1,83	Tak berkesimpulan
22	4;11	1,676	0,49	2,18	$d < 2,0$	$d < 0,49$	0,49 $< d <$ (2,18)	$d >$ (2,18)	Tak berkesimpulan
32	4;11	3,484	0,49	2,18	$d > 2,0$	$d > 3,51$	(1,82) $< d <$ 3,51	$d <$ (1,82)	Tak berkesimpulan
42	5;11	3,580	0,32	2,32	$d > 2,0$	$d > 3,68$	(1,68) $< d <$ 3,68	$d <$ (1,68)	Tak berkesimpulan
13	3;11	2,078	0,65	1,83	$d > 2,0$	$d > 3,35$	(2,17) $< d <$ 3,35	$d <$ 2,17	Tak berkorelasi
23	4;11	1,902	0,49	2,18	$d < 2,0$	$d < 0,49$	0,49 $< d <$ (2,18)	$d >$ (2,18)	Tak berkesimpulan
33	4;11	3,528	0,49	2,18	$d > 2,0$	$d > 3,51$	(1,82) $< d <$ 3,51	$d <$ (1,82)	Berkorelasi
33-1	4;11	2,614	0,49	2,18	$d > 2,0$	$d > 3,51$	(1,82) $< d <$ 3,51	$d <$ (1,82)	Tak berkesimpulan
43	5;11	3,423	0,32	2,32	$d > 2,0$	$d > 3,68$	(1,68) $< d <$ 3,68	$d <$ (1,68)	Tak berkesimpulan

Keterangan :

d_L dan d_U didapatkan dari ekstrapolasi d_{α} (tabel 1)

Bilangan di dalam kurung mempunyai nilai efektif = 2

gap telah memberikan manfaat yang cukup (yang berupa informasi status otokorelasi), sehingga tidak perlu dilakukan upaya lain yang bersifat lanjut. Dalam hal ini kesimpulan yang dihasilkan oleh uji otokorelasi tetap mengharuskan dipengangannya asumsi homoskedastisitas dan tidak disifati oleh otokorelasi.

Dengan demikian dari uji Durbin-Watson ini ada suatu catatan yang menyatakan seluruh model mempunyai kemungkinan untuk dapat ditingkatkan ketepatannya, kecuali model 13 yang telah dapat disimpulkan bebas dari korelasi serial.

Validitas model

Model 11 sampai dengan model 43 seluruhnya menghasilkan model yang sah (*valid*) (menurut uji-F).

Di samping sah, juga konsisten, dalam arti penambahan variabel pada umumnya menurunkan nilai variansi-tak-terjelaskan dan meningkatkan nilai koefisien determinasi.

Hasil balik skala (return to scale)

Seluruh pemodelan menghasilkan sejumlah model dengan b lebih besar dari 1 (lihat tabel 4; b = jumlah koefisien pertama, kedua, dan ketiga). Hal ini menunjukkan terjadi ekonomi skala, yaitu satuan produksi yang lebih besar mempunyai ongkos satuan produksi yang lebih rendah.

10 Kesimpulan

- (a) Model Cobb-Douglas dapat dikembangkan untuk menilai berbagai konfigurasi sistem produksi.
- (b) Model fungsi produksi yang dikembangkan dari model Cobb-Douglas untuk sistem produksi citronella di Jawa Barat menunjukkan hasil balik skala (*return to scale*) lebih besar dari satu, yang berarti peningkatan kapasitas produksi mengakibatkan ongkos satuan produksi lebih rendah.

11 Pustaka

- 1 'Penyulingan dan cara menanam sereh wangi, kalkulasi perusahaan sereh wangi, *Gema Industri Kecil*, no. 6 tahun 1975, Departemen Perindustrian, Proyek Bimbingan dan Pengembangan Industri Kecil.
- 2 *Studi Komoditi Minyak Sereh*, LAPI-ITB, 1979.
- 3 Sumodihardjo, Budiono: *Feasibility Study Pendirian Pabrik Penyulingan*

Minyak Citronella di desa Cikoneng, Kabupaten Ciamis.

Tesis, Departemen Teknik Industri ITB, 1979, tidak diterbitkan.

- 4 De Neufville, R & Stafford, J. H.: *System Analysis for Engineers and Managers*, Mc Graw Hill, New York, 1971.
- 5 Thompson, A. A., Jr.: *Economics of the Firm*, 2nd ed., Prentice Hall, New Jersey, 1977.
- 6 Guenther, E.: *The Essential Oil*, vol. IV, Kruger, New York, 1972.
- 7 De Neufville, R & Marks, D. H. (eds): *Systems Planning and Design*, Prentice Hall, New Jersey, 1974.
- 8 Lesser, C. E. V.: *Econometric Techniques and Problems*, 2nd ed, Griffin, London, 1974.
- 9 Widiarto: *Penelitian Konfigurasi Teknik Industri dengan Teknik Evaluasi yang dikembangkan dari Model Cobb-Douglas untuk Evaluasi dan Perencanaan Sistem Produksi Citronella*, Tesis, Departemen Teknik Industri ITB, 1980., tidak diterbitkan

12 Lampiran

1 Kemampuan produksi (D1)

Kode sampel	(D1.1)	(D1.2)	(D1.3)	(D1.4)
01	8	1	1,2	300
02	3	1	1,0	300
03	3	1	0,8	300
04	8	2	1,0	300
05	4	1	2,3	300
06	6	1	0,6	300
07	6	4	1,2	300
08	6	2	1,2	300
09	3	1	0,6	300
10	3	1	1,0	300
11	2	2	1,0	300

Keterangan :

(D1.1) : jumlah pemasakan per hari.

(D1.2) : jumlah ketel bahan baku pemasakan.

(D1.3) : kapasitas 1 ketel bahan baku (ton rumput citronella).

(D1.4) : jumlah hari kerja per tahun.

Data di atas merupakan nilai yang dimaksudkan pada utilitas 100%.

2 Struktur waktu operasi (D2)

Kode sampel	(D2.1)	(D2.2)	(D2.3)	(D2.4)
01	2,00	0,50	2,00	0,50
02	2,00	0,50	4,50	1,00
03	2,00	2,00	4,500	1,00
04	0,75	0,50	2,00	0,50
05	2,00	1,50	3,50	1,00
06	2,00	0,50	3,00	0,50
07	1,00	0,50	3,00	0,50
08	1,00	0,50	3,00	0,50
09	1,00	0,75	3,00	0,50
10	2,00	1,00	2,50	1,00
11	3,00	1,00	5,00	3,00

Keterangan :

(D2.1) : lama pemanasan.

(D2.2) : lama pemasukan bahan baku per pemasakan.

(D2.3) : lama satu kali pemasakan (distilasi).

(D2.4) : lama pengeluaran ampas per pemasakan.

Satuan : jam.

3 Buruh langsung (D3)

Kode sampel	(D3.1)	(D3.2)	(D3.3)	(D3.4)
01	3	3	3	3
02	3	3	1	3
03	2	2	1	3
04	5	5	5	5
05	2	2	2	2
06	2	2	2	2
07	8	8	8	8
08	3	3	3	3
09	2	2	2	2
10	2	2	2	2
11	2	2	2	2

Keterangan :

- (D3.1) : jumlah buruh langsung untuk pemanasan (D2.1).
 - (D3.2) : jumlah buruh langsung untuk pemasukan bahan baku per pemasakan (D2.2).
 - (D3.3) : jumlah buruh langsung untuk satu kali pemasakan (D2.3).
 - (D3.4) : jumlah buruh langsung untuk pengeluaran ampas per pemasakan (D2.4).
- Satuan : orang.

4 Bahan bakar (D4)

Kode sampel	(D4.1)	(D4.2)
01	0,840	0,840
02	0,840	1,050
03	0,653	1,470
04	0,600	1,600
05	0,920	1,610
06	0,280	0,420
07	1,120	3,360
08	0,560	1,680
09	0,140	0,420
10	0,490	0,612
11	0,420	0,700

Keterangan :

- (D4.1) : bahan bakar untuk satu kali pemanasan.
 - (D4.2) : bahan bakar untuk satu kali pemasakan.
- Satuan : TEAK (ton ampas kering rumput citronella ekuivalen).

5 Daftar harga acuan

No. urut	Nama barang	Satuan	Harga satuan
1	Baja lembaran tebal 3mm	Lembar (1m x 2m)	Rp 22.500,- Rp
2	Pipa ledeng: ϕ 2"	Batang (6m)	Rp 10.000,-
	ϕ 1½"	Batang (6m)	Rp 7.500,-
3	Timbangan lengan 1 kW	Buah	Rp 30.000,-
4	Harga (bahan + upah) Pasangan bata (tanpa diplester)	1m ³	Rp 23.000,-
	Plesteran	1m ³	Rp 1.500,-
5	Drum oli (200 ltr.) (bekas)	Buah	Rp 3.000,-

Keterangan :

Harga di atas merupakan hasil pengamatan di kota Bandung, antara Oktober—November 1979

6 Arus pengorbanan alat dan bangunan (D5)

Kode sampel Data	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11
(D5.1)	0,060	0,050	0,043	0,200	0,100	0,035	0,286	0,143	0,080	0,046	0,100
(D5.2)	—	—	—	0,128	—	—	—	0,171	—	—	0,057
(D5.3)	0,037	0,002	0,022	0,006	0,006	0,003	0,012	0,006	0,001	0,002	0,005
(D5.4)	0,001	0,001	0,001	0,010	0,001	0,001	0,010	0,010	0,001	0,001	0,001
(D5.5)	0,006	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,024	0,003	0,001	0,002	0,002
(D5.6)	0,175	0,133	0,087	0,120	0,120	0,170	0,220	0,160	0,050	0,100	0,100
(D5.6)	0,175	0,133	0,887	0,120	0,120	0,170	0,				
(D5.7)	0,041	0,029	0,014	0,031	0,013	0,015	0,080	0,047	0,004	0,041	0,011
(D5.8)	0,030	0,015	0,012	0,0140	0,025	0,014	0,125	0,025	0,008	0,016	0,026
(D5.9)	0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,000	0,000
(D5.10)	0,002	0,001	0,000	0,005	0,002	0,001	0,006	0,004	0,000	0,000	0,002
(D5.11)	—	—	—	0,010	—	—	0,010	0,005	—	—	0,005
(D5.12)	0,002	0,001	—	0,007	0,006	—	0,010	0,005	—	—	0,002
(D5.13)	—	—	—	0,006	—	—	—	—	—	—	—
(D5)	0,355	0,234	0,161	0,540	0,276	0,241	0,784	0,580	0,145	0,208	0,311

Keterangan :

- (D5) adalah arus pengorbanan alat dan bangunan ($=f_1$), yang tersusun atas: ketel bahan baku; (D5.2): ketel uap; (D5.3): pipa-pipa; (D5.1): timbangan; (D5.5): cerobong asap; (D5.6): bangunan utama; (D5.7): bak pendingin; (D5.8): tungku; (D5.9): sewa tanah; (D5.10): wadah (*container*); (D5.11): katrol; (D5.12): kamar minyak; (D5.13): lain-lain.
- Satuan: juta rupiah acuan per tahun (lihat deskripsi untuk (D5) pada butir 7, h.19).
- (D5.2) juga merupakan indikator metode proses. Bila ada nilainya, berarti UL. Bila (—) berarti ADU.

7 Ongkos satuan faktor produksi (D6)

Kode sampel	(D6.1)	(D6.2)
01	0,184170	0,297619
02	0,045190	0,372975
03	0,064120	0,192713
04	0,071430	3,722084
05	0,382060	2,428953
06	?	?
07	0,079930	0,377596
08	0,095790	0,453115
09	0,028300	0,267857
10	?	?
11	?	?

Keterangan :

(D6.1) : ongkos satuan buruh langsung rata-rata, juta rupiah per 1000 jam orang. (D6.1) = ϕ_2 .

(D6.2) : ongkos satuan bahan bakar rata-rata, juta rupiah per 1000 TEAK. (D6.2) = ϕ_3 .