

# Ekstrusi sekam padi sebagai pengganti kayu bakar : laporan perkembangan

**Citation for published version (APA):**

Suganda, H., Suharto, D., Heugten, van, E. J., & Suwendi, T. (1980). *Ekstrusi sekam padi sebagai pengganti kayu bakar : laporan perkembangan*. Institut Teknologi Bandung.

**Document status and date:**

Gepubliceerd: 01/01/1980

**Document Version:**

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

**Please check the document version of this publication:**

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

**General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

[www.tue.nl/taverne](http://www.tue.nl/taverne)

**Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

[openaccess@tue.nl](mailto:openaccess@tue.nl)

providing details and we will investigate your claim.

Ekstrusi Sekam Padi Sebagai Pengganti Kayu Bakar;  
Laporan Perkembangan

Oleh :

Hadi Suganda\*

Djoko Suharto\*

Bertus van Heugten\*\*

Tjipto Suwendi\*\*\*

Laboratorium Dasar Khusus Mesin, Peralatan Pertanian  
dan Energi Surya, Departemen Mesin, Institut Teknologi  
Bandung.

Kertas Kerja untuk Lokakarya Pengembangan Energi Non-  
Konvensional, Jakarta 28 - 29 Januari 1980.

\* Staf Departemen Mesin, Institut Teknologi Bandung

\*\* Staf Departemen Mesin, Technische Hogeschool Eindhoven

\*\*\* Mahasiswa Departemen Mesin, Institut Teknologi Bandung

## A b s t r a k

Sekam yang merupakan sisa buangan dari proses penggilingan gabah sebenarnya dapat dipergunakan untuk menggantikan kayu bakar. Tetapi karena volume persatuan berat yang besar maka menimbulkan kesulitan dalam penyimpanan dan pengangkutan. Kecuali itu dalam proses pembakarannya harus digunakan tungku-tungku khusus.

Sebagai salah satu jawaban dari persoalan di atas, kini sedang dikembangkan mesin ekstrusi sekam dimana dihasilkan batang sekam yang berlubang di tengah secara kontinu. Volume yang dihasilkan menjadi kira-kira  $1/10$  sampai dengan  $1/12$  kali lebih kecil.

Hasil ekstrusi secara kualitatif telah dibandingkan dengan kayu bakar dengan mempergunakan tungku biasa, dengan hasil yang cukup memuaskan. Proses ekstrusi ini sekarang sedang dioptimalkan dengan merubah berbagai parameter-parameter yang berpengaruh.

## Ekstrusi Sekam Padi Sebagai Pengganti Kayu Bakar; Laporan Perkembangan<sup>1</sup>

Hadi Suganda<sup>2)</sup>, Djoko Suharto<sup>2)</sup>, Bertus van Heugten<sup>3)</sup>, dan Tjipto Suwendi<sup>4)</sup>

### Pendahuluan

Konsumsi kayu bakar untuk keperluan rumah tangga dan industri kecil, terutama di daerah pedesaan di pulau Jawa, telah menimbulkan masalah yang serius sebab jumlah konsumsinya telah jauh melampaui jumlah produksi normal. Hasil penelitian dari Lembaga Penelitian Hasil Hutan (Hadi et.al., 1979) menunjukkan bahwa konsumsi kayu bakar per kapita di pulau Jawa meningkat sebesar 13.8% setahun. Sebagai akibatnya diperkirakan bahwa pada tahun 1978 terdapat kekurangan kayu bakar sebesar 18 juta m<sup>3</sup>. Kekurangan ini kemungkinan besar telah dipenuhi oleh produksi yang tidak tercatat dari sebagian besar hutan lindung yang mengakibatkan eksploitasi hutan yang berlebihan dan merusak keseimbangan ekologi.

Untuk mengatasi kekurangan kayu bakar tersebut perlu dipikirkan beberapa pilihan penyelesaiannya. Pilihan pertama adalah mendatangkan kayu bakar dari luar pulau Jawa, tetapi mengingat biaya transportasi yang relatif tinggi yaitu sebesar Rp.45,- sampai Rp.70,- per kg (Hadi et.al., 1979), maka harganya tidak mungkin terjangkau oleh konsumen. Pilihan kedua adalah menaikkan konsumsi minyak tanah yang akibatnya akan menambah anggaran subsidi bahan bakar negara. Pilihan ketiga yang mungkin lebih menguntungkan daripada kedua pilihan diatas adalah mencari sumber energi non-konvensional.

Beberapa usaha pemanfaatan sumber energi non-konvensional kini telah dilakukan orang, misalnya penggunaan gas bio, energi surya, energi angin dan hasil pirolisa limbah pertanian. Kertas Kerja ini merupakan laporan perkembangan dari penelitian pembuatan mesin ekstrusi untuk memampatkan sekam padi, yang bisa dipakai untuk menggantikan kayu bakar.

- 
- 1) Dipersiapkan untuk Lokakarya Pengembangan Energi Non-Konvensional, pada tanggal 28 - 29 Januari 1980 di Jakarta.
  - 2) Staf Laboratorium Dasar-Khusus Mesin, Peralatan Pertanian dan Energi Surya, Departemen Mesin ITB.
  - 3) Staf Departemen Mesin, Technische Hogeschool Eindhoven
  - 4) Mahasiswa/Asisten Departemen Mesin ITB.

## Pertimbangan Penelitian

Sekam yang merupakan hasil sampingan terbesar dari produksi padi, karena beratnya kira-kira 25% dari berat padi, mempunyai potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi. Di Indonesia tiap tahun dihasilkan sekitar 29,7 juta ton padi yang memberikan produksi sekam sebesar 7,4 juta ton (Harahap et.al., 1979). Bila diperkirakan bahwa sekam mempunyai harga kalor pembakaran sebesar 12,5 MJ/kg (3000 kcal/kg) maka didapat potensi energi sebesar  $92,9 \times 10^9$  MJ per tahun. Tabel 1 memperlihatkan perbandingan potensi energi ini dengan konsumsi energi dari kayu bakar dan minyak tanah di Indonesia pada tahun 1978.

Tabel 1  
Perbandingan potensi energi panas sekam dengan konsumsi energi kayu bakar dan minyak tanah, 1978.

	Potensi/Pemakaian	Jumlah energi	Sumber
Sekam	$7,4 \times 10^6$ ton	$9,29 \times 10^{10}$ MJ	Harahap et.al., 1979
Minyak tanah	$6,4 \times 10^6$ kilo liter	$20,89 \times 10^{10}$ MJ	Dir.Jen.Migas., 1978
Kayu bakar	$94,7 \times 10^6$ m <sup>3</sup>	$50,62 \times 10^{10}$ MJ	Hadi et.al., 1979

Dari tabel 1 bisa disimpulkan bahwa sekam mempunyai potensi energi yang cukup besar. Walaupun demikian pemanfaatan sekam pada saat ini boleh dikatakan masih sangat terbatas (Beagle, 1978; Harahap et.al., 1979). Di beberapa daerah di Indonesia sekam dipakai untuk bahan bakar di rumah tangga dan industri kecil (dengan menggunakan tungku khusus), sedangkan pemakaian lainnya yang dikenal adalah untuk campuran bata, campuran pupuk, abu gosok dan material pelindung dalam pengepakan barang pecah belah. Tetapi prosentase jumlah pemakaiannya masih sangat sedikit dan sekam pada umumnya menjadi bahan buangan di sekitar tempat penggilingan padi sehingga menimbulkan persoalan dalam pengelolaannya.

Beberapa faktor yang mungkin menjadi hambatan dalam pemanfaatan sekam sebagai sumber energi panas adalah sebagai berikut :

1. Potensi pemanfaatan sekam tidak selalu berada di dekat tempat penggilingan padi dimana produksi sekam terkumpul; oleh karena itu diperlukan transportasi. Tetapi berhubung sekam mempunyai berat jenis yang

rendah maka biaya transportasinya menjadi relatif mahal.

2. Sekam harus mempunyai kandungan air yang rendah, untuk itu diperlukan tempat penyimpanan yang terlindung yang volumenya besar.
3. Struktur silika-selulosa dari sekam adalah sedemikian rupa sehingga sukar untuk dibakar, bahkan kadang-kadang struktur ini berfungsi sebagai penghambat sehingga tidak terjadi pembakaran yang sempurna (Beagle, 1978).

Sebagian faktor-faktor penghambat tersebut bisa diatasi dengan jalan memadatkan dan memanaskan sekam melalui suatu proses ekstrusi. Hasil proses ini membuat berat jenis sekam menjadi 10 - 12 kali lebih besar sehingga biaya transportasi dan penyimpanannya bisa ditekan. Selain itu karena sekam yang sudah dipadatkan disalurkan melalui alat pemanas tanpa adanya udara maka diharapkan terjadi "dekomposisi thermal", di bagian permukaannya yang berfungsi sebagai bahan perekat.

Pemikiran untuk membuat mesin ekstrusi sekam ini sebenarnya bukan merupakan hal yang baru. Liang dari Taiwan (1974) telah membuat prototipe mesin ekstrusi dan meneliti pengaruh putaran serta kandungan air dari sekam terhadap kapasitas yang bisa dihasilkan. Beagle (1978) juga melaporkan adanya pembuatan mesin semacam ini di Jepang dan di Swiss, tetapi pemakaiannya secara komersial belum pernah ada. Disebutkan bahwa dalam operasinya timbul beberapa persoalan yaitu (1) komponen pemampatan pada mesin ekstrusi ini cepat aus oleh karena kandungan silika dari sekam yang tinggi dan (2) sekam tidak mengandung bahan perekat yang cukup untuk pembentukan batangnya. Di Taiwan persoalan di atas kelihatannya sudah bisa diatasi sebab mesin ekstrusi ini sudah mulai diperkenalkan kepada masyarakat secara komersial (Su, 1978). Tetapi karena masyarakat disana sudah terbiasa memakai gas bumi maka dirasakan sukar untuk mempopulerkannya.

Penelitian yang dilakukan di Departemen Mesin Institut Teknologi Bandung<sup>1</sup> sebenarnya menggunakan dasar pemikiran yang sama. Proyek penelitian ini bertujuan antara lain untuk :

1. Mendisain mesin ekstrusi tersebut supaya bisa dibuat di Indonesia dan dapat dioperasikan secara kontinu.
2. Meneliti besarnya energi input yang dibutuhkan dan membandingkan dengan harga energi dari batang sekam yang dihasilkan.

---

1) Dalam rangka proyek kerjasama Institut Teknologi Bandung dan Technische Hogeschool Eindhoven dalam bidang perencanaan dan konstruksi peralatan/mesin pertanian.

3. Meneliti sifat-sifat dari batang sekam yang dihasilkan, seperti harga kalor pembakaran, komposisi kimia dan karakteristik proses pembakarannya.
4. Menganalisa kemungkinan untuk menerapkan mesin ini secara komersial.

### Diskripsi Peralatan

Mesin ekstrusi yang dibuat terdiri dari motor penggerak, sistem reduksi putaran, tempat penampung sekam, bagian pemampat dan pembentuk, serta bagian pemanas seperti yang terlihat pada Gambar 1. Motor penggerak yang digunakan adalah motor diesel 8,2 KW (atau motor listrik AC 7,5 KW), sedangkan sistem reduksi putarannya terdiri dari V-belt dan rantai sebab mudah didapat dan murah harganya. Putaran mesin yang sudah direduksi kemudian diteruskan ke batang ulir yang berfungsi untuk mendorong sekam ke silinder konis untuk dimampatkan. Batang ulir ini dibuat dari "tool steel" yang dikeraskan sampai BHN 550 supaya bisa menahan keausan yang disebabkan oleh gesekan dengan sekam yang mengandung kadar silika yang tinggi. Bagian pemanas terdiri dari silinder yang dililiti oleh kawat pemanas listrik, supaya energinya bisa diukur. Mesin ekstrusi ini dilengkapi pula dengan "hopper" untuk menampung sekam yang akan dimampatkan.

Cara menjalankan mesin adalah sangat mudah. Pertama-tama energi listrik dialirkan ke alat pemanas selama 10 - 15 menit, sampai temperatur diujung silinder pemanas mencapai 300°C. Setelah itu motor digerakkan dan sekam dimasukkan ke dalam hopper. Batang sekam akan terbentuk dan keluar dari alat pemanas dalam selang waktu 1 menit.

Proses ekstrusi sekam padi ini sebenarnya dapat dibagi menjadi 4 tahap seperti yang terlihat pada Gambar 1. Pada tahap ke I sekam akan didorong oleh batang ulir ke silinder pemampat. Pada tahap ke II sekam yang terus didorong oleh batang ulir mulai dimampatkan. Disamping itu terjadi proses penggilingan yang merupakan pengaruh sampingan. Tahap ke III adalah tahap pembentukan yang disertai oleh pemampatan akhir. Di tempat ini batang ulir yang sudah tidak berulir lagi berfungsi untuk membuat lubang ditengah-tengah batang sekam. Lubang ini berguna sebagai jalan dari udara sekundair pada proses pembakarannya nanti. Pada tahap ke IV batang sekam dipanaskan supaya terjadi "dekomposisi thermal" seperti yang sudah dibahas, sehingga dihasilkan lapisan arang di bagian luar batang guna mengikat batang sekam tersebut. Gambar 2 dan 3 memperlihatkan konstruksi mesin ekstrusi yang dibuat.

## Hasil Pengujian Pendahuluan

Program percobaan yang pertama-tama dilakukan adalah memeriksa apakah mesin ekstrusi ini dapat bekerja dengan baik. Beberapa parameter yang diperkirakan berpengaruh pada hasil ekstrusi telah dicoba dan dianalisa secara kualitatif. Parameter-parameter tersebut adalah :

1. Posisi batang ulir terhadap silinder pemampat
2. Putaran batang ulir
3. Energi panas yang masuk
4. Panjang silinder pemanas
5. Kandungan air dari sekam.

Dari hasil pengamatan dan analisa, secara umum dapat dikatakan bahwa :

1. Posisi batang ulir terhadap silinder pemampat harus berada pada kisaran tertentu
2. Putaran batang ulir yang lebih cepat akan mengurangi waktu pembentukan batang sekam sehingga mudah pecah lagi.
3. Energi panas yang lebih besar akan mengurangi gesekan pada dinding silinder pemanas (karena temperatur yang lebih tinggi), akibatnya energi mekanis yang diperlukan berkurang. Disamping itu dihasilkan lapisan arang pengikat yang lebih sempurna.
4. Gaya gesek akan bertambah bila silinder pemanas diperpanjang. Tambahan pula energi panas yang masuk harus dinaikkan untuk menjamin temperatur yang sama pada dinding silinder pemanas. Tetapi karena waktu pembentukan yang relatif lebih lama dan gesekan yang lebih besar maka batang sekam yang dihasilkan makin mampat.
5. Kandungan air yang lebih tinggi akan menyebabkan gesekan yang lebih besar pula. Selain itu energi panas yang masuk harus ditambah karena diperlukan untuk menguapkan kandungan airnya.

Dalam percobaan-percobaan yang telah dilakukan ditemui persoalan yang cukup serius, yaitu terjadinya ledakan dari silinder pemanas yang kadang-kadang dapat melempar batang sekam sampai sejauh 10 m. Ledakan ini mungkin disebabkan oleh gas atau uap air yang terperangkap di dalam lubang tengah batang sekam. Hal ini terjadi bila lubang tersebut tersumbat oleh reruntuhan batang sekam yang ikatannya lemah. Kemungkinan terjadinya ledakan akan bertambah bila gesekan pada silin-

der pemanas terlalu besar. Persoalannya sekarang sudah bisa diatasi dengan jalan memperpanjang bagian penunjang dari batang ulir.

Dari percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa parameter-parameter yang telah dicoba mempunyai pengaruh yang saling berkaitan. Kombinasi harga parameter yang tepat untuk menghasilkan batang sekam yang baik, walaupun belum sempurna, didapat dari hasil coba terka.

Percobaan lain yang telah dilakukan adalah mengukur konsumsi energi dan kapasitas dari mesin ekstrusi ini. Data pendahuluan yang sampai sekarang telah diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2. Data tersebut diambil dari hasil pengukuran selama selang waktu 20 sampai 60 menit. Gambar 4 memperlihatkan salah satu grafik hasil pengukurannya. Dalam percobaan ini juga diamati pengaruh kandungan air darisekam (penggerak motor diesel) dan putaran batang ulir (penggerak motor listrik). Tetapi data yang diperoleh masih belum bisa memberikan gambaran yang jelas. Hanya pada percobaan dengan kandungan air 20% dapat dilihat bahwa temperatur mantap tidak pernah tercapai, konsumsi bahan bakar naik secara menyolok dan batang sekam tidak terbentuk. Jadi dapat disimpulkan bahwa sekam yang akan diekstrusi tidak boleh mempunyai kandungan air yang terlalu tinggi.

Untuk memperkirakan banyaknya energi yang diperlukan untuk membuat batang sekam, perlu diambil asumsi-asumsi tambahan sebab sebagian data dari Tabel 2 tidak dapat langsung dipakai. Sebagian contoh data energi listrik yang dipakai oleh alat pemanas dan motor listrik tidak bisa dianggap sebagai energi input karena merupakan hasil konversi dari sumber energi yang lain. Asumsi yang diambil adalah (1) mesin ekstrusi digerakkan oleh motor diesel dengan konsumsi bahan bakar 35ml/menit yang mempunyai kalor pembakaran 53.42 MJ/l; (2) energi panas dihasilkan oleh unit pemanas (tungku) dengan efisiensi 25% dan energi panas yang diserap oleh batang sekam persatuan waktu adalah 1.5 KW; (3) kapasitas batang sekam yang dihasilkan 0,85 kg/menit (70% terbentuk) dengan kalor pembakaran 12,5 MJ/kg. Dari hasil perhitungan diperoleh perbandingan energi yang diperlukan dengan energi batang sekam yang dihasilkan sebesar 15,2%. Harga ini merupakan perkiraan maksimum sebab kapasitas mesin dan efisiensi pemanas diambil dari harga yang terendah. Sebagai perbandingan mesin ekstrusi buatan Liang (1974) memerlukan 12,3% dari energi batang sekam yang dihasilkan untuk alat pemanasnya saja.

Pada percobaan yang lain, karakteristik pembakaran batang sekam juga telah dibandingkan dengan kayu bakar (kayu karet). Percobaan tersebut dilakukan

Tabel 2.

Hasil pengukuran konsumsi energi dan kapasitas mesin  
ekstrusi sekam  
Motor penggerak - motor diesel

Perco- baan ke	Kandungan air (%)	Putaran (rpm)	Temperatur mantap dari silinder pe- manas (°C)	Energi panas persatuan waktu (KW)	Konsumsi ba- han bakar (ml/menit)	Laju pema- sukan se- kam (kg/menit)	Prosentase sekam yang terbentuk (%)
1.	7,5	250-270	220 - 225	1,1 - 1,2	25 - 35	1,40	70
2.	9,0	215-240	215 - 240	1,1 - 1,2	33 - 35	1,20	70
3.	10,0-11,0	210-240	190 - 240	1,1 - 1,2	25 - 35	1,20	65
4.	15,0	260-270	220 - 235	1,4	30 - 35	1,57	-
5.	20,0	180-250	tidak ter- capai	1,2	25 - 50		tidak terbentuk

Motor penggerak - motor listrik AC

Perco- baan ke	Kandungan air (%)	Putaran (rpm)	Temperatur mantap dari silinder pe- manas (°C)	Energi panas persatuan waktu (KW)	Konsumsi mo- tor pengge- rak persatu- an waktu (KW)	Laju pema- sukan se - kam (kg/menit)	Prosentase sekam yang terbentuk (%)
1.	11,0	150	250 - 300	1,2 - 1,4	3,05 - 8,54	0,78	65
2.	10,0-12,0	230	220 - 240	1,4	3,05 - 10,69	1,18	50
3.	11,0	290	200 - 220	1,2 - 1,5	4,57 - 7,62	1,56	53

dengan jalan memanaskan air sampai mendidih dengan memakai dua tungku dan panci (10 liter) yang sama. Jumlah volume air yang dididihkan oleh jumlah bahan bakar yang sama (10 kg) kemudian dibandingkan. Gambar 5 memperlihatkan karakteristik pemanasan air dalam bentuk kenaikan temperatur terhadap waktu. Dari percobaan tersebut dapat disimpulkan :

1. Waktu penyalaan dari batang sekam relatif lebih lama (+ 15 menit).
2. Setelah penyalaan, pelepasan energi persatuan waktu dari batang sekam juga relatif lebih lama (1,5 - 2 kali).
3. Jumlah volume air yang bisa dididihkan oleh batang sekam dibandingkan kayu bakar kira-kira 5/8 kalinya. Harga ini sesuai dengan perbandingan harga kalor pembakarannya.
4. Batang sekam yang menyala memberikan asap yang lebih sedikit.

### Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi nyata dari sistim ekstrusi sekam ini sebenarnya sukar sekali untuk dilakukan sebab banyak sekali faktor-faktor yang berpengaruh. Seperti misalnya harga bahan bakar minyak bumi yang mendapat subsidi cukup besar dari pemerintah. Oleh karena itu analisa yang dibahas disini hanya merupakan proyeksi saja, dan harga yang dipergunakan adalah harga produksi nyata pada permulaan tahun 1979.

Dalam analisa ekonomi ini dihitung harga produksi sekam persatuan berat dengan menggunakan asumsi berikut : Harga mesin ekstrusi Rp.1.100.000,-; umur mesin 4 tahun; bunga pinjaman 12%; ongkos perawatan 25% termasuk penggantian batang ulir setiap bulan; mesin dijalankan oleh 2 orang operator dengan gaji Rp.1.000,- per hari; harga bahan baku sekam Rp.2,- per kg; harga energi solar dan bahan bakar pemanas Rp.2,06 per MJ (Rp.73,- per liter) diperhitungkan dari ongkos produksi nyata 1979; kapasitas produksi 400 kg per hari; jumlah hari kerja 300 hari per tahun. Dari perhitungan didapat ongkos produksi per tahun sebagai berikut :

Depresiasi mesin dan bunga	Rp. 357.500,-
Ongkos perawatan	- 275.000,-
Gaji buruh	- 600.000,-
Ongkos bahan baku	- 240.000,-
Ongkos energi input	- 475.000,-

T o t a l Rp. 1.947.500,-

Produksi batang sekam per tahun adalah 120.000 kg, jadi diperoleh ongkos produksi batang sekam Rp.16,23/kg. Tabel 3 menunjukkan perbandingan ongkos produksi ini dengan ongkos produksi nyata minyak tanah, harga subsidiya dan harga kayu bakar.

Tabel 3.

Perbandingan ongkos produksi batang sekam dengan ongkos produksi atau harga bahan bakar lainnya.

Bahan bakar	Harga atau ongkos produksi	Harga atau ongkos produksi, persatuan energi	Sumber
1. Batang sekam (ongkos produksi)	Rp. 16,35/kg	Rp. 1,31/MJ	Perhitungan
2. Minyak tanah (ongkos produksi)	- 73,00/l	- 2,18/MJ	Dir. Jen. Migas., 1979
3. Minyak tanah (harga subsidi)	- 25,00/l	- 0,75/MJ	-
4. Kayu bakar (harga dipedesaan)	- 9,00/kg	- 0,48/MJ	Harahap, 1978
5. Kayu bakar (perkiraan harga nyata)	- 37,00/kg	- 1,97/MJ	Hardjodarsono, 1978

Dalam Tabel 3 perlu dijelaskan bahwa harga kayu bakar banyak sekali variasinya, tergantung dari tempatnya. Seperti di daerah pedesaan kemungkinan besar kayu bakar dapat diperoleh dengan cuma-cuma. Dari Tabel 3 bisa disimpulkan bahwa ongkos produksi sekam lebih rendah dari ongkos produksi minyak tanah dan harga nyata dari kayu bakar. Tetapi masih lebih mahal bila dibandingkan dengan harga subsidi minyak tanah atau harga kayu bakar di pedesaan.

### Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan :

1. Sistem ekstrusi sekam ini mempunyai potensi yang cukup besar untuk di manfaatkan sebagai salah satu sumber energi.
2. Mesin ekstrusi sekam ini sudah bisa dibuat dengan teknologi yang ada di Indonesia, walaupun masih diperlukan penelitian lanjutan untuk

mengoptimasikan parameter-parameter kerjanya.

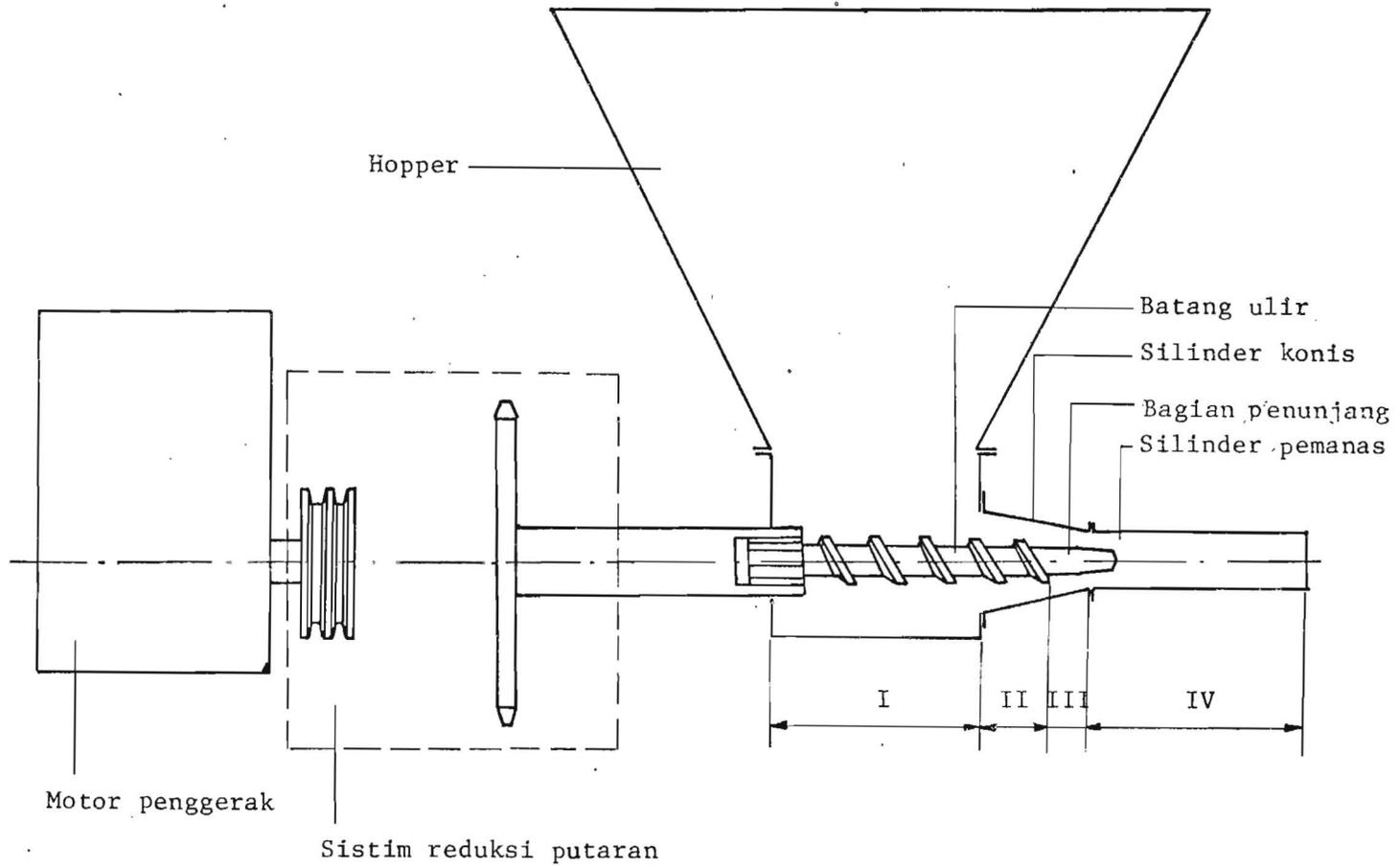
3. Sifat dari batang sekam masih perlu diteliti lagi dan diperbaiki untuk menaikkan laju pelepasan energi pembakarannya.
4. Penerapan untuk keperluan rumah tangga dan industri kecil di pedesaan sulit dilakukan bila tidak ada subsidi dari pemerintah, seperti misalnya minyak tanah.

#### Penghargaan

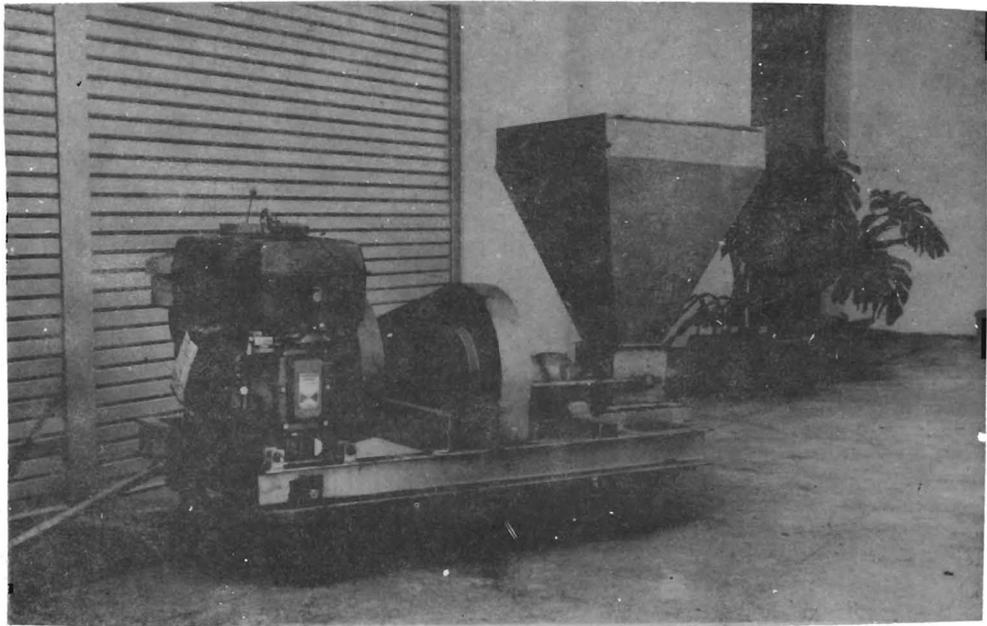
Para penulis menyatakan penghargaan kepada Dr. Ir. Filino Harahap, Ketua Laboratorium Dasar-Khusus Mesin, Peralatan Pertanian dan Energi Surya, Departemen Mesin ITB, atas sumbangan pemikiran yang telah diberikan dan usul topik penelitian.

Daftar Pustaka :

1. Beagle, E.C., "Rice-husk conversion to energy", FAO Agricultural Services Bulletin 31, 1978.
2. Hadi S., Bubarman, Purnama B. dan Hartoyo, "Penggunaan kayu bakar dan limbah Pertanian di Indonesia; Laporan perkembangan", Kertas kerja untuk Lokakarya Energi Komite Nasional Indonesia-World Energy Conference, 24 - 25 April 1979.
3. Harahap F., "Penelitian dan pengembangan dalam bidang pemanfaatan energi-surya di Institut Teknologi Bandung", Proceeding Lokakarya Penyediaan Energi untuk daerah pedesaan, Komite Nasional Indonesia-World Energy Conference, 25 - 26 Mei, 1978.
4. Harahap F., Sasmojo S., Apandi M., dan Thorburn C., "Survey and preliminary Study on rice-hull utilization as an Energy source in ASEAN member countries", Proceeding of the workshop on grain post-harvest technology, Bulog - Searca, January 16 - 18, 1979.
5. Hardjodarsono, M.S., "Bahan bakar kayu dan limbah pertanian di Indonesia dewasa ini dan prospeknya", Proceeding Lokakarya Penyediaan Energi untuk daerah pedesaan, Komite Nasional Indonesia-World Energy Conference, 25 - 26 Mei, 1978.
6. Liang L.J., "A study on machines for making rice-husk charcoal", Journal of Chinese Agricultural Engineering, vol. 20 no.3, 1974.
7. Su K.C., "Komunikasi pribadi", Taichung - Taiwan, 1977.



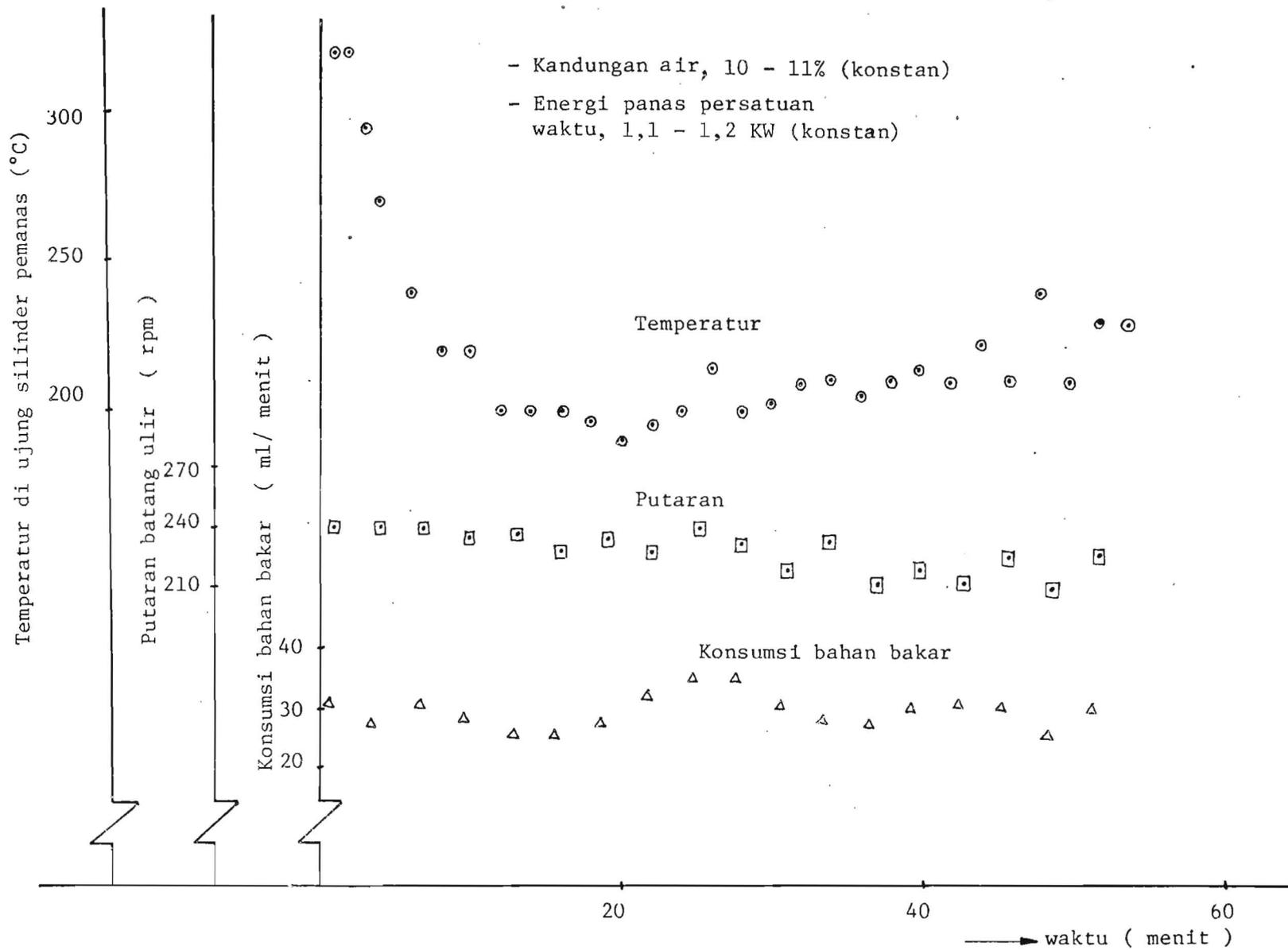
✓ Gambar 1. Skema mesin ekstrusi sekam.



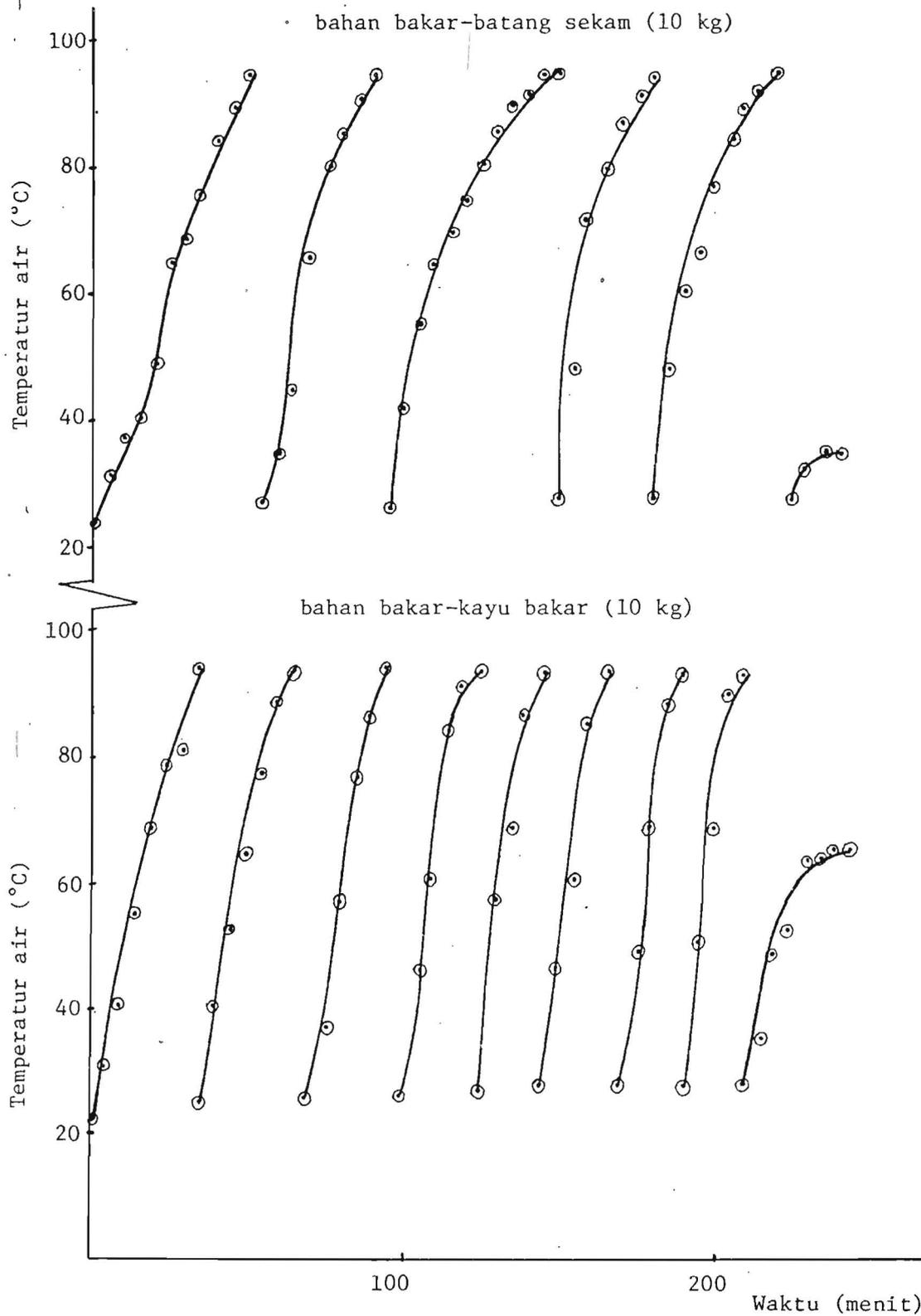
*Gambar 2. Mesin ekstrusi sekam.*



*Gambar 3. Mesin sedang bekerja.*



Gambar 4. Contoh hasil pengukuran konsumsi bahan bakar, putaran dan temperatur silinder pemanas



Gambar 5. Perbandingan karakteristik pembakaran batang sekam dengan kayu bakar (volume air tiap pemanasan 10 liter).