

KAJIAN PENERAPAN ALAT PENGERING BAWANG MERAH DI SENTRA PRODUKSI BREBES - JAWA TENGAH

(STUDY ON THE APPLICATION OF ARTIFICIAL DRYER FOR ONION IN PRODUCTION CENTER OF BREBES - CENTRAL JAVA)

Rizal Alamsyah¹⁾, Guring Pohan¹⁾, dan Atih Surjati Herman²⁾

¹⁾ Balai Besar Industri Agro (BBIA), ²⁾ Badan Litbang Industri

rizalnms@yahoo.com

ABSTRAK

Alat pengering buatan untuk bawang merah saat musim hujan sangat dibutuhkan, karena bila tidak pengeringan yang kurang sempurna akan terjadi dan berakibat menurunnya mutu bawang merah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi penerapan alat pengering buatan, melakukan analisis teknik, dan mengkaji teknokonomi. Studi ini dilakukan di daerah Brebes sebagai salah satu sentra produksi bawang merah. Metode yang dilakukan terdiri dari pengukuran parameter pengeringan, perhitungan jumlah kebutuhan alat pengering, uji unjuk kerja, pengkajian analisis teknik, konstruksi serta teknokonomi. Berdasarkan hasil uji coba alat pengering terdapat beberapa aspek yang perlu diperbaiki antara lain: 1) penyebaran panas, 2) sistem pembakaran, 3) laju pengeringan, 4) kecepatan udara pengering, 5) ruang rak pengering. Analisis finansial dilakukan baik terhadap pengeringan buatan maupun pengeringan matahari. Biaya pengeringan matahari adalah Rp 104/kg dengan lama pengeringan 7-10 hari, sedangkan dengan pengeringan buatan adalah Rp 207,4,-/kg dengan lama pengeringan 18,3 jam (*turn over* lebih cepat). Berdasarkan produksi bawang tahun 2002 diperlukan jumlah alat pengering buatan sebanyak 142 unit. Untuk memproduksi 2000 kg bawang kering menggunakan pengering buatan, total investasi yang diperlukan Rp 59.549.000 dengan 150 hari kerja selama musim hujan. Penghasilan bosh dan Pengembalian modal masing-masing adalah Rp 12.793.000,- dan 3,14 tahun. Dari kajian ini usaha tersebut cukup layak untuk dilakukan.

Kata kunci : bawang merah, alat pengering buatan, uji performansi, konstruksi, Brebes

ABSTRACT

The use of artificial drying for onion in rainy season is strongly needed otherwise unproper drying can occur and it can lead to poor onion quality and reduce income of onion producers. This study is devoted to evaluate the application of mechanical dryer, to investigate engineering analysis (performance and construction), and to analyse economic engineering. The study was conducted in Brebes - Central Java as one of the biggest onions production area in Indonesia. To conduct this study some works has been done namely evaluation of sun drying of onions by measuring any drying parameters, calculating of dryers required, testing of the dryers, calculating engineering analysis and construction, and reviewing on economic engineering. Based on the result of performance test of the dryer and engineering analysis conducted the dryer needs to be improved in some area such as: 1) heat distribution, 2) burner system, 3) drying rate, 4) drying air velocity, and 5) rack chamber. Financial analysis was conducted to

evaluate the financial viability of both sun drying and artificial drying of onions. Sundrying cost of onions was Rp 104/kg with 7 up 10 days drying time meanwhile artificial drying of onions was Rp 207,4,- with 18,3 hours drying time. Even though drying cost using artificial drying was higher than those of sundrying, the turn over of artificial drying used was faster than sun drying employed. Based on the onion production during the year of 2002, the maximum dryer needed was 142 dryer units. To produce 2000 kg dried onions by artificial dryer the total investment required was Rp 59.549.000 with 150 days work hour during rainy season. Using this method the net revenue obtained was Rp 12.793.000,- PBP (Pay back Period) was 3.14 years. Based on the study conducted, onion production using mechanical dryer was viable to be set up.

Keywords : onion, , artificial dryer, performance test, construction, Brebes

PENDAHULUAN

Bawang merah di Indonesia dihasilkan oleh beberapa produsen dari berbagai provinsi, dengan sentra-sentra produksi terbesar di Jawa Tengah, Jawa Timur, Jawa Barat, Sumatera Utara dan Nusa Tenggara Barat. Salah satu sentra produksi terbesar bawang merah di Indo-nesia adalah kabupaten Brebes - Jawa Tengah, yang memberikan kontribusi sebesar 22% terhadap produksi bawang merah nasional atau sebesar 153.964 ton pada tahun 2002 (Anonim 2003) . Pada saat ini seluruh bawang merah Brebes diperdagangkan dalam bentuk segar. Kendala yang terjadi adalah selain belum adanya kegiatan pengolahan, penanganan pasca panen juga belum optimal, khususnya pada proses pengeringan selama musim penghujan. Selama ini bawang merah umumnya dikeringkan dengan pengeringan matahari. Dalam musim penghujan pengeringan bawang merah mengalami hambatan sehingga berpengaruh kepada mutu dan kontinuitas produksi. Hal ini menyebabkan ketahanan simpan bawang merah Brebes relatif pendek sehingga selalu terjadi kelebihan pasokan yang tajam setiap musim panen raya.

Pada saat ini pengeringan bawang merah yang dilakukan oleh para petani di sentra produksi bawang merah di Brebes adalah dengan cara pengeringan matahari selama 7 – 10 hari. Pengeringan ini dilakukan setelah pemanenan hingga bawang mencapai kondisi *askip* (kondisi kering dengan daya tahan simpan 2-3 bulan). Pengeringan tersebut dilakukan di lahan terbuka yang biasa disebut sebagai *buren*. Kendala yang dihadapi adalah pada saat

musim hujan, proses pengeringan tidak bisa dilakukan dengan efektif seperti pada kondisi matahari cerah. Kondisi seperti ini kurang menguntungkan petani karena dengan pengeringan yang tidak sempurna dapat menyebabkan kualitas bawang rendah. Kemungkinan ini pula perlu dantisipasi melalui penyediaan teknologi pengeringan yang efektif atau menggunakan pengering buatan (*artificial dryer*), dan diversifikasi produk dengan cara proses pengolahan bawang merah lebih lanjut, agar tidak terjadi kelebihan pasokan yang akan lebih menekan harga di tingkat petani.

Dalam menganalisa pengeringan yang terhambat selama musim hujan, Pemerintah Daerah kabupaten Brebes sejauh ini telah menerima bantuan berupa gudang penyimpanan yang dilengkapi dengan unit pengering (*artificial dryer*) dari Pemerintah Daerah Propinsi Jawa Tengah. Gudang dan unit pengering yang seluruhnya berjumlah 12 unit ini tersebar di daerah Brebes. Sampai saat ini unit pengering tersebut belum bisa dimanfaatkan, karena terdapat beberapa kendala antara lain adalah: (1) pengetahuan pengoperasian alat belum memadai; (2) udara yang keluar dari unit pembakaran dapat menyebabkan bawang yang dikeringkan berbau bahan bakar (minyak tanah dan solar) dan panas yang dihasilkan tidak seperti yang diharapkan sehingga pengeringan tidak berjalan dengan baik.

Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan solusi penggunaan pengeringan buatan bawang merah di daerah sentra produksi. Secara spesifik tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk: 1) menganalisis sistem pengeringan bawang merah, 2) mengkaji sistem penyimpanan

bawang merah yang ada, 3) melakukan uji performansi alat pengering, 4) mengevaluasi desain konstruksi alat pengering, 5) membuat analisis teknik alat pengering, dan 6) melakukan kajian kebutuhan alat pengering dan teknologi ekonomi pengeringan sistem pengeringan bawang merah lokal varitas Bunen. Sasaran penelitian adalah memberikan data dan hasil rancangan perhitungan untuk modifikasi alat pengering yang ada sehingga alat pengering tersebut dapat dioperasikan secara optimal yang pada akhirnya masalah pengeringan terutama pada masa pengeringan dapat dialasi dengan penerapan pengeringan buatan.

BAHAN DAN METODA

Bahan

Bahan baku yang digunakan dalam pengkajian, percobaan penyimpanan dan pengeringan, maupun dalam analisa teknologi ekonomi adalah bawang merah lokal varitas Brebes.

B. Alat

Alat yang digunakan dalam pengkajian pengeringan ini terdiri dari alat pengering tipe rak (tumpukan) kapasitas 2 ton, termometer (skala 100°C), timbangan kasar dan halus, alat pengukur kadar air, alat pengukur kelembaban udara (RH), dan peralatan pendukung seperti wadah bawang, plastik, keranjang, dan trolley.

C. Metoda

Kajian penerapan alat pengering bawang merah di sentra produksi Brebes (Jawa Tengah) ini dilakukan dengan tahapan: evaluasi pengeringan bawang merah saat ini, evaluasi penyimpanan bawang merah saat ini, uji performansi alat pengering, evaluasi konstruksi alat pengering, analisis teknik alat pengering dan, analisis teknologi ekonomi.

Evaluasi pengeringan bawang merah dilakukan dengan menggunakan metode Mujumdar (2003) yang mencakup (1) evaluasi dan identifikasi cara serta tahap-tahap pengeringan, (2) pengukuran suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin, (3) pengukuran lama pengeringan, (4) kendala pengeringan dan (5) evaluasi efektifitas pengeringan.

Pengkajian tentang sistem penyimpanan dilakukan dengan: (1) evaluasi sistem atau cara penyimpanan, (2) pengukuran suhu dan RH penyimpanan, (3) ketahanan



Gambar 1. Pengeringan Bawang Merah Cara Bunen di Daerah Brebes: a) tahap awal, dan b) tahap akhir

masa simpan, (4) kendala penyimpanan, dan (5) efektivitas penyimpanan (Blaasdel, et al. 1969; Ship Way 1978).

Uji performansi alat pengering (rancangan fungisional) dilakukan untuk mengetahui kemampuan dan efektivitas alat pengering sehingga data yang diperoleh dapat dijadikan bahan untuk memperbaiki kinerja atau efisiensi pengeringan (Brooker et al., 1974, Heldman dan Singh, 1981, Baker, 1997). Uji performansi alat pengering lebih diarahkan untuk mengetahui kemampuan penyebaran panas dalam ruang pengering tanpa beban (bawang merah). Data yang dibutuhkan dalam uji performansi alat pengering untuk pengukuran 1) Kemampuan pembakaran, 2) penyebaran panas (pengukuran suhu), 3) aliran udara pengering (pengukuran kecepatan aliran udara pengering), dan 4) pengukuran kelembaban udara pengering (RH).

Evaluasi konstruksi alat pengering (rancangan struktural) tujuannya adalah untuk mengetahui unjuk kerja dari 1) *burner*, sebagai sumber panas dengan bahan bakar solar, 2) *blower* (untuk mengalirkan udara pengering), 3) motor listrik, 4) tangki bahan bakar, 5) rumahan (*casing*) burner dan blower, 6) *duct* (saluran udara pengering menuju ruang pengering), 7) panel listrik, 8) ruang pengering, untuk mengeringkan bawang merah segar, 9) *exhaust*, untuk mengeluarkan udara pengering.

Analisis teknik alat pengering (*dryer*) berujuan untuk perhitungan rancangan alat pengering yang dilakukan secara teoritis, yang hasilnya diharapkan dapat dijadikan

patokan dalam pengeringan sebenarnya (Perry 1973 dan Chilton, 1977). Hasil analisis ini dapat pula dijadikan dasar untuk memodifikasi rancangan struktural maupun rancangan fungsional dari 12 unit alat pengering yang tersebar di daerah Brebes. Analisis teknik ditujukan untuk menghitung (1) panas total pengeringan atau Q_1 , (2) jumlah atau berat air yang dikeluarkan bahan atau E , (3) total debit aliran udara atau V , (4) panas dari bahan bakar energi yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan, (5) efisiensi penggunaan panas, dan (6) perkiraan lama pengeringan.

Berdasarkan data investasi, biaya operasional, dan pendapatan yang dihimpun kemudian dilakukan analisis teknokonomi untuk menetapkan kelayakan pengolahan pengeringan bawang merah antara lain: 1) perhitungan penghasilan, 2) pengembalian modal, 3) biaya pengeringan bawang merah, 4) analisis finansial unit pengering bawang merah, 5) analisis sensitivitas pengeringan bawang merah (selama musim hujan atau 6 bulan proses dalam 1 tahun), 6) pengaruh perubahan harga bahan bakar terhadap pendapatan, pengembalian modal, dan harga pokok produksi berupa (Kadariah, et al, 1989; Prawirokusumo, 1990)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengeringan Matahari Bawang Merah: Evaluasi terhadap Kondisi Saat Ini

Pengeringan bawang merah yang dilakukan oleh para petani Brebes adalah dengan cara pengeringan matahari selama 7 – 10 hari. Pengeringan ini dilakukan hingga bawang mencapai kondisi *askip* (kondisi kering dengan daya tahan simpan 2-3 bulan). Pengeringan ini dilakukan di lahan terbuka yang biasa disebut sebagai *bunen* seperti terlihat pada Gambar 1a. Pada tahap awal pengeringan dilakukan dengan cara posisi daun berada pada bagian atas (Gambar 1a), dan setelah 2 – 3 hari posisinya dibalik sehingga biji bawang terkena langsung matahari sampai pada kondisi *askip* (Gambar 1b). Hasil pengukuran kondisi pengeringan bawang merah di *bunen* untuk daerah Brebes dapat dilihat pada Tabel 1.

Kendala yang dihadapi adalah pada musim hujan adalah proses pengeringan tidak optimal seperti pada kondisi matahari cerah. Kondisi ini mengakibatkan mutu bawang semakin menurun (mutu rendah) yang ditandai dengan pembusukan dan warna

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kondisi Pengeringan Bawang Dengan Sinar Matahari (*Bunen*)

Jam	Suhu udara (°C)	RH (%)	Suhu Bahan (°C)	Kecepatan Angin (m/detik)
10.40	42	35	35.6	0.69
10.45	43	30	35.9	1.04
10.50	44	28	36.7	2.76

Data lapangan tanggal 28 Oktober 2003

yang kurang menarik atau agak gelap (Whitwell, 1970). Lebih jauh dari kondisi ini adalah kontinuitas produksi terganggu terlebih bila permintaan sedang meningkat dan akhirnya pendapatan petani bawang merah akan tertunda.

Tujuan pengeringan bawang merah adalah untuk memindahkan kandungan air pada kulit luar dan leher bawang dan secara normal akan mengakibatkan kehilangan berat sebesar 3 – 5% (Thompson, et al 1972). Untuk keperluan tersebut maka bawang merah yang dikeringkan oleh alat pengering harus disesuaikan dengan kemampuan blower, kandungan air awal, kelembaban dan tebal tumpukan bahan, sehingga pengeringan paksa akan berlangsung secara baik dan tidak terlalu lama seperti pengeringan matahari biasa (Brooker, et al., 1974).

Berdasarkan data (suhu pengeringan dan kecepatan angin), maka pendekatan kondisi pengeringan ini bisa dilakukan untuk pengeringan bawang merah menggunakan alat pengering buatan yang dapat dioperasikan secara kontinu. Dengan demikian operasi pengeringan dapat dilakukan mendekati kondisi pengeringan di lapangan dan pengeringan dapat dilakukan kapan saja di dalam ruangan.

Dengan data tersebut, dianjurkan sebaiknya mengeringkan bawang merah pada suhu tidak lebih dari 45 °C dengan kecepatan aliran udara pengeringan yang lebih besar dari kecepatan angin tersebut di atas. Modifikasi alat pengering perlu dila-kukan dengan ditunjang oleh data primer dan sekunder serta pengujian dan evaluasi performansi alat pengering. Salah satu persyaratan terpenting dalam pengeringan buatan untuk bawang pengeringan harus dilakukan dengan laju pengeringan (kg H₂O yang diuapkan/menit) lebih besar daripada laju pengeringan matahari. Kondisi tersebut akan bisa dicapai dengan bantuan blower untuk mengalirkan udara pengering (udara yang dipanaskan), dengan demikian juga mengu-sahakan mutu bahan tetap terjaga baik.

B. Penyimpanan Bawang Merah

Bawang merah sebenarnya merupakan salah satu komoditas sayuran yang mudah rusak. Kerusakan pasca panen yang sering terjadi pada bawang merah adalah tumbuhnya tunas, pelunakan umbi, tumbuhnya akar, busuk serta timbulnya massa yang berwarna gelap akibat kapang yang berakibat dapat menurunkan mutu bawang merah (Thompson, 1982 ; Whitwell, 1970)

Penyimpanan bawang merah dilakukan setelah pengeringan matahari dan dengan cara menumpuk umbi bawang pada para-para yang telah disiapkan. Untuk mempertahankan kualitas umbi, penyimpanan dapat dilakukan pada tempat di mana suhu, kelembaban relatif, dan sirkulasi udaranya sesuai untuk bawang merah. Sedangkan kondisi penyimpanan bawang merah yang dilakukan berlangsung pada suhu kamar ($27 - 33^{\circ}\text{C}$) dan RH $50 - 80\%$. Kondisi penyimpanan bawang merah ini relatif memberikan hasil yang cukup baik. Walaupun demikian perlu adanya suatu pedoman yang dijadikan pegangan bahwa penyimpanan sebenarnya dapat berlangsung pada kisaran suhu $30 - 33^{\circ}\text{C}$ dengan RH $65 - 70\%$. Di samping itu penempatan atau penumpukan bawang merah harus diatur sedemikian rupa sehingga memudahkan terjadinya aerasi udara serta terhindar dari kondisi lembab yang memungkinkan tumbuhnya tunas, pelunakan umbi, tumbuhnya akar, busuk serta timbulnya massa yang berwarna gelap akibat kapang yang berakibat dapat menurunkan mutu bawang.

Currah dan Falityci (1990) mengemukakan bahwa bawang yang dikeringkan pada suhu diatas 25°C dengan kelembaban relatif $60 - 75\%$ dapat mencegah tumbuhnya jamur. Sedang penyimpanan bawang merah pada suhu 30°C dengan RH 70% dapat memberikan kualitas yang baik. Di samping upaya perbaikan cara penyimpanan, peningkatan mutu melalui pengeringan merupakan alternatif yang perlu dipertimbangkan.

C. Uji Performansi Alat Pengering (Rancangan fungsional)

1. Kemampuan Pembakaran

Untuk mengetahui kinerja alat pengering yang ada, dilakukan persiapan awal untuk uji performansi. Persiapan awal tersebut terdiri dari tahap-tahap sebagai berikut: (1) Melakukan pembongkaran saluran udara panas yang masuk ke dalam ruang pengering dan sistem pemanasan, (2) Mengisi tangki bahan bakar dengan bakar solar dan

minyak tanah dengan perbandingan $5 : 1$, dan (3) dilanjutkan dengan menyalakan *burner*. Hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa :

- Burner* dan *blower* dapat menyala secara bersamaan dengan satu *switch*. Kondisi demikian mengakibatkan jalannya *burner* tidak secara berurutan dengan *blower* sehingga akan mengakibatkan terjadinya pembakaran yang tidak sempurna pada saat awal dan dapat menyebabkan munculnya bau solar pada bawang merah yang dikeringkan.
- Asap keluar melalui saluran udara panas dan masuk ke dalam ruang pengering sebagai akibat dari kurangnya panas sehingga bahan bakar tidak terbakar secara sempurna.

Berdasarkan hasil tersebut dilakukan perbaikan dengan cara memisahkan tombol untuk *blower* dengan tombol untuk *burner*. Dengan demikian akan dapat dicegah pembakaran yang kurang sempurna dan timbulnya asap dapat ditekan.

2. Pengukuran suhu, kecepatan aliran, dan RH

Uji performansi alat pengering tanpa bahan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui penyebaran panas di dalam ruang pengering dengan cara melihat penyebaran suhu dan aliran udara pengering pada beberapa titik yang mewakili dengan tahapan:

- Menempatkan *thermocouple* pada bagian-bagian yang dianggap berpengaruh terhadap proses pengeringan.
- Menyalakan *burner* 10 menit untuk mencapai suhu di ruang pemanas sampai panas dan bahan bakar terbakar sempurna, serta asap yang terbentuk dibuang melalui saluran pembuangan.
- Mengatur suhu operasi yang dinginkan dengan memutar *thermostat* yang terdapat pada ruang bakar dan berfungsi untuk mematiikan *burner* secara otomatis apabila suhu telah tercapai.
- Setelah ruang bakar cukup panas, *blower* dinyalakan untuk mengalirkan udara panas ke dalam ruang pengering. Mencairkan suhu pada titik-titik yang mewakili yaitu sekitar bagian *burner*, bagian cerobong, bagian ruang pengering, dan bagian udara masuk ke *blower* (hasil pengukuran disajikan pada Tabel 2).

Pengukuran kecepatan aliran udara pengering, suhu dan kelembaban (RH) udara pengering telah dilakukan. Berdasarkan data

tersebut dapat dilihat bahwa penyebaran panas sebenarnya relatif merata walaupun pengukuran suhu ini dilakukan tanpa bahan, akan tetapi bila dilihat aliran udara pengering menunjukkan hasil yang kurang merata.

D. Evaluasi Konstruksi Alat Pengering (Rancangan Struktural)

Rancangan struktural unit alat pengering terdiri dari komponen sebagai berikut 1) *burner*, sebagai sumber panas dengan bahan bakar solar; 2) *blower*, untuk mengalirkan udara pengering; 3) motor listrik; 4) tangki bahan bakar; 5) rumah (*casing*) *burner* dan *blower*; 6) *duct* (saluruan udara pengering menuju ruang pengering); 7) panel listrik; 8) ruang pengering, untuk mengeringkan bawang merah segar; 9) *exhaust*, untuk mengeluarkan udara pengering setelah melalui bahan.

Alat pengering digunakan untuk mengeringkan bawang merah dengan cara menempatkannya di dalam ruang pengering dan mengembuskan udara panas melalui saluruan pada bagian atas ruang pengering. Diharapkan dengan cara tersebut bawang merah akan mencapai kondisi kering sesuai dengan yang diharapkan.

Berdasarkan data hasil pengamatan dan pengujian alat pengering bawang merah yang telah ada, dapat dikaji beberapa faktor yang berperan dalam pengeringan bawang merah, antara lain sumber panas (*burner*) dan suhu udara pengering; aliran udara pengering dalam ruang pengering dan *blower*; ruang pengering; dan desain atau konstruksi alat pengering.

1. Sumber Panas (Burner)

Sumber panas yang dihasilkan oleh *burner* memberikan jumlah panas yang dapat diatur sesuai dengan yang diinginkan dan dapat dikontrol pada perangkat termostat otomatis. Dengan demikian bila suhu pengeringan bawang yang akan divariasikan (dinaikkan atau diturunkan), maka suhu udara pengering dapat dikontrol (peningkatan maupun penurunan).

2. Aliran Udara Pengering dan Blower

Blower digunakan untuk mendorong udara yang dipanaskan menuju ruang pengering. Berdasarkan pengamatan dan hasil pengukuran, kecepatan aliran udara pengering pada titik I (ruang pengering bagian atas kiri) adalah 1,18 m/detik, titik II (ruang pengering bagian atas tengah) 0,78 m/detik, dan titik III (ruang pengering bagian atas kanan) 0,33 m/detik. Terlihat bahwa kecepatan aliran udara relatif kurang merata. Dengan demikian bila digunakan untuk mengeringkan bawang merah diperkirakan akan mengalami kekurangan tekanan, terlebih bila alat dijalankan dengan kapasitas penuh (sekitar 2 ton). Kondisi ini dimungkinkan karena beberapa faktor : 1) tekanan udara saat melalui ruang pengering kurang memadai yang diakibatkan oleh rancangan yang tidak dilengkapi komponen atau pembagi aliran yang seimbang, 2) tenaga *blower* kurang besar sehingga dapat mengakibatkan aliran atau tekanan udara pengering yang dihasilkan tidak maksimal, 3) Posisi pemasukan udara pengering yang tidak seimbang pada bagian sisi pengering mengakibatkan udara pengering yang keluar didistribusikan tidak merata.

Untuk menjamin tekanan udara pengering yang memadai sebaiknya diupayakan: 1) penambahan kipas di dalam ruang pengering, 2) peningkatan besar tenaga penggerak (*horse power-hp*) motor listrik dari *blower*, dan 3) penambahan pengarah aliran udara pengering di dalam ruang pengering.

3. Suhu Udara Pengering

Dari hasil pengukuran suhu di atas sebenarnya alat pengering yang ada mempunyai penyebaran suhu yang relatif masih aman untuk suatu pengeringan bahan pertanian, termasuk untuk komoditas bawang merah, yaitu di bawah 50°C berdasarkan konstruksi yang ada. Hal ini terlihat pada suhu pengukuran dalam ruang pengering baik pada bagian atas, bawah, maupun tengah yaitu berkisar antara 50-60°C.

Tabel 2. Hasil Uji Pengukuran Penyebaran Suhu Unit Pengering

Jam	Setting suhu burner (°C)	Suhu cerobong (blower off) (°C)	Suhu cerobong (blower menyala) (°C)	Suhu ruang pengering			Suhu udara masuk ke blower (°C)
				Bawah (°C)	Tengah (°C)	Cerobong keluar (°C)	
15.00	95	120	68,9	-	48,7	-	-
15.30	-	-	70,9	-	50,9	-	-
15.35	-	-	77,3	55,7	54,9	46,8	-
15.45	-	-	82,1	59,9	59,3	50,9	-
16.00	-	-	84,1	61,4	61,1	51,9	58

Keterangan: Data lapangan tanggal 28 Oktober 2003 pada alat pengering milik Perusda Brebes.

4. Desain Atau Konstruksi Unit Pengering

Dari hasil pengamatan dan pengukuran parameter pengeringan dengan konstruksi alat pengering yang ada, maka perlu diperlumbangkan beberapa faktor dalam desain atau konstruksi untuk menghasilkan proses pengeringan dengan lancar: 1) Perlu dilengkapi dengan saluran pembuangan udara hasil pembakaran awal yang menimbulkan asap atau pembakaran yang tidak sempurna, 2) Perlu dilengkapi dengan penambahan rak pengering (dengan bahan konstruksi bambu atau besi siku), 3) Pintu pengering perlu dimodifikasi agar lebih besar dari yang ada sehingga memudahkan proses pemasukan dan pengeluaran bahan, dan 4) Perlu komponen pengatur/pembagi aliran udara yang merata pada bagian atas ruang pengering.

E. Analisa Teknik Sistem Pengeringan

Panas yang dihasilkan oleh bahan bakar tidak seluruhnya dapat digunakan untuk mengeringkan bahan. Panas ini sebagian hilang ke lingkungan sekitarnya melalui dinding alat pengering, lubang pemasukan *burner*, dan cerobong pengeluaran. Secara umum keseimbangan panas dalam sistem pengeringan yang ada dapat dijelaskan sebagai berikut (Mujumdar 2003) :

1. Panas Total Pengeringan (Q_t)

Secara garis besar panas total pengeringan (Q_t) dapat dirinci seperti berikut (Alamsyah, dkk 1987, Musaddad dan Sinaga, 1992): $Q_t = \text{panas yang hilang melalui dinding } (Q_d) + \text{panas yang hilang melalui tungku } (Q_e) + \text{panas yang hilang melalui cerobong } (Q_c) + \text{panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan } (Q_b)$, di mana $Q_t = Q_d + Q_e + Q_c + Q_b$.

2. Berat Air Yang Dikeluarkan Bahan (E)

Diasumsikan kadar air awal bawang merah 87% (basis basah), kapasitas alat pengering 2 ton, kadar air akhir bawang 84%. Dengan demikian jumlah air yang diuangkan dapat dihitung (Heldman and Singh, 1981; Brooker et al, 1974; Mujumdar, 2003) dengan $E = 100(M_0 - M_1) \times W_d / (100 - M_0)$ ($100 - M_0 = 635 \text{ kg}$). (Keterangan M_0 = kadar air awal, M_1 = kadar air akhir, dan W_d = berasal kering)

3. Total Debit Aliran Udara (V)

$$\begin{aligned} V &= V_1 + V_2 + V_3 \\ &= 1.065 \text{ m}^3/\text{jam} + 698.4 \text{ m}^3/\text{jam} + 122.4 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1.886.4 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

4. Panas Dari Bahan Bakar (Minyak tanah)

Nilai panas bahan bakar = $43405 \times 790 \times 10^{-3} = 34289$, 95 kJ/liter, konsumsi minyak tanah = 5 liter/jam, jadi panas yang dihasilkan oleh pembakaran minyak tanah adalah $5 \text{ liter/jam} \times 34289$, 95 kJ/liter = 171.449,75 kJ/jam

5. Efisiensi Penggunaan Panas

Diasumsikan efisiensi penggunaan panas untuk pengeringan bahan atau untuk menguapkan air dari bahan dari total panas yang dihasilkan bahan bakar adalah 17% (<20%) untuk suatu alat pengering kamar seperti yang diungkapkan di atas (Alamsyah et al, 1987). Karena dalam alat pengering yang ada sebagian udara hasil pengeringan digunakan kembali untuk pengeringan bawang, maka diasumsikan efisiensi penggunaan panas sekitar 50%.

6. Energi Yang Dibutuhkan Untuk Mengeringkan Bahan

Total energi yang dibutuhkan (Q) adalah energi untuk menaikkan suhu bahan ditambah dengan panas laten untuk menguapkan air. Persamaan pindah panasnya adalah massa bahan dikalikan dengan perbedaan suhu dikalikan dengan panas jenis bahan ditambah massa air yang diuangkan dikalikan dengan panas laten. $Q = 2000 \text{ kg} \times (40 - 27)^\circ\text{C} \times 3,43 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} + 635 \text{ kg} \times 2331 \text{ kJ/kg} = 1.569.365 \text{ kJ}$

7. Perkiraaan Lama Pengeringan (L)

Dari hasil perhitungan konsumsi minyak tanah dan nilai kalor yang diberikan minyak tanah maka lama pengeringan (L) dapat dihitung dengan $L = 1.569.365 \text{ kJ} / (171.449,75 \text{ kJ/jam} \times 50\%) = 18,3 \text{ jam}$. Perhitungan lama pengeringan ini kurang lebih mendekati dengan lama pengeringan bawang Bombay dilakukan pada suhu 46°C , RH 70 – 80% selama 16 jam (Thompson, 1972).

F. Analisis Kebutuhan Dan Biaya Produksi Pengeringan Bawang Merah

1. Analisis Kebutuhan Alat Pengering

Dilihat dari data di lapangan, pengeringan dengan sinar matahari yang hanya menggunakan lahan penjemuran sudah dapat mengeringkan bawang merah sampai kondisi siap simpan dengan waktu pengeringan selama 7 – 10 hari. Jumlah bulan kemarau di daerah Brebes selama 6 bulan, selama masa ini pengeringan bawang merah bisa dilakukan dengan sinar matahari. Sedang

pada saat musim penghujan yang juga berlangsung sekitar 6 bulan, pengeringan matahari tidak bisa sepenuhnya dilakukan dan operasi pengeringan yang kurang sempurna dapat mengakibatkan mutu bawang merah yang rendah oleh karena itu penggunaan pengering buatan direkomendasikan.

Apabila pengeringan dilakukan dengan menggunakan unit pengering buatan dengan kapasitas 2 ton per hari, maka dibutuhkan unit pengering yang cukup banyak. Namun tidak semua produksi bawang merah yang dihasilkan akan dikeringkan penggunaan alat pengering buatan. Untuk itu perhitungan kebutuhan alat pengering didasarkan atas 25% dari jumlah produksi bawang merah. Hal ini diasumsikan selama musim penghujan tersebut masih ada sejumlah bawang merah yang masih bisa dikeringkan dengan pengeringan matahari.

Pada Tabel 3 dapat dilihat data produksi bulanan bawang merah untuk daerah Brebes tahun 2002. Berdasarkan data produksi bawang merah tersebut sebenarnya dapat diprediksi jumlah alat pengering yang dibutuhkan. Sebagai contoh pada bulan Januari produksi bawang merah adalah 10.811,6 ton jadi untuk perhitungan kebutuhan alat pengering adalah sebagai berikut:

- Jumlah produksi : 10.811,6 ton
- Jumlah hari per bulan : 30 hari
- Rata-rata produksi : $10.811,6 / 30 \text{ hari} = 360,3 \text{ ton/hari}$
- Kapasitas alat pengering : 2 ton / satu kali operasi
- Jumlah kebutuhan alat pengering teoritis : $360,3 \text{ ton}/2 \text{ ton} = 180 \text{ unit}$
- Asumsi hanya 25 % bawang merah yang dikeringkan dengan pengering buatan sehingga jumlah kebutuhan alat pengering : $25\% \times 180 \text{ unit} = 45 \text{ unit}$

Dengan cara yang sama dapat dihitung jumlah kebutuhan alat pengering tiap bulannya, dan kebutuhan tertinggi terjadi pada bulan Juli yang membutuhkan alat pengering sebanyak 142 unit seperti terlihat pada Tabel 3.

Di samping itu berdasarkan data produksi bawang merah Brebes pada tahun 2003 yang rata-rata 12.282 ton per bulan, dan data lapangan untuk mengeringkan 15 ton bawang merah segar dibutuhkan lahan pengeringan seluas 0,75 Ha, maka rata-rata kebutuhan lahan untuk pengeringan per bulan cukup luas dengan waktu pengeringan 7 hari. Dengan dasar ini pula pemakaian alat pengering buatan (*artificial dryer*) sangat direkomendasikan.

Tabel 3 . Produksi Bawang Merah Brebes Tahun 2002 dan hasil perhitungan Kebutuhan alat Pengering Buatan Kapasitas 2000 kg

No	Bulan	Produksi*) (ton)	Kebutuhan pengering (unit)**
1.	Januari	10.811,6	45
2.	Februari	4.993,9	21
3.	Maret	1.240,5	5
4.	April	1.938,3	8
5.	Mei	10.076,4	42
6.	Juni	33.688,7	140
7.	Juli	34.196,4	142
8.	Agustus	14.150	59
9.	September	17.677	73
10.	Oktober	2.586,8	11
11.	Nopember	3.067,3	12
12.	Desember	11.010,7	45
	Rata-rata	12.282,	-

2. Analisis Biaya Pengeringan Bawang Merah Dengan Sinar Matahari

Secara garis besar analisis perhitungan biaya pengeringan bawang merah dengan sinar matahari disajikan dalam Tabel 4.

3. Analisis Biaya Pengeringan Bawang Merah Menggunakan Alat Pengering

Analisa teknokonomi ini dimaksudkan untuk mengetahui gambaran kelayakan usaha pengeringan bawang merah menggunakan alat pengering. Dalam analisa teknokonomi ini hanya diperhitungkan komponen utama dalam operasi pengeringan yang meliputi :

- (a) Investasi, terdiri dari: alat pengering, peralatan pendukung dan modal kerja, dan
- (b) Biaya operasi, terdiri dari: bawang merah dalam hal ini tidak dibeli karena bahan tersebut berasal dari petani yang akan menggunakan jasa pengeringan atau alat

4. Analisis Biaya Pengeringan Bawang Merah Dengan Pengeringan Matahari (kapasitas 15 ton bawang segar)

No.	Komponen biaya	Jumlah (Rp)
1.	Sewa tanah: 750 m ² (1 minggu) x Rp 50.000/08Ha/2 bulan	55.250
2.	Ongkos panen: 400 org x Rp 7.500,-	300.000
3.	Ongkos menyusun: 8 org x Rp 10.000,-	80.000
4.	Peralatan: - tal, bambu plastik - lon dan lam-lam	500.000
5.	Tenaga kerja: - pengeringan: 2 orang x 7 hari x Rp 20.000,- - gaji 1 orang x 7 hari x Rp 50.000,-	280.000 350.000
6.	Total	1.568.250
7.	Biaya produksi: Rp 1.568.250/15 ton	104

Sumber: data primer di lapangan (Brebes), dan pengeringan dilakukan pada lahan tanam

pengering disewakan bagi petani yang akan mengeringkan bawang), kemasan, bahan bakar (minyak tanah dan solar), listrik, biaya pengiriman dan biaya tak terduga.

Asumsi yang digunakan dalam perhitungan kelayakan usaha pengering bawang merah ini adalah: 1) umur proyek dipersirikiran selama 10 tahun; 2) semua peralatan memiliki umur ekonomi 10 tahun, dengan tidak memiliki nilai sisa pada akhir masa proyek; 3) tarian telah tersedia dan alat pengering berada di dalam ruang penyimpanan bawang merah; 4) dibutuhkan modal kerja selama 2 bulan; dan 5) operasi pada musim hujan berlangsung 6 bulan.

Dalam kajian ini dicoba untuk mengkaji teknik ekonomi penggunaan alat pengering selama musim penghujan yang diasumsikan berlangsung selama kurang lebih 6 bulan dalam satu tahun. Analisa perhitungan pengeringan tersebut secara garis besar disajikan dalam Tabel 5. Dari data hasil perhitungan pada Tabel 5, dan Tabel 6 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan biaya pengeringan bawang merah menggunakan sinar matahari dengan menggunakan alat pengering. Biaya pengeringan menggunakan sinar matahari adalah sebesar Rp 104,- per kg, sedangkan biaya pengeringan bawang merah dengan bantuan alat pengering sebesar Rp 207,- per kg (bilangan diperasikan pada musim hujan selama 6 bulan dalam satu tahun).

Dari kedua metode pengeringan di atas dapat dilihat bahwa biaya pengeringan menggunakan sinar matahari relatif lebih rendah dibandingkan dengan biaya pengeringan menggunakan alat pengering buatan dengan perbedaan biaya pengeringan sekitar Rp 103,-. Akan tetapi bila dilihat dari sisi waktu pengeringan yang diperlukan, maka pengeringan dengan alat pengering buatan memberikan waktu yang lebih singkat. Dengan pengering buatan ini diperlukan waktu pengeringan selama 18,3 jam dengan kadar air akhir sekitar 84% (kondisi askip), sedangkan lama pengeringan dengan sinar matahari adalah sekitar 7 – 10 hari untuk mencapai kondisi askip. Dengan demikian diharapkan penggunaan alat pengering buatan akan mempercepat perolehan pendapatan uang dari penghasil bawang di daerah Brebes. Pada Tabel 6 dapat dilihat perbandingan biaya pengeringan bawang merah dengan pengeringan matahari dan pengeringan buatan. Dengan perhitungan yang sama bisa juga dihitung analisa teknik

Tabel 5. Analisis Finansial Unit Pengering Bawang Merah (selama musim hujan atau 6 bulan proses dalam 1 tahun)

	Pembatasan Ekonomi	Rasio (%)
A. Modal Tetap		
1. Alat pengering	Rp 1.000.000	
2. Petabel pengering	Rp 1.000.000	
Jumlah Modal Tetap	Rp 2.000.000	
B. Modal Kerja		
Modal kerja untuk 2 bulan proses		
1. Bahan baku	-	
2. Perawatan	1.000.000	
3. Bahan bahan + 20% (Rp 100.000 x 120%)	2.500.000	
4. Listrik 200.000 (Rp 100.000 x 2)	100.000	
5. Bahan bahan yg hilang 10% (Rp 100.000 x 10%)	100.000	
6. Biaya bantuan negara	150.000	
7. Bantuan Pemerintah (Rp 100.000 x 10%)	10.000	
Jumlah Modal Kerja	3.550.000	
Jumlah Modal Jaring	5.550.000	
C. Pembiayaan Biaya Untuk 6 Bulan		
a. Biaya Tetap		
1. Biaya tetap x 6 bulan = Rp 1.200.000	10.800.000	
2. Perawatan x 6 bulan = 1.000.000	6.000.000	
3. Pengeluaran persediaan 20% = Rp 500.000.000	300.000	
4. Biaya air + 10% = 100.000	10.000	
Jumlah Biaya Tetap	17.000.000	
b. Biaya Tidak Tetap		
1. Bahan bahan	-	
2. Bahan bahan + 20% (Rp 100.000 x 120%)	2.400.000	
3. Listrik 200.000 (Rp 100.000 x 2)	100.000	
4. Listrik	100.000	
5. Bahan bahan yg hilang	100.000	
6. Biaya bantuan negara	150.000	
7. Bantuan Pemerintah (Rp 100.000 x 10%)	10.000	
Jumlah Biaya Tidak Tetap	2.860.000	
c. Pengeluaran Penghasilan		
1. Penghasilan pengering (100 kg x 150 kg x Rp 4.000)	75.000.000	
2. Pengeluaran biaya produksi	62.200.000	
Pengeluaran biaya produksi	12.700.000	
Penghasilan Bruto (dalam rupiah)	12.300.000	
E. Pengembalian Modal		
Total pengembalian modal (dalam rupiah) = Pendapatan Bruto + Biaya produksi	77.600.000	
Harga jual produk (Rp 1.000)	60.200.000	
Biaya produksi untuk 200 ton bawang merah	20.400.000	

Tabel 6. Perbandingan antara Komponen Biaya Pengeringan Bawang Merah dengan metoda Pengeringan matahari dan Pengeringan Buatan

No	Komponen Biaya	Pengeringan matahari (Rupiah)	Pengeringan buatan (Rp 1000 rupiah)	Pengembalian modal
1	Biaya tetap pengeringan	Rp 104,-	Rp 207,-	Rp 204,-
2	Biaya pengeluaran	Rp 200.000,-	Rp 477.111,-	Rp 450.000,-
3	Lama pengeringan	10.320	10.320	10.320
4	Biaya produksi per ton	Rp 12.700.000	Rp 12.300.000	Rp 12.300.000
5	Penghasilan	-	Rp 12.300.000	Rp 12.300.000
	Pengembalian modal	-	12.300	145.89

ekonomi pengeringan bawang merah dengan pengering buatan selama satu tahun penuh yang hasilnya disajikan pada Tabel 5.

4. Analisis Sensitivitas Pengeringan Bawang Merah

Analisis sensitivitas pengeringan bawang merah dilakukan untuk mengetahui pengaruh perubahan parameter keuangan terhadap pendapatan, harga pokok produksi,

Tabel 7. Pengaruh Perubahan Harga Bahan Bakar Terhadap Pendapatan, Pengembalian Modal, dan Harga Pokok Produksi (operasi alat pengering 300 hari per tahun)

Peningkatan harga bahan bakar dalam %	Pendapatan per tahun (Riau Rp)	Pengembalian modal (Riau)	Harga pokok produksi (Rp)
-20%	37	1.07	192.76
-10%	57	1.28	193.50
0%	78	1.45	203.96
+10%	97	1.73	211.50
+20%	119	2.13	219.15

Tabel 8. Pengaruh Perubahan Harga Bahan Bakar Terhadap Pendapatan, Pengembalian Modal, dan Harga Pokok Produksi (operasi alat pengering 150 hari per tahun)

Peningkatan harga bahan bakar dalam %	Pendapatan per tahun (Riau Rp)	Pengembalian modal (Riau)	Harga pokok produksi (Rp)
-20%	11	3.71	195.15
-10%	16	7.52	197.25
0%	14	2.95	204.95
+10%	11	3.65	212.25
+20%	9	4.47	220.35

Tabel 9. Pengaruh Perubahan Upah Terhadap Pendapatan, Pengembalian Modal, dan Harga Pokok Produksi (operasi alat pengering 300 hari per tahun)

Peningkatan upah dalam %	Pendapatan per tahun (Riau Rp)	Pengembalian modal (Riau)	Harga pokok produksi (Rp)
-20%	18	2.10	185.00
-10%	26	3.26	193.20
0%	24	2.36	204.95
+10%	21	3.06	214.60
+20%	19	3.70	224.90

Tabel 10. Pengaruh Perubahan Upah Terhadap Pendapatan, Pengembalian Modal, dan Harga Pokok Produksi (operasi alat pengering 150 hari per tahun)

Peningkatan upah dalam %	Pendapatan per tahun (Riau Rp)	Pengembalian modal (Riau)	Harga pokok produksi (Rp)
-20%	26	1.02	194.60
-10%	33	1.28	194.20
0%	30	1.45	203.95
+10%	27	1.64	211.60
+20%	24	1.80	219.20

dan pengembalian modal. Dalam analisis sensitivitas ini dilihat sejauh mana perubahan parameter keuangan yang sensitif, yaitu harga bahan bakar dan upah operator dalam operasi pengeringan.

Dalam analisa sensitivitas, perubahan yang terjadi untuk bahan bakar diasumsikan mengalami kenaikan 10%, dan 20% serta penurunan sebesar 10% dan 20%. Demikian juga untuk parameter upah tenaga kerja diasumsikan mengalami kenaikan 25% dan 50% serta penurunan 25% dan 50%. Pada Tabel 7, 8, 9 dan 10 disajikan pengaruh sensitivitas perubahan harga bahan bakar

dan upah buruh terhadap pendapatan per tahun, pengembalian modal, dan harga pokok produksi.

Berdasarkan perhitungan sensitivitas, secara umum kenaikan harga bahan bakar sangat sensitif terhadap pendapatan per tahun, pengembalian modal dan harga pokok produksi. Demikian pula perubahan kenaikan harga bahan bakar sangat sensitif terhadap pendapatan per tahun, pengembalian modal dan harga pokok produksi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut:

Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji performansi alat pengering yang dilakukan, dapat dievaluasi bahwa alat pengering perlu perbaikan konstruksi terutama dalam hal penyebaran panas dan laju pengeringan. Untuk penyebaran panas (keseragaman suhu pengeringan dalam ruang pengering) yaitu dengan penambahan blower. Untuk peningkatan laju pengeringan perlu penambahan tenaga (*horse power*) motor listrik blower utama. Disamping itu *switch* dari blower dan bahan bakar tidak disertakan untuk menghindari timbulnya bau bahan bakar yang akan mengenai bahan yang dikeringkan.

Dengan analisa teknik yang dilakukan untuk 2 ton pengeringan menggunakan alat pengering bawang merah jumlah air yang diuapkan adalah 635 kg, total debit aliran udara (V) sebesar 1.886,4 m³/jam. Total energi panas yang dibutuhkan untuk mengeringkan bahan adalah 1.569.365 kJ dengan lama pengeringan 18,3 jam, untuk pengeringan matahari dari bawang merah diperlukan waktu 7 – 10 hari.

Kebutuhan alat pengering maksimal berdasarkan jumlah produksi selama tahun 2002 berjumlah 142 unit yang terjadi pada bulan Juli. Untuk mengeringkan 2000 kg bawang merah per hari maka dengan investasi Rp 59.549.000,- dan 150 hari kerja per tahun (6 bulan musim penghujan) maka akan diperoleh keuntungan bersih per tahun Rp 12.793.000,- dengan pengembalian modal selama 3,12 tahun. Biaya produksi pengeringan dengan alat pengering adalah Rp 207,4,- per kg sedangkan untuk pengeringan matahari adalah Rp 104,-. Walaupun biaya

pengeringan dengan alat pengering lebih tinggi dan biaya pengeringan matahari akan tetapi secara ekonomis pengembalian modal akan lebih cepat.

Saran

Perlu dilakukan pembinaan teknis terhadap para petani bawang baik secara kelompok tani atau terhadap pembina teknis setempat tentang operasi dari alat pengering yang baik dan tepat. Perlu dilakukan sosialisasi penggunaan proses pengeringan buatan (*artificial drying*) dengan alat pengering buatan yang ada sehingga diperoleh pemahaman yang positif dan menguntungkan dari penggunannya akan memberikan keuntungan ekonomis (pengembalian uang)

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah R., Purwadaria, H.K., Yuswadi, and Thahir, T. (1987). Technical Design and Testing of Box Type Fish Dryer. *J.of Agro-based Industry* Vol. 3 No. 1, pp 1-7
- Anonim. 2003. *Pengembangan Usaha Agribisnis Bawang Merah Terpadu*, Direktorat Tanaman Sayuran, Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura, Deptan
- Baker, C.G.J. (1997). "Dryer Selection", hal. 242-271, dalam Baker (1997). *Ed. Industrial Drying of Foods*, Blackie and Professional, London.
- Bleasdel, J.K.A., G.W. Tucker, and K. Huges. 1969. *Bulk Storage of Onion, Onion Skin Colour and Keeping Quality*. National Vegetable Research State in Annual Report, p: 78 – 79.
- Brooker, D.B., F.W. Baker-Arkema, and C.W. Hall. 1974. *Drying Cereal Grains*. AVI. Westport.
- Currah, L., and J.P. Felicity. 1990. *Onion In Tropical Regions*. Natural Institute. Chatham Maritime, Kent ME4 4TB, United Kingdom.
- Heldman, D.R. and Singh, R.L. (1981). *Food Process Engineering*. AVI Pub, Connecticut
- Kadarjah, Karina, L., dan Gray,C. (1978). *Pengantar Evaluasi Proyek*. Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi, UI, Jakarta
- Mujumdar, A.S. (2003). "Thermal Dehydration-Principles, Classification and Selection of Dryers". *Proceeding Regional Workshop on Drying Technology (The third Seminar and Workshop)*, 21-25 July 2003 by Asean Scner: 1 -39.
- Musaddad, D. dan R.M Sinaga. 1992. Pengeringan Bawang Merah dengan Menggunakan Tenaga Berpembangkit Vortex. *Buletin Penelitian Hortikultura* Vol. XXII (1) : 48 – 55.
- Perry, R.H. and Chilton, C.H. (1973). *Chemical Engineer handbook*. 5 th ed. Mc Graw Hill, New York.
- Prawirokusumo, S. (1990). *Ilmu Usaha Tani*. Edisi Pertama, BPFE, Yogyakarta.
- Ship Way, M.R. 1978. *The Refrigerated Storage of Vegetables and Fruits*. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Reference Book. p: 324 – 348. London.
- Thompson A.K. 1982. *The Storage and Handling of Onion*. Tropical Development and Research Institute. London.
- Whitwell, J.D. 1970. *The Onion Business : Factors Affecting Crop Harvesting and Storage*. Commercial Grower (3876): 518-521.