

TEKNIK PENYIMPANAN BAWANG MERAH PASCA PANEN DI JAWA TIMUR

Nur Komar*, S. Rakhmadiono* dan Lina Kurnia**

Abstrak

Bawang merah, merupakan komoditas penting bagi kebutuhan aneka masakan khas Indonesia dan kegunaan lainnya yang luas pemanfaatannya. Kebutuhan yang terus-menerus ini perlu diimbangi dengan persediaan stok bahan yang dapat memenuhi target.

Cara penyimpanan bawang merah yang baik, sangat diperlukan dalam pengendalian stok tersebut secara kontinyu. Kendala yang dihadapi adalah selama ini pengaturan jadwal penanaman, kapasitas dan peta produksi serta pengaturan penjadwalannya kapan harus ditangani oleh daerah Brebes dan kapan harus ditangani oleh Kediri, Malang, Jember, Banyuwangi dan lain-lainnya; hal seperti disampaikan ini belumlah diatur secara baik. Sehingga harganya menjadi sangat bervariasi di setiap lokasi dan waktu.

Secara teknis, bawang merah digolongkan sebagai umbi lapis yang mengalami kekeringan bagian lapisan terluarnya, kemudian mengelupas. Maka bahan ini mudah sekali mengalami susut bobot sekitar 25 % selama penyimpanan untuk daerah tropis. Hasil penelitian pendinginan di daerah sub-tropis, terjadi susut bobot sebesar 17 %.

Penelitian di laboratorium dengan pendekatan empiris diharapkan untuk mendapatkan hasil percobaan dengan performansi yang baik dengan tolok ukur sebagai berikut : 1) Temperatur penyimpanan, 2) Kelembaban nisbi, 3) Kadar air bawang merah ikatan, 4) penurunan laju respirasi, dan 5) Tingkat kekerasan serta 6) Target waktu simpan bawang merah. Dengan cara tersebut diatas diharapkan pengkondisian simpanan bawang merah diharapkan dapat memiliki prospek yang baik diwaktu mendatang.

THE POSTHARVEST STORAGE OF GARLIC IN EAST JAVA

Abstract

Garlic, as an important commodity for various Indonesia unique cooking, is very wide in using. The continue demand of garlic need balancing supply in stock of it fulfil supply target.

The good garlic storage method is very important factor on inventory control of it continually. In fact planting time schedule of garlic in some regions such as Brebes, Kediri, Malang, Jember and Banyuwangi are unmanaged. It is became constraints to regulate planting schedule of some garlic production regions center impact to price fluctuation by time and by locations.

Technically, garlic define as a tuber crops with layers, which outers layer is easy to dry and to get peeled off. It is the reason, why garlic easy to shrink, about 25%, when storage time in tropical regions, while in sub tropical region, the shrinkage is 17%.

Laboratory experiment with empirically approach of garlic, expected to get a result a good performance with indicators as follow: 1) storage temperature, 2) relative humidity, 3) water content of garlic thightened, 4) decreasing respiration rate, 5) penetrometer index, 6) targeted storage time of garlic. The expected result is to get the best storage conditions to increasing garlic potency.

PENDAHULUAN

Bawang merah, merupakan komoditas penting bagi kebutuhan aneka masakan khas

Indonesia dan kegunaan lainnya yang luas pemanfaatannya. Kebutuhan yang terus-menerus ini perlu diimbangi dengan persediaan

* Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

** Alumni Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

stok bahan yang dapat memenuhi target kebutuhan dalam negeri.

Penanganan pasca panen yang penting, adalah tahapan cara penyimpanan bawang merah yang baik sangat diperlukan dalam pengendalian stok secara kontinyu. Kendala yang dihadapi adalah selama ini pengaturan jadwal penanaman, kapasitas dan peta produksi serta pengaturan penjadwalannya kapan harus ditangani oleh daerah Brebes dan kapan harus ditangani oleh Kediri, Malang, Jember, Banyuwangi dan lain-lainnya; hal seperti disampaikan ini belumlah diatur secara baik. Sehingga harganya menjadi sangat bervariasi di setiap lokasi dan waktu.

Tujuan dari penelitian adalah; 1) Mengetahui pengaruh temperatur dan kelembaban lingkungan terhadap daya simpan bawang merah dan 2) Perencanaan alat penyimpanan berdasarkan kondisi optimal yang didapatkan dari hasil penelitian.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah; 1) Pengembangan teknologi pendinginan sebagai metode yang dapat diterapkan dalam mempertahankan mutu komoditas pertanian di iklim tropis Indonesia dan 2) Memungkinkan prediksi lama penyimpanan bawang merah sesuai kondisi lingkungan penyimpanan yang tersedia, untuk membuat suatu perancangan alat penyimpanan.

Secara teknis, bawang merah digolongkan sebagai umbi lapis yang mengalami kekeringan bagian lapisan terluarnya, kemudian mengelupas. Maka bahan ini mudah sekali mengalami susut bobot selama penyimpanan untuk daerah tropis. Penelitian di laboratorium dengan pendekatan empiris diharapkan untuk mendapatkan hasil percobaan dengan performansi tolok ukur sebagai berikut : 1) Temperatur penyimpanan, 2) Kelembaban nisbi, 3) Kadar air bawang merah ikatan, 4) penurunan laju respirasi, dan 5) Tingkat kekerasan serta 6) Target waktu simpan bawang merah. Dengan cara tersebut diatas diharapkan pengkondisian simpanan bawang merah diharapkan dapat memiliki prospek yang baik di waktu mendatang.

STUDI PUSTAKA

Bawang merah merupakan produk hidup berbentuk umbi lapis, dan memiliki sifat mudah sekali mengalami kerusakan. Jenis kerusakan yang terjadi berupa pelunakan umbi, keriput, keropos, busuk, pertunasan, pertumbuhan akar dan tumbuhnya jamur. Kerusakan-kerusakan semacam itu pada proses penyimpanan akan menyebabkan turunnya kualitas umbi bawang merah di samping kehilangan berat, yang pada akhirnya akan mempengaruhi harga bawang merah di pasaran.

Pantastico (1984) mengatakan bahwa penyimpanan bawang merah di daerah tropika membawa keuntungan yang pasti, contohnya di negara Filipina.

Aspek yang akan disoroti di dalam penelitian ini adalah bagaimana mengadakan suatu usaha penyimpanan yang baik untuk menampung hasil panen yang melimpah pada waktu panen besar. Penyimpanan yang umum dilakukan di Indonesia saat ini adalah penyimpanan tradisional yang akan menghasilkan susut bobot atau kehilangan berat sekitar 25%. Kehilangan berat yang sebesar itu diharapkan dapat ditekan hingga 10-17% dengan pengendalian lingkungan penyimpanan, misalnya temperatur dan kelembaban. Percobaan yang akan dilakukan adalah penyimpanan bawang merah dengan beberapa macam kondisi, termasuk menggunakan salah satu teknik pendinginan yaitu *air cooling*. Analisa parameter-parameter yang dicari akan menentukan kondisi lingkungan yang terbaik untuk mempertahankan kondisi bawang merah. Kondisi yang terbaik akan menjadi dasar bagi perencanaan suatu alat penyimpanan.

Bawang merah merupakan tanaman semusim yang tumbuh tegak dengan tinggi mencapai 15-50 cm, dan membentuk rumpun. Perakarannya berupa akar serabut yang tidak panjang dan tidak terlalu dalam tertanam di tanah. Tanaman ini tidak tahan kekeringan (Wibowo, 1994)

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas bawang merah, adalah: 1) Warna; warna merah cerah mengkilap menunjukkan kualitas bawang yang baik dan lebih disukai, 2) kepadatan, 3) bau dan rasa; bau yang harum dan rasanya pedas banyak disukai orang, 4) bentuk;

Teknik Penyimpanan Bawang Merah (Nur Komar)

bentuk yang disukai adalah yang bulat telur, sedangkan bentuk yang meruncing kurang disukai, 5) ketahanan; kualitasnya baik jika masih tetap mengkilap walaupun telah lama disimpan (Rismunandar, 1986).

Kriteria Penyimpanan Pasca Panen

Bawang merah harus disimpan di tempat dengan lingkungan spesifik jika diharapkan kualitas produk yang tinggi. Di samping itu, perlakuan terhadap bawang merah juga mempengaruhi kualitas produk. Umbi bawang merah dikatakan baik apabila pada waktu panen umbi sudah cukup tua, tidak terluka, dan cukup kering. Penyimpanan tradisional dilakukan dengan kondisi ruang penyimpanan pada temperatur antara 25-30°C, RH 70-80 % dan sirkulasi udara (aerasi) yang cukup baik. Bawang merah juga disimpan dengan cara non-tradisional, yaitu dengan teknologi pendinginan. Kondisi yang ideal untuk cara ini adalah udara dengan temperatur 0°C dan RH antara 60-70 % (Hall, 1980).

Periode pasca panen menurut Hall (1980) adalah, sebagai berikut: **Periode Pengerinan (Drying Period)**. Periode ini diperlukan apabila bawang baru diambil dari ladang dengan kandungan air permukaan yang berlebihan, jika cuaca mendukung saat panen (matahari bersinar terik), bawang cukup diletakkan di lahan dan proses-proses pengeringan tidak perlu dilakukan. Pengeringan dihentikan jika berat telah menyusut sekitar 15-20%. **Periode Penyembuhan (Curing Period)**. Periode ini diperlukan apabila perkembangan dormansi natural tidak sepenuhnya selesai pada proses penyembuhan di lahan. Tujuan proses penyembuhan ini adalah untuk melindungi umbi bawang dari organisme, juga untuk mengurangi laju respirasi bawang. Normalnya, proses penyembuhan di lahan membutuhkan waktu 1-2 minggu. Kondisi ideal untuk periode penyembuhan adalah temperatur kurang dari 35°C dan RH di bawah 50%. **Periode Pendinginan (Cooling Period)**. Periode ini berguna untuk menurunkan temperatur bawang. Pendinginan harus dilakukan dengan cara yang tepat untuk menghindari pengeringan tak merata. Pendinginan diperlukan untuk mencegah perbedaan temperatur ketika

disimpan di area yang berbeda-beda. **Periode Penyimpanan (Holding Period)**. Bawang yang telah didinginkan sampai temperatur *holding* seharusnya dipertahankan supaya fluktuasi temperaturnya minimum. Kondisi idealnya adalah temperatur 0°C dan RH 65-75%. **Periode Pengkondisian (Conditioning Period)**. Bawang perlu dikondisikan untuk pengepakan atau proses lebih lanjut. Bawang yang diambil secara langsung dari ruang pendinginan ke lingkungan yang bersuhu relatif tinggi akan terkondensasi.

Cara Penyimpanan

Penyimpanan yang umum dilakukan dibedakan menjadi penyimpanan tradisional dan non-tradisional. **Penyimpanan Tradisional**. Pada tahap I sesudah panen, bawang merah dijemur dengan maksud untuk menghilangkan air yang terkandung dalam kulit luar dan leher batang. Pada tahap II dilakukan *curing* untuk membantu perkembangan warna kulit bawang merah menjadi mengkilat dan menarik.

Penyimpanan dilakukan setelah tahap I dan II selesai, dengan cara menggantungkan umbi-umbi tersebut dengan bantuan para-para di atas tungku. Kondisi ruangan dijaga pada temperatur 26-29°C dengan RH 70-80 %. Penyimpanan tradisional dapat mempertahankan kondisi bawang selama 6 bulan dengan kehilangan berat sekitar 25% (Sunarjono, 1983).

Penyimpanan non-tradisional ini dilakukan dengan refrigerasi. Tujuan utamanya ialah mengendalikan laju transpirasi, respirasi, infeksi penyakit, serta mempertahankan produk dalam bentuk yang paling diminati konsumen.

Kelembaban Relatif Ruang dengan Kualitas Bahan pada Penyimpanan

Kelembaban Relatif (RH) didefinisikan sebagai perbandingan dari jumlah kandungan uap air di udara dengan jumlah kandungan uap air jenuh/maksimum pada temperatur yang sama, dinyatakan dalam persen.

RH dalam ruang penyimpanan berhubungan langsung dengan daya tahan kualitas bahan yang disimpan. Kelembaban yang rendah akan mengakibatkan pelayuan atau pengkeriputan (*shriveling*) pada bahan, dan

kelembaban yang tinggi dapat merangsang proses pembusukan terutama jika terjadi perubahan atau variasi temperatur dalam ruangan. Kelembaban relatif yang mencapai 100% juga akan mengakibatkan terjadinya kondensasi air sehingga kontrol terhadap cendawan akan makin sulit.

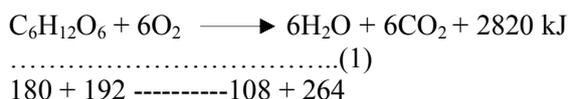
Kelembaban yang tepat adalah kelembaban yang dapat menjaga agar tidak terjadi kehilangan air akibat penyerapan oleh udara, namun tetap menjamin keamanan bahan yang disimpan terhadap pertumbuhan mikroba. Untuk mencapai kelembaban yang cukup, hendaknya digunakan isolasi yang baik, menghindari kebocoran, dan mengadakan permukaan dingin yang cukup luas. Dengan demikian beda temperatur antara permukaan pendingin dengan bahan dapat diperkecil.

Temperatur dalam Ruang Penyimpanan

Temperatur penyimpanan yang relatif tetap perlu dijaga untuk mendapatkan hasil yang baik setelah komoditas disimpan beberapa waktu. Fluktuasi temperatur dapat mengakibatkan kondensasi air pada bahan, yang pada akhirnya akan merangsang pertumbuhan cendawan dan proses pembusukan. Variasi temperatur dalam ruang penyimpanan diatasi dengan penggunaan isolasi dan pendinginan yang cukup serta selalu menjaga beda temperatur refrigerasi dengan temperatur ruang tetap kecil. Ruang penyimpanan hendaknya dilengkapi termostat atau alat kontrol lain dan selalu diamati dari waktu ke waktu.

Panas Respirasi

Sayur-sayuran dalam penyimpanan melakukan aktivitas fisiologis yaitu proses respirasi. Proses ini dapat digambarkan secara sederhana sebagai berikut:



artinya 180 bagian bahan dengan 192 bagian O₂ menghasilkan 108 bagian air dan 264 bagian CO₂ (berdasarkan bobotnya). Jika dilihat dari perbandingan jumlah air dihasilkan dengan panas respirasi yang timbul, maka untuk tiap

1000 gram air dikeluarkan $1000/108 \times 2820 \text{ kJ} = 26100 \text{ kJ}$. Panas laten penguapan air atau panas yang dibutuhkan untuk menguapkan 1000 gram air itu sendiri hanyalah 2400 kJ, artinya jumlah panas yang dihasilkan adalah $26100/2400 = 10,9$ kali jumlah panas yang diperlukan untuk penguapan (Syarif, 1992).

Hubungan laju respirasi, evolusi kalor, dan refrigerasi

Laju respirasi dipengaruhi oleh temperatur. Tiap kenaikan suhu 10°C (18°F), respirasi akan dua atau tiga kali lipat lebih besar. Refrigerasi penting untuk menghambat respirasi sedangkan umur simpan bahan sebanding dengan laju respirasi. Umur simpan bahan dari berbagai komoditi berbanding terbalik dengan laju evolusi kalor. Bahan yang laju evolusinya tinggi biasanya umur simpannya pendek, demikian sebaliknya. Bawang bombay (mewakili bawang merah) mempunyai umur simpan relatif lama (Anonymous, 1976).

Pengukuran Respirasi

Pantastico, 1984 menyatakan bahwa besar kecilnya respirasi dapat diukur dengan menentukan jumlah substrat yang hilang, O₂ yang diserap, CO₂ yang dikeluarkan, panas yang dihasilkan, dan energi yang timbul.

Biasanya respirasi ditentukan dengan pengukuran CO₂ dan O₂, yaitu dengan pengukuran laju penggunaan O₂ atau dengan penentuan laju pengeluaran CO₂. Kalor yang dihasilkan untuk tiap mg CO₂ sebagai hasil proses dekomposisi gula sebesar 2.55 gram kalori (Anonymous, 1976).

Kuosien Respirasi

Pengukuran CO₂ dan O₂ memungkinkan pengevaluasian sifat proses respirasi. Perbandingan CO₂ terhadap O₂ dinamakan kuosien respirasi (RQ). RQ berguna untuk menentukan apakah proses bersifat aerobik atau anaerobik (Pantastico, 1984).

Rumusan untuk kuosien respirasi dalam Wills (1981) untuk mendapatkan nilai variasinya adalah $RQ = CO_2 \text{ yang dihasilkan} / O_2 \text{ yang dikonsumsi}$, di mana CO₂ dan O₂ dalam satuan ml.

Teknik Penyimpanan Bawang Merah
(Nur Komar)

Temperatur dan laju respirasi beberapa komoditas telah diteliti, dan nilainya dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai-nilai tersebut dapat digunakan sebagai acuan ideal untuk penyimpanan komoditas pertanian.

*Tabel 1.
Temperatur dan Laju Respirasi Beberapa
Komoditas (Wright dalam Hall, 1979)*

| Komoditi | Temperatur | | Laju respirasi (J/kg.hari) |
|---|------------|----|----------------------------|
| | °C | °F | |
| Selada Air | 0.0 | 32 | 13130 |
| | 4.4 | 40 | 18600 |
| | 15.6 | 60 | 53350 |
| Bawang Bombay, kering, <i>Yellow Globe</i> | 0.0 | 32 | 1020 |
| | 10.0 | 50 | 2180 |
| | 21.1 | 70 | 4220 |
| Kacang Kapri | 0.0 | 32 | 895 |
| | 4.4 | 40 | 17000 |
| | 15.6 | 60 | 48600 |
| | 26.7 | 80 | 91900 |
| Kentang, Irlandia | 0.0 | 32 | 765 |
| | 4.4 | 40 | 1660 |
| | 21.1 | 70 | 3320 |
| Bayam | 0.0 | 32 | 4920 |
| | 10.0 | 50 | 20810 |
| | 15.6 | 60 | 44100 |
| Kentang manis, <i>cured</i> <i>Non cured</i> | 4.4 | 40 | 3890 |
| | 15.6 | 60 | 7300 |
| | 4.4 | 40 | 1990 |
| | 15.6 | 60 | 4970 |

Kehilangan Air Evaporasi

Molekul-molekul pada permukaan air yang berinteraksi dengan udara mengalami pergerakan untuk membebaskan diri menuju udara yang molekulnya lebih sedikit dan lebih bebas. Gerakan pelepasan molekul yang kita

sebut evaporasi atau penguapan ini menyebabkan permukaan air mempengaruhi tekanan atmosfer menjadi *water vapour pressure* (wvp).

Air pada temperatur tertentu memiliki wvp konstan, sedangkan uap air sesuai dalam udara memiliki tekanan parsial yang dikenal sebagai wvp udara. Wvp udara dan wvp permukaan air diekspresikan dalam satuan pascal, namun satuan milibar lebih sering digunakan daripada satuan Pa atau kPa. Tekanan atmosfer standar adalah 101.325 kPa atau 1.013 25 bar, sama dengan 760 mmHg atau 29.92 inciHg. Jadi apabila uap air menempati 1% volume udara, pada tekanan total barometer, wvp menjadi sekitar 1.013 kPa (10.13 mbar, 0.01 atm).

Jika molekul-molekul air terus melepaskan diri menuju udara dalam suatu sistem tertutup, konsentrasinya akan meningkat. Gerakan acak yang dilakukan mengakibatkan molekul-molekul ini makin terpusat, dan terjadi gaya tarik-menarik yang semakin kuat hingga akhirnya kembali membentuk fase cair, baik dalam bentuk kabut atau embun.

Pada konsentrasi maksimum, udara dikatakan jenuh dengan uap air dan tekanan parsial dari uap air di udara sama dengan wvp permukaan air. Wvp dari udara jenuh jika diasumsikan dalam tekanan atmosfer standar adalah 10.1325 mbar dikalikan dengan persentase volume uap air dalam udara (Tabel 2). Pada keadaan jenuh dan temperatur merata, air dan uap air atmosferik berada dalam keadaan kesetimbangan dinamik di mana terjadi pertukaran molekul antara fase cair dan fase uap. Jika udara dan air jenuh berada pada temperatur sama, air akan mengalami evaporasi sampai kesetimbangan dinamik tercapai pada wvp jenuh.

*Tabel 2.
Kandungan dan Tekanan Uap Air dari
Kelembaban Udara 1 m³ pada Tekanan
Barometer Total dari Keadaan Standar (101
325 Pa) (Burton, 1982)*

| Temperatur (°C) | Berat Uap Air (g) | Volume Uap Air (l) | Tekanan Uap Air (mbar) | Berat Air per mbar tekanan (g) |
|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------|
| 0 | 4.84 | 6.00 | 6.08 | 0.80 |
| 1 | 5.18 | 6.44 | 6.53 | 0.81 |
| 2 | 5.54 | 6.92 | 7.01 | 0.80 |
| 3 | 5.92 | 7.43 | 7.53 | 0.79 |
| 4 | 6.33 | 7.96 | 8.07 | 0.79 |
| 5 | 6.76 | 8.54 | 8.65 | 0.78 |
| 6 | 7.22 | 9.15 | 9.27 | 0.78 |
| 7 | 7.70 | 9.80 | 9.93 | 0.78 |
| 8 | 8.21 | 10.49 | 10.63 | 0.77 |
| 9 | 8.76 | 11.22 | 11.37 | 0.77 |
| 10 | 9.33 | 12.00 | 12.16 | 0.77 |
| 11 | 9.93 | 12.82 | 12.99 | 0.77 |
| 12 | 10.57 | 13.69 | 13.87 | 0.76 |
| 13 | 11.25 | 14.62 | 14.81 | 0.76 |
| 14 | 11.96 | 15.60 | 15.81 | 0.76 |
| 15 | 12.71 | 16.64 | 16.86 | 0.76 |
| 16 | 13.50 | 17.74 | 17.47 | 0.75 |
| 17 | 14.34 | 18.90 | 19.15 | 0.75 |
| 18 | 15.22 | 20.12 | 21.38 | 0.75 |
| 19 | 16.14 | 21.42 | 21.70 | 0.74 |
| 20 | 17.12 | 22.70 | 23.09 | 0.74 |
| 25 | 22.80 | 30.87 | 31.28 | 0.73 |
| 30 | 30.04 | 41.88 | 42.43 | 0.71 |

Laju evaporasi berimbang dengan perbedaan antara wvp air pada temperatur air dan wvp udara pada temperatur udara. Jika temperatur udara dan air sama, laju evaporasi berimbang dengan perbedaan antara wvp udara dan wvp udara jenuh. Perbedaan ini dikenal sebagai *water vapour pressure deficit* (wvpd) udara. Keadaan di atas berlaku bila temperatur air di permukaan sama dengan temperatur air yang terevaporasi.

Laju evaporasi diperkirakan dalam satuan berat air terevaporasi per unit luas per mbar wvpd.

Kehilangan Air Bahan

Kehilangan air bahan dipengaruhi oleh evaporasi. Dua hal yang dapat menekan evaporasi yaitu menurunkan *water vapour pressure deficit* (wvpd) terhadap udara lingkungannya serta penurunan permeabilitas integumen komoditas terhadap air atau uap air.

Tabel 3 mencantumkan data-data kehilangan berat maksimum yang dianjurkan untuk penyimpanan suatu komoditas. Kehilangan berat yang melebihi data tersebut menunjukkan bahwa komoditas tidak layak lagi dikonsumsi.

Tabel 3.
Kehilangan Air (% berat), di mana komoditas tidak layak lagi dikonsumsi.
(Robinson, dkk., 1975 dalam Burton, 1982)

| Komoditas | Maksimum Kehilangan Berat (%) | Komoditas | Maksimum Kehilangan Berat (%) |
|----------------------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|
| Asparagus | 4 | Bawang bombay | 10 |
| Kacang | 6 | Kentang | 7 |
| Bit | 7 | Kacang polong | 5 |
| Arbei | 6 | Lada hijau | 7 |
| Kubis, primo | 7 | Rasberi | 6 |
| Kubis, <i>January King</i> | 7 | Bayam | 3 |
| Kubis, <i>Dece ma</i> | 10 | Brokoli | 4 |
| Wortel, <i>disimpan</i> | 4 | Strawberi | 6 |
| Kol bunga | 7 | Jagung manis | 7 |
| Seledri putih | 10 | Tomat | 7 |
| Mentimun | 5 | Selada air | 5 |

Kehilangan air untuk permukaan komoditi yang luka akan menjadi lebih tinggi daripada yang utuh. Metode yang banyak digunakan untuk umbi-umbian dalam mengatasi hal ini ialah dengan pengaturan temperatur. Permeabilitas terhadap air dan uap air juga dapat dikurangi dengan pelapisan minyak atau lilin.

Refrigerasi

Althouse (1982) mengatakan bahwa performansi sistem refrigerasi dapat direncanakan dengan baik apabila memperhatikan keseimbangan antara 4 hal, sebagai berikut:

Teknik Penyimpanan Bawang Merah
(Nur Komar)

1. Beban pendinginan. Jumlah panas yang harus dipindahkan oleh sistem setiap 24 jam.
2. Unit kondenser. Ukuran unit kondenser yang dibutuhkan untuk mengatasi beban pendinginan tersebut. Perhitungan untuk hal ini harus mempertimbangkan waktu kerja kondenser.
3. Evaporator. Kapasitas evaporator yang dibutuhkan untuk mengatasi beban pendinginan. Jam kerja dari evaporator didasarkan pada waktu kerja kondenser.
4. Sistem total. Pertimbangan-pertimbangan untuk faktor-faktor yang lain misalnya suplai air, rangkaian kontrol temperatur, ukuran jalur refrigerasi, sirkulasi udara, dan kontrol kelembaban

Beban Pendinginan

Beban pendinginan didefinisikan sebagai besarnya energi panas total yang harus dikeluarkan dari suatu ruang tertentu untuk menurunkan temperatur sampai batas yang diinginkan. Satuan beban pendinginan secara komersial dikenal dengan sebutan ton refrigerasi (1 ton refrigerasi sama dengan panas laten peleburan 1 ton es dalam 24 jam atau 1 hari).

Althouse (1982) juga mengatakan bahwa pada refrigerasi komersial, beban pendinginan dibedakan menjadi 4 bagian, yaitu: (1) beban transmisi panas dinding, (2) beban aliran udara, (3) beban produk, (4) beban tambahan (*miscellaneous load*).

1) *Beban transmisi panas dinding*

Beban transmisi panas dinding yang sering disebut sebagai kebocoran panas dipengaruhi oleh beberapa faktor :

- Waktu. Periode pendinginan yang lebih lama akan meningkatkan panas yang mungkin bocor pada dinding.
- Perbedaan temperatur. Semakin besar perbedaan temperatur antara dalam dan luar ruangan pendinginan, semakin besar panas yang ditransfer melalui dinding.
- Ketebalan insulasi. Semakin tebal insulasi tentunya akan memperkecil besarnya panas yang melaluinya.

- Macam insulasi. Insulasi yang berbeda memiliki ketahanan yang berbeda terhadap kebocoran panas, dipengaruhi oleh konduktivitas termalnya. Area keluaran dari ruang pendinginan. Semakin luas area yang memungkinkan terjadinya kebocoran panas, semakin besar kebocoran itu terjadi. Penentuan area kebocoran ini dilakukan pada ukuran luarnya (Althouse, 1982).

Penentuan beban kebocoran dinding

Persamaan-persamaan berikut menurut Dossat (1981) ialah :

Panas yang ditransmisikan melalui dinding :

$$Q=(A)(U)(\Delta T).....(2)$$

Di mana :

Q = laju panas yang ditransfer oleh dinding (Watt)

A = luasan dinding luar (m²)

U = koefisien keseluruhan dari transmisi panas (Watt/m² K)

ΔT=perbedaan temperatur melewati dinding (K)

Faktor U perlu ditentukan dahulu sebelum digunakan dalam Pers. (2). Perhitungan U dapat dilakukan jika konduktivitas atau konduktansi telah diketahui.

Konduktivitas termal atau *k* digunakan pada kondisi ketebalan bahan sebesar 1 m, sedangkan untuk ketebalan bahan homogen yang tidak sama dengan 1 m menggunakan notasi *C*.

$$C = \frac{k}{x} (3)$$

di mana :

C = konduktansi termal (Watt/m² K)

x = ketebalan bahan (m)

Kemampuan untuk mentransmisikan panas sebanding dengan resistansi termal

Resistansi termal keseluruhan,

$$R = \frac{1}{U}(4)$$

Resistansi termal individual bahan

$$= \frac{1}{k} = \frac{1}{C} = \frac{x}{k}(5)$$

Resistansi keseluruhan dari bahan-bahan penyusun dinding yang tidak homogen didapatkan dari jumlah resistansi tiap-tiap bahan

dengan ditambah resistansi permukaan dalam dan luar dinding.

$$R = \frac{1}{f_i} + \frac{x}{k_1} + \frac{x}{k_2} + \dots + \frac{x}{k_n} + \frac{1}{f_o} \dots\dots\dots(6)$$

di mana :

f_i = koefisien konveksi permukaan dalam dinding

f_o = koefisien konveksi permukaan luar dinding

Pada akhirnya nilai U didapatkan dari $1/R$.

2) *Beban infiltrasi*

Udara yang masuk pada ruang pendinginan harus didinginkan karena memiliki temperatur yang lebih tinggi dari temperatur ruang pendinginan. Udara masuk ini terjadi misalnya pada saat pekerja keluar masuk

ruangan. Beban pendinginan yang dikarenakan masuknya udara hangat ini disebut beban infiltrasi. (Althouse, 1982).

Penentuan beban infiltrasi

Persamaan yang digunakan dalam menentukan beban infiltrasi yaitu:

$$Q = m (h_o - h_i) \dots\dots\dots(7)$$

Di mana :

Q = beban laju udara (kW)

m = massa udara yang melewati permukaan (m^3/s)

h_o = entalpi udara luar (kJ/m^3)

h_i = entalpi udara di dalam (kJ/m^3)

Tabel 4.

Laju infiltrasi Udara Rata-Rata berdasarkan pembukaan pintu pada ruangan di atas 0 °C (Dossat, 1981)

| Volume ruangan (m ³) | Laju infiltrasi (m ³ /s) | Volume ruangan (m ³) | Laju infiltrasi (m ³ /s) |
|----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| 7 | 3.1 x 10 ⁻³ | 150 | 1.22 x 10 ⁻³ |
| 8.5 | 3.4 x 10 ⁻³ | 200 | 1.39 x 10 ⁻³ |
| 10 | 3.7 x 10 ⁻³ | 250 | 1.53 x 10 ⁻³ |
| 15 | 4.4 x 10 ⁻³ | 300 | 1.67 x 10 ⁻³ |
| 20 | 5.0 x 10 ⁻³ | 400 | 1.90 x 10 ⁻³ |
| 25 | 5.5 x 10 ⁻³ | 500 | 2.14 x 10 ⁻³ |
| 30 | 5.9 x 10 ⁻³ | 600 | 2.36 x 10 ⁻³ |
| 40 | 6.8 x 10 ⁻³ | 700 | 2.43 x 10 ⁻³ |
| 50 | 7.5 x 10 ⁻³ | 800 | 2.59 x 10 ⁻³ |
| 75 | 9.0 x 10 ⁻³ | 900 | 2.71 x 10 ⁻³ |
| 100 | 1.02 x 10 ⁻² | 1000 | 2.89 x 10 ⁻³ |

Tabel 5.

Panas (kJ/m³) yang Dipindahkan oleh Udara Pendingin pada Kondisi Penyimpanan di atas 0 °C (Dossat, 1981)

| Temp. Ruang Penyimpanan, °C | Temperatur udara masuk, °C | | | | | | | | | |
|-----------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| | 25° | | 30° | | | 35° | | 40° | | |
| | RH udara masuk, % | | | | | | | | | |
| | 50 | 60 | 70 | 50 | 60 | 70 | 50 | 60 | 50 | 60 |
| 15 | 12.8 | 18.6 | 24.6 | 28.1 | 35.7 | 44.1 | 50.0 | 56.3 | 66.3 | 79.5 |
| 10 | 26.6 | 32.3 | 38.2 | 38.2 | 49.1 | 57.4 | 59.1 | 69.4 | 79.2 | 99.2 |
| 5 | 38.8 | 44.5 | 50.2 | 53.6 | 61.0 | 69.3 | 70.8 | 81.0 | 90.6 | 103.6 |
| 0 | 49.3 | 55.0 | 60.6 | 63.9 | 71.3 | 79.4 | 80.8 | 91.0 | 100.3 | 114.1 |

3) *Beban Produk*

Beban pendinginan yang berasal dari produk ini terdiri dari : panas spesifik, panas

Teknik Penyimpanan Bawang Merah
(Nur Komar)

laten, panas respirasi. Panas respirasi ini berlaku apabila produk yang disimpan adalah produk hidup (Althouse, 1982).

Penentuan beban produk

Besarnya beban produk yang timbul akibat perbedaan temperatur bahan pada saat di luar dan dalam ruang pendinginan dipengaruhi oleh massa, panas spesifik, dan temperatur masuk dari bahan. Persamaan berikut menggambarkan hubungannya.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \dots\dots\dots(8)$$

Untuk menyatakan dalam kiloWatt, jumlah panas dibagi dengan waktu pendinginannya

$$Q = \frac{m \cdot c \cdot \Delta T}{t} \dots\dots\dots(9)$$

di mana : t= waktu pendinginan (sekon)

Beban pendinginan yang lain disebabkan oleh panas laten apabila bahan akan dibekukan hingga berubah fase, selain itu juga diakibatkan oleh laju respirasi bahan. Besarnya laju respirasi beberapa produk disajikan pada Tabel 6. Persamaan yang dapat digunakan dalam menentukan beban pendinginan akibat laju respirasi adalah:

$$Q = m \cdot R \dots\dots\dots(10)$$

di mana : R=laju respirasi (Watt/kg)

Selain beban dari bahan yang akan didinginkan itu sendiri, bahan-bahan tambahan misalnya plastik, kardus, atau peti pengemas berpengaruh pula pada beban pendinginan, dan dapat dikategorikan sebagai beban produk.

*Tabel 6.
Laju Respirasi Beberapa Macam Sayuran
(Dossat,1981)*

| Komoditi | Temperatur (°C) | kJ/kg s |
|------------|-----------------|---------|
| Jamur | 0 | 0.084 |
| | 10 | 0.297 |
| | 21 | 0.048 |
| Bawang | 0 | 0.012 |
| | 10 | 0.025 |
| | 16 | 0.619 |
| Selada air | 0 | 0.155 |
| | 5 | 0.213 |
| | 16 | 0.619 |
| Kentang | 0 | 0.009 |
| | 5 | 0.019 |
| | 16 | 0.039 |

4) *Beban Tambahan*

Beban tambahan ini khususnya diberikan oleh lampu dan motor elektrik yang dioperasikan dalam ruangan, ditambah lagi oleh panas yang ditimbulkan oleh pekerja yang masuk ke dalam ruang pendinginan tersebut. Beban pendinginan yang disebabkan oleh *forklift* atau alat-alat pemroses lain juga perlu diperhatikan.

Penentuan beban tambahan

Beban panas lampu ini dapat dihitung lewat persamaan:

$$Q = \frac{P \cdot t}{24} \dots\dots\dots(11)$$

di mana :

P = daya keseluruhan dari lampu (Watt)

t = waktu pemakaian (jam)

24 merupakan konversi dari jam menjadi hari

Beban panas dari pekerja dan motor listrik dibantu oleh data-data pada Tabel 7 dan 8.

Tabel 7.

Ekivalensi Panas Motor Listrik (Dossat,1981)

| Output, kW | Efisiensi motor,% | Faktor pengali | | |
|------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| | | Connect ed load in refr. Space | Motor losses outside refr.space | Connect ed load outside refr.space |
| 0.1-0.5 | 33.3 | 1.67 | 1.0 | 0.67 |
| 0.5-2.0 | 55.0 | 1.45 | 1.0 | 0.45 |
| 2.0-15.0 | 85.0 | 1.15 | 1.0 | 0.15 |

Tabel 8.

Ekivalensi Panas Manusia (Dossat,1981)

| Temperatur | Ekivalensi panas /orang, |
|------------|--------------------------|
|------------|--------------------------|

| pendingin, °C | kW |
|---------------|-------|
| 10 | 0.211 |
| 5 | 0.242 |
| 0 | 0.275 |
| -5 | 0.305 |
| -10 | 0.347 |

Beban pendinginan oleh mesin listrik dihitung dengan persamaan:

$$Q = P_o \cdot f \cdot \frac{t}{24} \dots\dots\dots(12)$$

di mana :

P_o = daya Output mesin (kW)

f = faktor pengali (dilihat pada tabel 7)

sedangkan beban pendinginan oleh pekerja adalah :

$$Q = n \cdot q \cdot \frac{t}{24} \dots\dots\dots(13)$$

di mana :

n = jumlah pekerja

q = ekuivalensi panas manusia (kW) (dilihat pada Tabel 8)

Kapasitas Unit Kondenser dan Evaporator

Menurut Althouse (1982) beberapa hal yang penting diperhatikan untuk mengetahui ukuran evaporator yang diperlukan untuk refrigerasi yang baik:

- Evaporator memindahkan panas dari ruangan pendingin hanya pada saat kondensor bekerja.
- Unit refrigerasi biasanya bekerja sekitar 16-20 jam per harinya, artinya kapasitas refrigerasi selama waktu kerja yang kurang dari 24 jam tersebut harus mampu untuk mengatasi beban pendinginan selama 24 jam.

Kapasitas evaporator sendiri bergantung pada :

- Temperatur ruangan refrigerasi.
- Temperatur refrigeran
- *Space* yang diijinkan untuk evaporator.

Sedangkan kapasitas kondenser bergantung kepada:

- Tekanan *low-side*
- Media pendingin kondenser (udara atau air)
- Ukuran kompresor dan kondenser

Keseimbangan antara evaporator dan kondenser sangat penting, dan perhitungannya harus didasarkan pada tekanan *low side* yang sama, karena:

- Kapasitas evaporator meningkat saat temperatur turun.
- Kapasitas kondenser turun jika tekanan *low side* turun

Hubungan antaranya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9.
Hubungan antara Kapasitas Evaporator dan Kondenser (Althouse,1982)

| KONDENSER | | KONDENSER | | EVAPORATOR | |
|----------------------------|---------|----------------------------|---------|----------------------|---------|
| Temperatur <i>Low Side</i> | Btu/jam | Temperatur <i>Low Side</i> | Btu/jam | Penurunan Temperatur | Btu/jam |
| 40 | 6650 | 0 | 3000 | 1 | 400 |
| 35 | 6100 | -5 | 2600 | 10 | 4000 |
| 30 | 5600 | -10 | 2250 | 12 | 4800 |
| 25 | 5100 | -15 | 1900 | 15 | 6000 |
| 20 | 4650 | -20 | 1550 | | |
| 15 | 4200 | -25 | 1250 | | |
| 10 | 3800 | -30 | 950 | | |
| 5 | 3400 | | | | |

METODE PENELITIAN

Teknik Penyimpanan Bawang Merah (Nur Komar)

Penelitian lapang dilaksanakan di Laboratorium Teknik Proses Hasil Pertanian, Laboratorium Daya dalam Bidang Pertanian serta Laboratorium Teknik Tanah dan Air, Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

Bahan yang digunakan dalam penelitian:

1. Bawang merah segar varietas Filipina, produksi Junggo, Batu setelah mengalami proses pengeringan dan *curing* selama ± 3 minggu di lahan.
2. NaNO_2 , sebagai zat higroskopis untuk menurunkan RH.

Alat yang digunakan dalam penelitian:

1. Refrigerator : untuk mengkondisikan bahan pada $10 \pm 2^\circ\text{C}$ dan $20 \pm 2^\circ\text{C}$.
2. Peti kayu, untuk wadah penyimpanan bawang merah.
Dimensi luar = $0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} \times 0.4 \text{ m}$
Tebal kayu = 0.01 m
Dimensi dalam = $0.38 \text{ m} \times 0.38 \text{ m} \times 0.38 \text{ m}$
3. Toples plastik, sebagai wadah pengukuran kadar CO_2
4. Termometer analog, kisaran temperatur $0-100^\circ\text{C}$
5. Higrometer analog, untuk mengukur RH
6. Termometer air raksa, untuk kalibrasi temperatur.
7. *Slingsychrometric*, untuk kalibrasi RH
8. Timbangan, untuk mengukur berat bahan.
9. *CO₂ gas analyzer*, untuk mengukur kadar CO_2 .
10. Penetrometer, untuk pengujian kekerasan bahan.

Metode yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, di mana akan dilakukan suatu percobaan. Data-data hasil pengamatan sesuai parameter yang ada akan ditampilkan dalam bentuk grafik, sehingga terlihat perbandingan antara perlakuan-perlakuan yang ada.

Perlakuan yang paling optimal akan digunakan sebagai dasar penentuan kondisi dari perencanaan alat penyimpanan. Perencanaan dibuat dengan metode studi literatur.

Prosedur Penelitian

Percobaan dilakukan pada 6.4 kg bawang merah, yang dibagi menjadi beberapa kelompok dengan berbagai perlakuan. Perlakuan-perlakuan tersebut adalah:

- P1 : Bawang merah ikatan dengan temperatur $\square 10^\circ\text{C}$ dan RH 65-75%
- P2 : Bawang merah ikatan dengan temperatur $\square 20^\circ\text{C}$ dan RH 65-75%
- P3 : Bawang merah ikatan dengan temperatur ruang dan RH 65-75%
- P4 : Bawang merah ikatan dengan temperatur ruang dan RH bebas
- P5 : Bawang merah lepasan dengan temperatur $\pm 10^\circ\text{C}$ dan RH 65-75%
- P6 : Bawang merah lepasan dengan temperatur $\pm 20^\circ\text{C}$ dan RH 65-75%
- P7 : Bawang merah lepasan dengan temperatur ruang dan RH 65-75%
- P8 : Bawang merah lepasan dengan temperatur ruang dan RH bebas

Pelaksanaan Penelitian

Pengendalian temperatur dilakukan dengan menggunakan refrigerator. Pengaturan temperatur refrigerator dimungkinkan dengan adanya termostat, yang pada pra penelitian telah diupayakan sesuai dengan temperatur yang dikehendaki. Untuk mencegah fluktuasi temperatur yang terlalu besar, bahan dimasukkan ke dalam peti kayu sebagai wadah penyimpanan.

RH lingkungan dijaga pada kisaran 65-75% dengan menempatkan NaNO_2 di dalam wadah penyimpanan. NaNO_2 sebagai zat higroskopis akan menyerap kandungan uap air di udara, dengan demikian kelembaban relatif akan dapat dikendalikan.

Pencegahan terhadap timbulnya jamur selama penyimpanan dilakukan dengan penyemprotan Benlate 0.025%-0.05%. Komposisinya, bubuk Benlate 0.25-0.5 gram dalam 1 liter air.

Peti kayu untuk wadah penyimpanan memiliki volume sebesar $\pm 0.055 \text{ m}^3$. Seluruh sisi peti tertutup, namun diberi sedikit ventilasi untuk menjaga sirkulasi udara.

Sampel untuk penelitian sebanyak 400 gram. Masing-masing perlakuan diwakili 2 sampel bahan.

Cara kerja penelitian:

- Bawang merah ditimbang masing-masing sampel 400 gram.
- Bawang merah diberi perlakuan P1 sampai dengan P8, masing-masing perlakuan 2 sampel. Tiap sampel besarnya 400 gram.
 - P1 : Bawang merah ikatan dalam peti kayu dimasukkan dalam refrigerator temperatur 10°C, RH 65-75%.
 - P2 : Bawang merah ikatan dalam peti kayu dimasukkan dalam refrigerator temperatur 20°C, RH 65-75%.
 - P3 : Bawang merah ikatan dalam peti kayu, temperatur kamar, RH 65-75%
 - P4 : Bawang merah ikatan, tidak dimasukkan dalam peti kayu, temperatur kamar, RH bebas.
 - P5 : Bawang merah lepasan dalam peti kayu dimasukkan dalam refrigerator temperatur 10°C, RH 65-75%.
 - P6 : Bawang merah lepasan dalam peti kayu dimasukkan dalam refrigerator temperatur 20°C, RH 65-75%.
 - P7 : Bawang merah lepasan dalam peti kayu, temperatur kamar, RH 65-75%
 - P8 : Bawang merah lepasan, tidak dimasukkan dalam peti kayu, temperatur kamar, RH bebas.
- Dilakukan pengamatan selama 2 bulan. Pada 2 minggu I, pengamatan dilakukan setiap 1 minggu sekali, dan untuk selanjutnya pengamatan dilakukan 2 minggu sekali. Hal-hal yang diamati meliputi kadar CO₂ dan kadar air.
- Hasil pengamatan dicatat dalam suatu tabel pengamatan.
- Dilakukan proses perhitungan.

Cara kerja pengukuran kadar CO₂

Dilakukan pengukuran volume wadah yang digunakan dalam pengukuran kadar CO₂. Volume tersebut merupakan volume udara keseluruhan di dalam wadah.

Bahan yang telah diketahui beratnya dimasukkan ke dalam wadah pengukuran, lalu mulai dilakukan pengukuran sesuai dengan program kerja alat. Hasil yang didapatkan dalam satuan %. Waktu pengukuran selama 5 menit per sampel bahan.

Cara Kerja Pengukuran Kadar Air

Bahan diiris tipis-tipis, lalu ditimbang antara 5-10 gram dalam wadah yang telah diketahui beratnya terlebih dahulu. Bahan dimasukkan ke dalam oven dengan temperatur 105°C selama kira-kira 24 jam. Setelah dikeluarkan dari oven, bahan didinginkan dalam eksikator lalu ditimbang.

Parameter percobaan yang diamati adalah:

a) Kadar CO₂

Kadar CO₂ menentukan besarnya laju respirasi. Laju respirasi merupakan salah satu penyebab kehilangan berat.

b) Kehilangan air

Kehilangan air memiliki pengaruh yang terbesar pada kehilangan berat pada bahan yang disimpan, dipengaruhi oleh evaporasi dan respirasi bahan.

c) Kekerasan

Kekerasan diukur dari besarnya tekanan yang harus diberikan untuk menembus bahan pada kedalaman tertentu. Kekerasan dijadikan sebagai parameter karena memiliki pengaruh terhadap kualitas fisik bahan yang disimpan.

Analisa Teknik

Analisa CO₂

CO₂ yang dihasilkan dalam pengukuran adalah dalam bentuk persen. Kadar CO₂ dalam persen ini selanjutnya akan dimasukkan dalam suatu persamaan sehingga dapat dihasilkan suatu nilai berupa panas yang dihasilkan pada proses respirasi. Persamaan itu ialah:

Teknik Penyimpanan Bawang Merah
(Nur Komar)

$$R = \frac{c \cdot V \cdot 288}{B} \dots\dots\dots(14)$$

di mana :
 R = Laju Respirasi (ml/kg.hari)
 c = kadar CO₂ terukur (%)
 V = volume udara dalam wadah pengukuran (ml) (volume wadah = 1 352 ml)
 288= faktor konversi menjadi hari
 B = berat bawang merah yang diukur (kg)

Analisa kehilangan air bahan

Kadar air bahan diukur dengan metode oven. Dari hasil pengukuran dapat ditetapkan kadar air berat basah dan kadar air berat kering. Kadar air basah dapat ditetapkan dari persamaan berikut :

$$K = \frac{x}{x + y} \times 100\% \dots\dots\dots(15)$$

di mana :
 K = kadar air berat basah (%)
 x = berat air dalam bahan (g)
 y = berat bahan kering mutlak (g)

Kadar air berat kering adalah air yang diuapkan dibagi berat bahan setelah pengeringan. Jumlah air yang diuapkan adalah berat bahan sebelum pengeringan dikurangi berat bahan setelah pengeringan, seperti persamaan berikut:

$$k = \frac{x}{y} \times 100\% = \frac{100 \cdot K}{100 - K} \dots\dots\dots(16)$$

di mana :
 k = kadar air berat kering (%)
 x = berat air dalam bahan (g)
 y = berat bahan kering mutlak (g)
 K= kadar air berat basah (%)

Analisa Kekerasan Bahan

Prinsip kerja penetrometer adalah menentukan besarnya tekanan yang diperlukan untuk dapat memasukkan jarum penetrometer ke dalam bahan sampai batas tertentu. Semakin besar tekanan yang diperlukan, semakin keras bahan tersebut.

Rumus yang digunakan untuk menghitung tekanan dari data yang diperoleh dari pembacaan adalah :

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(17)$$

di mana :
 P = tekanan (gr/cm²)
 F = gaya dari hasil pembacaan alat (gram)
 A= luasan alat penekan (cm²)

Alat penekan berbentuk kerucut terbalik, dan pembacaan dilakukan saat alat yang memasuki bahan sampai pada batasan tertentu. Luasan alat penekan berbentuk lingkaran dengan diameter 689 mm. Karena luasan alat penekan berbentuk lingkaran, maka rumus di atas menjadi :

$$P = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \dots\dots\dots(18)$$

di mana :
 d = diameter alat penekan = 689 mm

Perencanaan Alat Penyimpanan

Perencanaan dilakukan dengan bantuan referensi-referensi yang ada serta hal-hal lain yang mendukung. Asumsi-asumsi juga akan digunakan sebagai batasan-batasan yang sangat penting diperhatikan. Perhitungan yang dilakukan setelah perencanaan merupakan perhitungan beban pendinginan ruang penyimpanan dari segi energi dengan kajian temperatur dan kelembaban.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Bahan

Penelitian pendahuluan telah dilakukan dengan 8 macam perlakuan terhadap komoditas bawang merah. Penelitian pendahuluan ini dimaksudkan untuk mendapatkan data mengenai perlakuan yang paling optimal untuk penyimpanan bawang merah. Perlakuan yang paling optimal ini ditentukan berdasarkan faktor-faktor antara lain temperatur dan kelembaban, ditinjau dari kajian energi perlakuan optimal tersebut ditentukan sebelum dilakukan perencanaan alat penyimpanan.

Analisa-analisa yang dilakukan untuk menentukan perlakuan optimal tersebut meliputi: 1) analisa kehilangan air bahan, 2) analisa CO₂, 3) analisa kekerasan bahan. Analisa kehilangan air bahan dan analisa kehilangan berat akibat laju respirasi digunakan dengan pertimbangan bahwa kedua parameter tersebut mempengaruhi besarnya kehilangan berat bahan. Di samping ketiga analisa tersebut, diamati pula berat bawang merah secara keseluruhan sebagai data yang diperlukan untuk menghitung laju respirasi bahan.

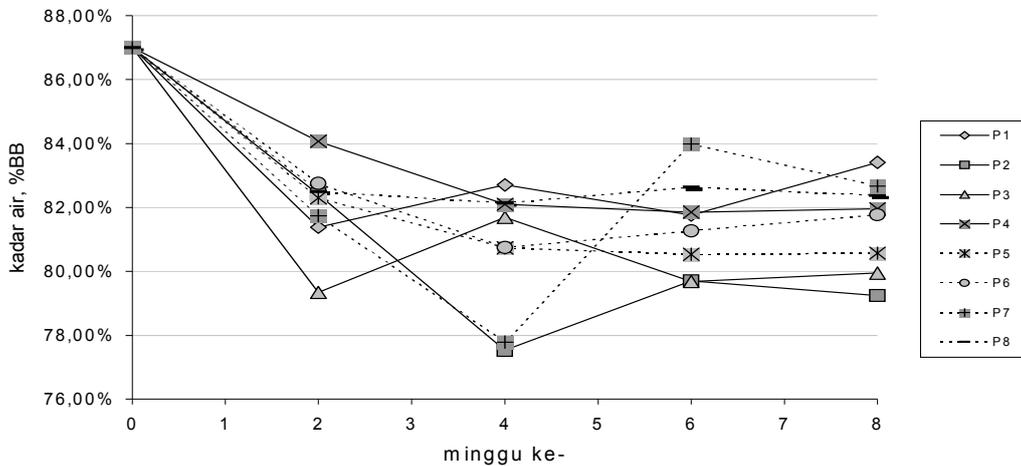
Analisa Kehilangan Air

Gambar 1 menunjukkan bahwa perlakuan P1 dapat mempertahankan kadar air dalam jumlah yang paling baik dibandingkan perlakuan lain, yaitu sebesar 83.41 %, atau mengalami penurunan sebesar 3.59 % dibandingkan kadar air mula-mula. Perlakuan P7 dan P8 mengakibatkan penurunan masing-masing 4.33 % dan 4.63 %, sedangkan kehilangan air terbesar terjadi pada P2, yang mencapai penurunan sebesar 7.76 %.

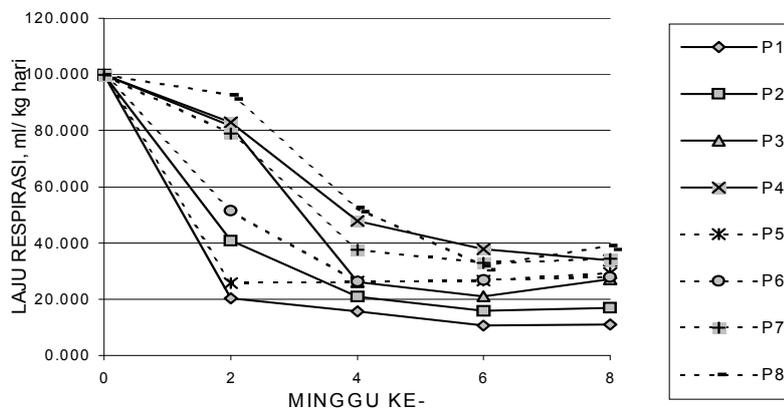
Analisa CO₂

Kadar CO₂ diukur untuk mendapatkan nilai laju respirasi sebagai salah satu faktor yang

mempengaruhi kehilangan berat. Gambar 2 menunjukkan nilai laju respirasi dari tiap-tiap perlakuan. Grafik laju respirasi ternyata menunjukkan bahwa laju respirasi terkecil adalah pada P1. Selanjutnya P2 sebesar 3.321 mgCO₂/kg.hari. Laju respirasi pada P3, P5, dan P6 nilainya hampir sama sehingga grafik menunjukkan titik-titik yang hampir berimpit. Laju respirasi tertinggi terjadi pada perlakuan P7 dan P8, masing-masing sebesar 6.735 mgCO₂/kg.hari dan 7.673 mgCO₂/kg.hari. Laju respirasi yang makin tinggi mengakibatkan nilai kehilangan berat yang semakin besar.



Gambar 1. Grafik Kadar Air Bawang Merah dalam Selang Waktu Tertentu Berdasarkan Persentase terhadap Bobot Basahnya.



Gambar 2. Grafik Laju Respirasi Bawang Merah dalam Selang Waktu 2 Minggu selama 2 Bulan, dalam mgCO₂/ kg.hari

Teknik Penyimpanan Bawang Merah
(Nur Komar)

Analisa Kekerasan Bahan

Analisa-analisa yang telah dilakukan bertujuan untuk mendapatkan perlakuan optimal bagi pengkondisian suatu perencanaan alat penyimpanan. Perlakuan P1 mempertahankan kadar air paling baik, selain itu juga menjaga agar laju respirasi tidak terlalu tinggi. Tingkat kekerasan juga dijaga dengan cukup baik, walaupun tidak sebaik P8 dan P7. Tingkat kekerasan dijaga paling baik pada P8, namun laju respirasi bahan terjadi paling tinggi. Hal ini terjadi pula pada P7. Laju respirasi yang terlalu tinggi tidak diharapkan dalam suatu penyimpanan hasil-hasil pertanian nabati.

Dari hasil-hasil tersebut dapat ditentukan perlakuan yang paling optimal, yaitu P1, karena mendapatkan jumlah skor terbanyak. Tabel 10 adalah ringkasan nilai dari hasil pengamatan dalam parameter-parameter yang digunakan beserta skornya.

*Tabel 10.
Skor Hasil Pengamatan dalam Berbagai
Parameter Percobaan*

| Perla kuan | Kadar Air | | Laju Respirasi | | Tekanan | | Total skor |
|---------------|-----------|------|----------------|------|---------|------|---------------|
| | % | skor | mg/kg hari | skor | dyne | skor | |
| P1 | 83.41 | 8 | 2.167 | 8 | 122 | 6 | 20 |
| P2 | 79.24 | 1 | 3.321 | 7 | 105 | 3 | 11 |
| P3 | 79.95 | 2 | 5.338 | 6 | 110 | 4 | 12 |
| P4 | 81.95 | 5 | 6.632 | 3 | 118 | 5 | 13 |
| P5 | 80.57 | 3 | 5.766 | 4 | 81 | 2 | 9 |
| P6 | 81.77 | 4 | 5.482 | 5 | 64 | 1 | 10 |
| P7 | 82.67 | 7 | 6.735 | 2 | 125 | 7 | 16 |
| P8 | 82.37 | 6 | 7.673 | 1 | 134 | 8 | 15 |

Perencanaan alat penyimpanan selanjutnya akan dibuat berdasarkan kondisi dari perlakuan P1, yaitu temperatur 10°C, RH 70-85%, dan bahan dalam keadaan terikat. Perencanaan akan dikaji dari segi energinya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan, bahwa pengaruh temperatur dan kelembaban terhadap daya simpan bawang merah adalah sebagai berikut :

1. Kadar air akhir yang paling optimal setelah penyimpanan yang dilakukan selama 2 bulan di antara perlakuan-perlakuan yang diberikan adalah pada perlakuan P1 (temperatur 10 °C, RH 75-80%, bawang merah ikatan) yaitu sebesar 83.41% dari kadar air awal sebesar 87%, setara dengan kehilangan berat sebesar 3.59%.
2. Kehilangan berat akibat laju respirasi terendah terdapat pada perlakuan P1, di mana laju respirasinya sebesar 2.167 mg CO₂/kg hari pada minggu ke-8 penyimpanan. Laju respirasi awal sebesar 19.599 mg CO₂/kg hari.
3. Tingkat kekerasan paling tinggi adalah pada perlakuan P8 (temperatur ruang, RH bebas, bawang merah lepasan), yaitu sebesar 134 dyne.

Disarankan dalam perencanaan teknik penyimpanan bawang merah, adalah :

1. Kondisi perlakuan P1 merupakan kondisi yang paling optimal dalam suatu penyimpanan bawang merah berdasarkan parameter-parameter yang diamati dalam penelitian ini, sehingga perlakuan tersebut dijadikan dasar bagi suatu perencanaan alat penyimpanan.
2. Perencanaan alat penyimpanan dengan kapasitas 100 ton bawang merah, temperatur penyimpanan 10°C akan membutuhkan energi dari mesin pendingin ruangan berkapasitas 4.878 kW .
3. Beban produk sebesar 100 ton akibat panas lapang adalah 48.51 kW, membutuhkan waktu pendinginan selama 24 jam. Pendinginan dilakukan selama proses *precooling*, dengan kapasitas 5 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- Althouse, A.D., C.H. Turnquist, A.F. Bracciano. *Modern Refrigeration & Air Conditioner*. The GoodHeart Willcox Company Inc.
- Anonymous. 1976. *Penyimpanan Buah-Buahan, Sayur-Sayuran, dan Bunga-Bunga*. IPB. Bogor
- Burton, W.G. 1982. *Post Harvest Physiology of Food Crops*. Longman Inc. New York
- Desroiser, N.W. 1970. *The Technology Of Food Preservation*. AVI Publishing Company. Westport. Connecticut
- Dossat, R.J. 1981. *Principles of Refrigeration*. Edisi II. John Wiley & Sons, Inc. Singapura
- Hall, C.W. 1980. *Drying and Storage of Agricultural Crops*. AVI Publishing Company. Inc. Westport. Connecticut
- _____, Denny C. Davis. 1979. *Processing Equipment for Agricultural Products*. AVI Publishing Company. Inc. Westport. Connecticut
- Incropera, F.P., D.P. DeWitt. 1990. *Introduction To Heat Transfer*. John Wiley & Sons. Singapura
- Kurnia, L. 1997. *Laporan PKL di P.T. Ocean Gemindo*. Universitas Brawijaya. Malang. tidak dipublikasikan
- Pantastico, Er.B. Diterjemahkan oleh Prof. Kamariyani. 1989. *Fisiologi Pasca Panen, Penanganan dan Pemanfaatan Buah-Buahan dan Sayur-Sayuran Tropika dan Subtropika*. UGM Press. Yogyakarta
- Rismunandar. 1986. *Membudidayakan 5 Jenis Bawang*. CV Sinar Baru. Bandung
- Soenardjono, Hendro. 1983. *Budidaya Bawang Merah*. CV Sinar Baru. Bandung
- Syarief, R. H. Halid. 1992. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Penerbit Arcan. Bogor
- Wibowo, S. 1994. *Budidaya Bawang: Bawang Putih, Bawang Merah, Bawang Bombay*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Wills, R.H.H, T.H. Lee, D. Graham, W.B. McGlasson, E.G. Hall. 1981. *POST HARVEST. An Introduction and Handling of Fruit & Vegetables*. South China Printing Co. HongKong.

Teknik Penyimpanan Bawang Merah
(Nur Komar)

Lampiran 1.

Data Perencanaan untuk Penyimpanan Beberapa Komoditi (Dossat,1981)

| Komoditas | Tipe Penyimpanan | Kondisi Perencanaan Ruangan | | | | Periode penyimpanan maksimum | Panas laten produk, kJ/kg hari | Data pendinginan | | | | Panas spesifik, kJ/kg K | | Panas laten fusi, kJ/kg | Kandungan air, % | Titik beku, °C | Laju udara maksimum, m/s | Tipe unit yang ditawarkan* | |
|-----------------------|--|-----------------------------|---------|-------------|--------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|------------------|----------------|--------------------------|----------------------------|--|
| | | Temperatur (°C) | | RH (%) | | | | Temperatur produk (°C) | | Waktu pendinginan (jam) | Faktor laju pendinginan | Bawah titik beku | Atas titik beku | | | | | | |
| | | Rekomendasi | Selang | Rekomendasi | Selang | | | Mulai | Akhir | | | | | | | | | | |
| Bawang Merah | Pendek Panjang <i>Chill start</i> <i>Chill finish</i> | 10 | 10-15.5 | 75 | 70-75 | 6-8 bulan | 4.65 | 21.0 | 1.0 | 24 | 0.30 | 3.81 | 2.13 | 302 | 89.0 | -1.0 | 0.75 | S | |
| | | 0 | 0-2.25 | 75 | 70-75 | | 0.46 | | | | | | | | | | 0.75 | | |
| | | 4.5 | | | | | 3.20 | | | | | | | | | | 1.25 | | |
| | | 0 | | | | | 0.46 | | | | | | | | | | 0.75 | | |
| Kentang (dikonsumsi) | | 10 | 10-21 | 85 | 85-90 | | 6.97 | | | | | 3.60 | 1.97 | 263 | 78.5 | -1.75 | 0.75 | S | |
| | | 2.25 | 2.25-10 | 85 | 85-90 | | 1.16 | | | | | | | | | | 0.75 | | |
| Kentang (Penyimpanan) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mentimun | Pendek Panjang <i>Chill start</i> <i>Chill finish</i> | 10 | 10-15.5 | 85 | 80-85 | 10-14 hari | 6.97 | 1.0 | 1.0 | 24 | 1.0 | 3.89 | 2.01 | 318 | 95.5 | -0.75 | 0.45 | S | |
| | | 7.25 | 7.25-10 | 85 | 80-85 | | 0.46 | | | | | | | | | | 0.45 | | |
| | | 15 | | 80 | | | 30.20 | | | | | | | | | | 1.25 | | |
| | | 10 | | 80 | | | 0.46 | | | | | | | | | | 0.75 | | |

* S adalah tipe pendinginan *prime surface* atau tipe sirip
B adalah unit *brine spray*