

Rancang Bangun Silo Menggunakan Ulir Untuk Menyimpan Gabah (The Prototype of Screwed Silo for Paddy Storage)

R. Mursid, Rizky Tirta Adhiguna, dan Amin Rejo

Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Sriwijaya

ABSTRACT

The objective of this research was to design a paddy storage with screwed type silo that can control the temperature and the humidity of the paddy by mechanical way. Research method that executed were approach step design, making step tool, testing step tool. The procedures of this research were approach design, making tool, technical and operational analysis and testing tool. The designed silo had total volume of paddy storage about $0,34488 \text{ m}^3$ or could storage maximum 190,79 Kg of paddy. The silo was completed by the screwed with screwed rotation power without load rising for 238,69 lb-ft and screwed rotation power to rise the load (the paddy) for 38 lb-ft. Moved screw needed pulley rotation force for 1350 rpm, pulley input reducer rotation force for 870 rpm, pulley output reducer rotation force for 16 rpm, and screw pulley rotation force for 11 rpm with screw efficiency for 62,81%. During 42 days of paddy storage, we could get the average of storage temperature was $28.6 \text{ }^\circ\text{C}$, the average of humidity was 62.81%, the average water content of paddy was 13.85%, the colour of the paddy was brownish yellow 10 YR 7/8 and rendemen of grinding paddy was 55.23. The temperature and humidity in silo was influenced by screw movement. The decreased of water content of paddy in the border was faster than in the other parts of paddy in silo.

Keywords : *Silo, screw and paddy*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mendesain penyimpanan gabah menggunakan ulir tipe silo untuk mengendalikan suhu dan kelembaban penyimpanan gabah secara mekanis. Tahapan penelitian meliputi pendekatan rancangan, pembuatan alat dan pengujian alat. Cara kerja yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari pendekatan rancangan, pembuatan alat, analisa teknis dan operasional serta pengujian alat. Volume total penyimpanan gabah dalam silo $0,34488 \text{ m}^3$ dan mampu menampung berat gabah 190,79 kg. Silo yang menggunakan ulir ini memiliki torsi 238,69 lb-ft dengan tanpa menaikkan beban, sedangkan torsi dengan menaikkan beban gabah sebesar 38 lb-ft. Kecepatan putar yang dibutuhkan untuk menggerakkan ulir pada input reducer 870 rpm, kecepatan putar pada output reducer 16 rpm dan secara efektif kecepatan rotasi ulir 11 rpm dengan efisiensi mencapai 62,81%. Penyimpanan gabah dilakukan selama 42 hari diperoleh suhu rata-rata penyimpanan $28.6 \text{ }^\circ\text{C}$, kelembaban rata-rata penyimpanan sebesar 62.81%, kadar air gabah rata-rata 13,85%, warna gabah brownish yellow 10 YR 7/8 dan rendemen giling 55,23. Penelitian menunjukkan perputaran ulir mempengaruhi suhu dan kelembaban gabah didalam silo dan kadar air gabah yang berada dalam tumpukan disekitar dinding silo lebih rendah daripada kadar air gabah pada bagian tumpukan yang lain didalam silo.

Keywords : *Silo, screw and paddy*

PENDAHULUAN

Beras merupakan bahan makanan pokok bagi sebagian besar penduduk Indonesia. Beras adalah bahan makanan yang mengandung zat gizi dan berguna bagi tubuh manusia. Kandungan utama beras adalah

karbohidrat yang akan diubah menjadi energi di dalam tubuh manusia. Oleh karena itu beras juga disebut sebagai sumber energi (Setyono, 2003).

Usaha peningkatan produksi padi dapat ditempuh melalui dua cara yaitu melalui perbaikan teknologi pra panen dan perbaikan teknologi pasca panen. Produksi padi di Indonesia pada tahun 2009 mencapai 64,39 juta ton yang berarti mengalami peningkatan sebesar 1,067% dibandingkan produksi tahun 2008 sebesar 60,3 juta ton. Produksi padi Sumatera Selatan mencapai 3,12 juta ton pada tahun 2009 juga menunjukkan peningkatan produksi sebesar 1,05% dibandingkan produksi padi tahun 2008 (BPS, 2010).

Penggunaan teknologi pasca panen memegang peranan cukup penting untuk menyelamatkan hasil yang sudah dicapai dengan usaha pra panen. Kegiatan pasca panen adalah kegiatan yang dimulai sejak panen sampai bahan dikonsumsi, meliputi kegiatan sebagai berikut : panen, perontokan, pembersihan, pengeringan, pengangkutan, penyimpanan dan penggilingan (Departemen Pertanian, 1990).

Menurut Hall (1970), salah satu tahapan dari pasca panen yang mempunyai peranan penting dalam penyediaan bahan pangan adalah kegiatan penyimpanan. Penyimpanan secara umum bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dan mempertahankan kualitas serta kuantitas serta mencegah kerusakan fisik.

Proses penyimpanan sangat dipengaruhi oleh bahan yang akan disimpan dan faktor lingkungan. Gabah yang akan disimpan akan melakukan pernafasan, oksidasi pada keadaan aerobik, terjadi fermentasi pada kondisi anaerobik dan menjadi kecambah pada kondisi lembab (Kartasapoetra 1994).

Kadar air gabah rata-rata pada proses penyimpanannya harus dapat dipertahankan dari 12% sampai 14%. Keadaan ini hanya dapat dicapai dengan memperhatikan perlakuan awal sebelum melakukan penyimpanan dan disimpan dengan menggunakan bangunan penyimpanan yang mempunyai kondisi yang lebih baik (Kartasapoetra 1994).

Gabah yang disimpan pada proses penyimpanan akan mengalami proses respirasi yang menghasilkan energi panas. Energi panas yang terakumulasi mengakibatkan suhu pada ruang penyimpanan akan melebihi dari suhu ideal penyimpanan yaitu berkisar antara 15 °C hingga 21 °C. Suhu yang tinggi pada ruang penyimpanan dapat menyebabkan terjadinya perubahan sifat kimia pada gabah dengan suhu yang berkisar antara 30 °C hingga 40 °C. Dengan demikian untuk mendapatkan suhu penyimpanan yang ideal perlu dilakukan penyimpanan pada tempat yang dapat dikendalikan suhu dan kelembabannya (Hall, 1970).

Tempat penyimpanan yang sudah ada selama ini seperti penggunaan karung ataupun penggunaan silo konvensional (seperti silo yang terbuat dari kayu dengan bentuk kotak) yang biasanya digunakan oleh petani belum dapat mengendalikan suhu dan kelembaban gabah yang disimpan. Untuk itu perlu dirancang suatu alat penyimpanan model silo yang menggunakan ulir sebagai fungsi pengadukan secara mekanis dan terjadi proses aerasi didalamnya sehingga suhu pada penyimpanan gabah dapat diturunkan untuk mencapai suhu ideal penyimpanan.

Tujuan penelitian ini adalah merancang alat penyimpanan gabah model silo yang menggunakan ulir untuk mengendalikan suhu dan kelembaban gabah secara mekanis.

BAHAN DAN METODA

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam melaksanakan pembuatan tempat penyimpanan gabah pada silo yang menggunakan ulir ini adalah sebagai berikut : plat baja karbon, besi behel, besi siku, besi plat strip, besi ulir, pulley, reducer, mesin penggerak ulir, belt dan cat

Peralatan yang digunakan pada pembuatan tempat penyimpanan gabah model silo ini adalah sebagai berikut : meteran, perlengkapan las listrik, gergaji besi, kuas, mesin pemotong plat, mesin gerinda, pukul besi, mesin bor, mesin pengerol plat

Alat ukur yang digunakan pada pengambilan data pengamatan gabah yang disimpan pada silo yang menggunakan ulir ini adalah sebagai berikut : *Thermocouple*, *Moisture Meter*, *Tachometer*, timbangan kasar, pinset, kaca pembesar, *Rh Meter*.

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap, yaitu tahap pendekatan rancangan, tahap pembuatan alat dan tahap pengujian alat untuk penyimpanan gabah. Cara kerja yang dilakukan dalam penelitian ini adalah :

1. Pendekatan rancangan meliputi rancangan struktural, rancangan fungsional dan rencana desain dan gambar alat.
2. Pembuatan alat
3. Analisa teknis meliputi analisa volumetrik, analisa kebutuhan tenaga dan analisa transmisi tenaga.
4. Operasional dan pengujian alat meliputi persiapan operasional alat dan pengambilan data analisa

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pembuatan tempat penyimpanan gabah model silo yang menggunakan ulir dilakukan analisa teknis yang bertujuan untuk mengetahui kelayakan model silo yang dirancang sebagai tempat penyimpanan padi.

Volume Penyimpanan

Silo menggunakan ulir ini berbentuk silindris yang memiliki volume total penyimpanan gabah 0,31877 m³ dan mampu menampung berat gabah maksimal 190,79 kg. Volume total penyimpanan gabah ditentukan oleh volume silinder ruang penyimpanan, volume lantai penyimpanan dan volume ulir di dalam silo. Berat gabah penyimpanan ditentukan oleh berat jenis gabah dan volume total penyimpanan.

Kebutuhan Tenaga

Dalam usaha menggerakkan ulir didalam silo dibutuhkan suatu sumber tenaga yang berasal dari motor listrik dengan pilihan kapasitas tenaga 0,5 Hp. Pemilihan tenaga penggerak ulir didasarkan pada kemampuan memindahkan porositas gabah. Tenaga untuk menggerakkan ulir dipengaruhi oleh tinggi hamparan gabah, ukuran gabah dan kerapatan gabah.

Pergerakan ulir mampu merubah posisi gabah (tumpukan gabah) dari posisi semula dan dapat meratakan suhu gabah didalam silo. Pelepasan panas secara konveksi didalam silo akan meningkat jika adanya

perubahan porositas atau kerapatan gabah. Sementara perpindahan panas secara konduksi lebih dipengaruhi oleh konduktifitas panas gabah.

Sumber tenaga dari motor listrik memiliki kecepatan rotasi yang dapat menghasilkan perputaran ulir melalui suatu transmisi yang terdiri dari pulley, belt dan reducer. Pada setiap bagian transmisi juga memiliki kecepatan rotasi dan gaya yang menyebabkan pergerakan ulir yang telah dirancang.

Torsi merupakan momen atau gaya yang menyebabkan putaran baik pada setiap bagian transmisi maupun pada ulir. Besarnya torsi diketahui melalui hubungan perkalian besarnya tenaga dan konstanta dibagi kecepatan rotasi mesin (Roth, 1982). Besarnya torsi yang dihasilkan oleh motor penggerak tanpa menggerakkan setiap bagian transmisi dan ulir secara teoritis adalah 1,85 lb-ft. Dengan mengukur kecepatan rotasi menggunakan *Tachometer* diperoleh torsi motor penggerak tanpa menggerakkan setiap bagian transmisi dan ulir secara efektif sebesar 1,945 lb-ft.

Transmisi Tenaga

Transmisi tenaga merupakan suatu upaya dalam meneruskan gaya yang dihasilkan motor penggerak untuk menggerakkan ulir didalam silo. Secara sederhana transmisi bekerja untuk menghubungkan mesin penggerak dan ulir didalam silo. Dalam penelitian ini transmisi tenaga dirangkai dengan menggunakan pulley, reducer dan belt.

Pulley dapat menentukan kemampuan atau tenaga dari motor listrik yang digunakan dengan cara menentukan perbandingan diameter pulley yang dipasang. Pulley yang dirangkai pada sistem transmisi ini adalah pulley tunggal yang dipasang pada shaft mesin, shaft input reducer, shaft output reducer dan pangkal batang ulir. Selanjutnya belt (sabuk) yang berfungsi sebagai penyalur tenaga dipasang pada pulley shaft mesin, pulley shaft input reducer, pulley shaft output reducer dan pulley pangkal batang ulir. Secara mekanis semua komponen penggerak terangkai dalam hubungan perbandingan antara diameter, daya putar serta kecepatan rotasi masing-masing pulley (Roth, 1982).

Reducer merupakan suatu alat untuk menurunkan kecepatan rotasi dalam suatu rangkaian mekanis. Kecepatan rotasi input reducer selalu lebih besar dari kecepatan output reducer melalui hubungan perbandingan tertentu. Torsi yang dihasilkan mesin penggerak diteruskan pada pulley input reducer untuk menggerakkan puli input reducer yang terhubung melalui sebuah belt (sabuk). Secara teoritis gaya yang menyebabkan perputaran input reducer diketahui 2,77 lb-ft dengan kecepatan rotasi pulley 946,67 rpm. Dengan menggunakan *Tachometer* maka diperoleh kecepatan rotasi efektif pulley input reducer 870 rpm sehingga gaya yang diterima untuk memutar pulley input reducer secara efektifnya adalah 3,018 lb-ft.

Pada rancangan alat ini menggunakan perbandingan antara kecepatan rotasi input reducer dan kecepatan rotasi output reducer adalah 50 : 1 dengan pengertian bahwa setiap 50 putaran input reducer dapat diturunkan menjadi 1 putaran pada output reducer. Secara teoritis kecepatan rotasi output reducer diketahui 18,93 rpm dan gaya yang menyebabkan putaran pada output reducer yaitu 138,53 lb-ft. Dengan pengukuran diperoleh kecepatan output reducer 16 rpm sehingga momen atau gaya yang menyebabkan putaran pada output reducer adalah 164,10 lb-ft.

Dengan adanya hubungan perbandingan antara diameter, daya putar serta kecepatan rotasi antara pulley output reducer dan pulley ulir, maka kecepatan rotasi ulir secara teoritis diketahui 12,62 rpm. Pada saat pengujian alat diperoleh kecepatan rotasi ulir 11 rpm yang diukur.

Untuk menggerakkan ulir didalam silo, torsi ulir dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu torsi ulir tanpa menaikkan beban dan torsi ulir dengan menaikkan beban gabah (Shigley dan Mitchell, 1983). Torsi ulir tanpa menaikkan beban merupakan momen atau gaya yang menyebabkan ulir bergerak tanpa adanya beban (gabah) didalam silo. Secara teoritis kecepatan rotasi ulir tanpa menaikkan beban adalah 12,62 rpm sehingga torsi ulir tanpa menaikkan beban pada silo ini adalah 207,79 lb-ft. Dengan pengukuran diperoleh kecepatan rotasinya 11 rpm dan gaya yang menyebabkan ulir berputar tanpa beban secara efektif yaitu, 238,69 lb-ft.

Torsi ulir yang mampu menaikkan beban gabah dipengaruhi oleh koefisien gesek beban, tenaga penggerak dan kecepatan rotasi ulir (Shigley dan Mitchell, 1983). Dengan kadar air gabah yang disimpan didalam silo sebesar 14 % menurut Brubaker dan Pos (1965) koefisien gesekan gabah terhadap bahan ulir (baja) adalah $\mu = 0$ sehingga ulir didalam silo dapat menaikkan gabah dengan torsi 33,087 lb-ft. dan secara efektif torsi untuk menyebabkan putaran ulir dengan beban (gabah) adalah 38 lb-ft.

Dengan mengetahui gaya untuk pergerakan ulir didalam silo baik pada kondisi silo kosong ataupun silo yang berisi gabah, maka dapat pula diketahui efisiensi kerja ulir didalam silo dengan cara membandingkan kedua hal tersebut dalam bilangan persen (Shigley dan Mitchell, 1983). Pada silo yang telah dibangun dapat diketahui efisiensi pergerakan ulirnya sebesar 62,81 %.

Kadar Air Gabah

Lama gabah yang disimpan pada silo ulir ini adalah 42 hari dimulai tanggal 17 April hingga 28 Mei 2007 dengan kadar air awal 14 %. Metode pengukuran kadar air pada penyimpanan gabah silo ulir ini menggunakan metode pengukuran secara tidak langsung menggunakan *Moisture Meter*.

Tabel.1. Rata-rata dua mingguan kadar air gabah pada silo dalam (%).

Minggu	Bagian Pinggir			Bagian Tengah		
	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah
II	13,9	13,9	13,9	14,0	14,0	14,0
IV	13,9	13,9	13,9	13,9	13,9	14,0
VI	13,8	13,8	13,8	13,8	13,9	13,9

Alat ukur kadar air ini bekerja dengan mengukur sifat-sifat listrik gabah baik sifat konduksi dan kapasitasnya (Brubaker dan Pos, 1965). Kadar air yang diukur meliputi kadar air gabah pada bagian pinggir atas, pinggir tengah, pinggir bawah, bagian tengah atas, bagian tengah tengah, dan bagian tengah bawah

Dari Tabel 1 diatas perubahan kadar air terjadi pada minggu kedua pengamatan. Gabah pada seluruh bagian pinggir dari silo mengalami penurunan kadar air 13,9 %. Sementara pada bagian tengah silo, kadar air gabah tetap berada pada 14 %. Pengamatan ini menunjukkan bahwa penurunan kadar air gabah pada bagian

pinggir silo dipengaruhi oleh sifat bahan (konduktifitas) dari dinding silo yang mampu menyalurkan panas dari luar silo melalui mekanisme konduksi. Dinding silo yang terbuat dari besi baja lunak memiliki konduktifitas 26,2 Btu/hr ft ⁰F. Semakin tinggi nilai konduktifitas suatu bahan maka semakin cepat pula kenaikan suhu suatu bahan. Panas yang diterima dinding silo diteruskan pada ruang pori tumpukan gabah secara konveksi dan secara konduksi pada gabah yang memiliki nilai konduktifitas (0.0578 Btu / hr ft⁰F). Panas yang masuk menyebabkan penurunan kelembaban relatif pada ruang pori tumpukan gabah dan meningkatnya tekanan uap air dalam gabah sehingga terjadinya pelepasan uap air. Penurunan kadar air gabah pada selama dua minggu pertama terjadi karena kadar air pelepasan selalu lebih tinggi dari kadar air penyerapan (Brubaker dan Pos, 1965). Sedangkan tidak terjadinya penurunan kadar air pada lapisan tengah silo karena letak lapisan lebih jauh dari dinding silo sehingga pengaruh fluktuasi suhu dari dinding silo lebih kecil.

Pengamatan kadar air pada minggu keempat rata-rata kadar air gabah didalam silo mengalami penurunan menjadi 13,9 % kecuali kadar air gabah yang berada pada bagian tengah lapisan bawah yaitu 14,0 %. Hal ini dapat menjelaskan bahwa pengaruh panas dari luar masuk ke dalam silo melalui dinding silo terlebih dahulu melewati seluruh bagian pinggir dan bagian tengah lapisan atas dan lapisan tengah tengah silo sehingga pelepasan kadar air terjadi gabah diseluruh lapisan pinggir dan selanjutnya gabah pada lapisan atas tengah dan lapisan tengah tengah.

Menurunnya kadar air gabah lapisan atas tengah terjadi karena gabah didalam silo tidak terisi penuh (tidak mengenai dinding tutup silo) sehingga panas masuk kedalam gabah secara konveksi saja dan mempengaruhi kadar air gabah. Penurunan kadar air gabah pada lapisan tengah bagian tengah diduga karena pengaruh aliran panas (dari suhu tinggi ke suhu rendah) dari gabah bagian pinggir dan lapisan atas tengah secara konduksi antar gabah dan konveksi alami antar ruang pori tumpukan gabah menuju lapisan tengah bagian tengah. Tidak terjadinya penurunan kadar air gabah pada lapisan bawah bagian tengah diduga karena kecilnya aliran panas dari setiap lapisan didalam silo dan dinding bawah silo yang tidak bersentuhan langsung dengan pengaruh luar silo melainkan ruang saluran pengeluaran gabah.

Kadar air gabah seluruh bagian pinggir dan bagian tengah atas silo pada minggu keenam seperti yang terlihat pada Tabel 2 turun menjadi 13,8%, sedangkan kadar air pada bagian tengah lapisan tengah dan lapisan bawah 13,9%. Dengan masuknya panas terlebih dahulu melalui bagian pinggir silo dan bagian tengah lapisan atas menunjukkan bahwa jarak lapisan gabah dari dinding silo (jari-jari silinder wadah) berpengaruh pada penurunan kadar air gabah didalam silo. Pada kondisi wadah penyimpanan berbentuk silinder menurut Henderson (1976) besar jari-jari kedudukan lapisan bahan yang disimpan (gabah) dari titik pusat wadah diketahui linier dengan besarnya suhu dan panas yang diterima bahan yang disimpan (gabah). Dengan demikian panas lingkungan luar penyimpanan berpengaruh terhadap penurunan kadar air gabah penyimpanan karena proses aliran panas luar melewati dinding silo dan tutup silo.

Suhu

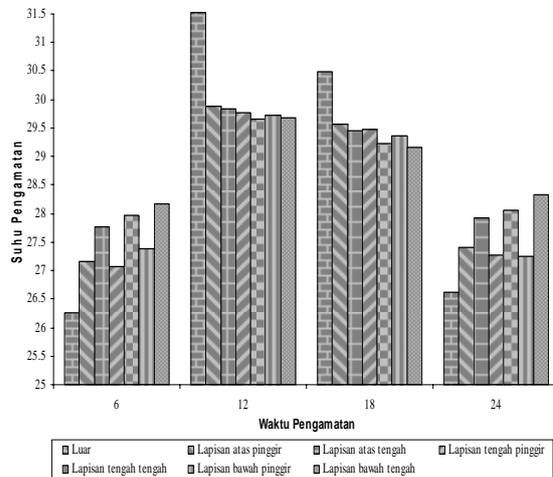
Salah satu faktor yang mempengaruhi kegiatan biologis gabah adalah suhu. Perubahan secara kimia pada proses penyimpanan secara cepat dapat terjadi pada tingkat suhu 30 °C hingga 40 °C, pada suhu diatas 50 °C menyebabkan kerusakan butir gabah, sedangkan pada suhu diatas 60 °C menyebabkan kehilangan daya kecambah (Hall, 1970).

Konduktifitas panas adalah panas dari suatu bahan dan merupakan suatu fungsi suhu. Dinding silo yang terbuat dari logam memiliki nilai konduktifitas 26,2 BTU / hr ft² °F. Nilai konduktifitas suatu bahan akan mudah meningkat jika meningkat suhu (Henderson, 1976). Gabah memiliki nilai konduktifitas 0,0578 BTU / hr ft² °F yang memiliki peluang menerima panas secara konduksi dari dinding silo karena perbedaan nilai konduktifitas.

Suhu dinding silo dipengaruhi oleh perpindahan panas secara konveksi bebas dari udara luar (Brooker, 1973) sehingga pengukuran suhu secara garis besar dilakukan pada dua tahap yaitu suhu udara luar dan suhu di dalam ruang penyimpanan.

Pengukuran suhu dalam ruang penyimpanan dilakukan dengan membagi dua kategori pengukuran suhu yaitu pengukuran arah horizontal dan arah vertikal pada 9 titik pengamatan. Arah horizontal terdiri dari 3 lapisan yaitu lapisan atas, tengah dan bawah. Sedangkan arah vertikal terdiri dari 2 bagian yaitu bagian pinggir dan bagian tengah.

Data hasil pengamatan rata-rata suhu untuk harian diperoleh dengan cara pengamatan suhu setiap 6 jam sekali yang dimulai dari pukul 06.00 WIB hingga pukul 24.00 WIB selama 42 hari penyimpanan. Hasil pengamatan perubahan suhu rata-rata dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Perubahan suhu rata-rata harian di dalam dan di luar silo selama 42 hari dalam (°C).

Pengamatan pada pukul 06.00 dan 24.00 diketahui suhu lingkungan luar lebih rendah dari suhu penyimpanan. Suhu lingkungan luar yang rendah mempengaruhi dinding silo untuk melepaskan panas keluar (proses kesetimbangan panas). Akan tetapi penurunan suhu gabah penyimpanan berlangsung lambat karena faktor nilai konduktifitas gabah dan laju respirasi gabah. Nilai konduktifitas gabah yang rendah yaitu sebesar

0,0578 BTU / hr ft² °F menyebabkan pelepasan panas dari gabah berlangsung lambat, sedangkan proses respirasi gabah terus menghasilkan panas respirasi.

Pengamatan suhu penyimpanan di dalam silo pada pukul 06.00 dan 24.00 diketahui bahwa suhu setiap lapisan bagian tengah lebih tinggi dari setiap lapisan bagian pinggir. Hal ini terjadi karena letak gabah setiap lapisan bagian tengah lebih jauh dari dinding silo sehingga lebih sedikit menerima pengaruh penurunan suhu dari dinding silo.

Selanjutnya pengamatan pada pukul 12.00 dan 18.00 diperoleh suhu rata-rata luar lebih tinggi dari suhu penyimpanan. Suhu udara luar titik tertinggi dari keseluruhan waktu pengamatan suhu adalah pada pukul 12.00 yaitu 31.52 °C. Dengan nilai konduktifitas dinding silo yang tinggi (26,2 BTU / hr ft² °F), panas lingkungan luar yang masuk ke dalam dinding silo (secara konveksi alami) dengan cepat dialirkan masuk ke dalam silo (proses kesetimbangan panas) sehingga suhu penyimpanan meningkat

Untuk itu perlu menggerakkan ulir (rata-rata 10 menit) di dalam silo sebagai usaha untuk menurunkan suhu penyimpanan. Pergerakan ulir di dalam silo menyebabkan terjadinya pembesaran porositas tumpukan gabah dan reposisi tumpukan gabah. Pembesaran porositas tumpukan gabah mengakibatkan panas pada ruang antar gabah dapat keluar. Sedangkan reposisi tumpukan gabah mengakibatkan suhu gabah penyimpanan merata di setiap lapisan dalam silo.

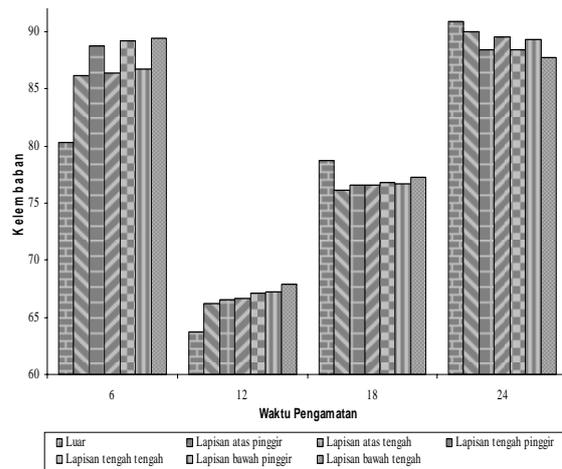
Panas yang terdapat pada ruang antar gabah diperoleh karena pengaruh laju respirasi gabah dan pengaruh pancaran aliran panas ke dalam dari dinding silo secara konveksi. Sedangkan panas gabah diperoleh dari pengaruh panas dinding silo secara konduksi dan proses konduksi panas antar gabah dalam silo. Dengan demikian seperti yang terlihat pada Gambar 1 bahwa pada pukul 12.00 dan 18.00 suhu setiap lapisan bagian pinggir selalu lebih tinggi dari suhu setiap lapisan bagian tengah dalam silo. Suhu penyimpanan pada pukul 18.00 lebih rendah dari suhu penyimpanan pukul 12.00 karena pada pukul 18.00 WIB suhu di dalam silo berangsur-angsur turun mengikuti penurunan suhu di luar silo mengikuti sebaran suhu diurnal.

Kelembaban

Panas suatu bahan dapat diartikan sebagai energi yang diperlukan untuk terjadinya penguapan air dari bahan tertentu pada suhu tertentu. Setiap bijian termasuk gabah memiliki sifat tekanan uap air pada suhu dan kadar air tertentu. Kelembaban udara pada tumpukan gabah sangat tergantung pada kadar air dan suhu gabah tersebut (Brooker, 1973).

Pengukuran kelembaban dilakukan pada 9 titik pengamatan dengan dua arah pengukuran menggunakan RH meter. Pengukuran kelembaban arah horizontal terdiri dari 3 lapisan yaitu lapisan atas, tengah dan bawah. Sedangkan arah vertikal terdiri dari 2 bagian yaitu bagian pinggir dan bagian tengah.

Data hasil pengamatan rata-rata kelembaban harian diperoleh dengan cara pengamatan setiap 6 jam sekali yang dimulai dari pukul 06.00 WIB sampai pukul 24.00 WIB selama 42 hari penyimpanan. Hasil pengamatan perubahan kelembaban rata-rata harian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perubahan kelembaban rata-rata harian di dalam dan di luar silo selama 42 hari dalam (%).

Dari Gambar 2 diketahui kelembaban udara luar pukul 06.00 dan 24.00 lebih tinggi dari kelembaban pada pukul 12.00 dan 18.00. Kelembaban gabah penyimpanan pukul 06.00 bagian tengah silo memiliki kelembaban paling tinggi dibanding bagian pinggir. Pada setiap lapisan silo kelembaban paling tinggi terjadi pada lapisan tengah bagian bawah yaitu 90,05 %. Lapisan tengah bagian bawah merupakan tumpukan bagian paling dasar yang sedikit menerima pengaruh rendahnya suhu luar penyimpanan dan penurunan suhu pada dinding silo. Porositas tumpukan gabah menjadi kecil karena lapisan ini menerima beban tumpukan dari lapisan di atasnya sehingga uap air dari respirasi gabah meningkat. Respirasi yang tinggi menyebabkan suhu (panas) pada lapisan bawah bagian tengah penyimpanan meningkat dengan kadar air tinggi menyebabkan kelembaban meningkat.

Kelembaban udara luar paling tinggi terjadi pada waktu pengamatan pukul 24.00. Hal ini terjadi karena tidak adanya intensitas panas dari matahari menyebabkan uap air atmosfer mengalami kondensasi sehingga massa uap air meningkat dan turun ke permukaan bumi. Pada waktu pengamatan ini, suhu udara luar menurun diikuti dengan peningkatan kelembaban udara luar. Kelembaban di dalam penyimpanan tinggi karena suhu udara luar yang rendah menyebabkan terjadinya pelepasan panas pada dinding silo sehingga suhu penyimpanan turun tetapi tidak diikuti pelepasan keluar uap air penyimpanan karena tertahan pada dinding silo dan pengaruh porositas tumpukan gabah. Dinding silo memiliki kerapatan bahan tinggi sehingga sulit dilewati uap air. Uap air dalam penyimpanan dihasilkan dari laju respirasi gabah karena gabah memiliki daya kecambah (proses metabolisme gabah).

Pengamatan terhadap kelembaban di dalam silo setiap pukul 12.00 diketahui kelembaban udara luar dan kelembaban dalam penyimpanan berada pada titik terendah selama waktu pengamatan. Dengan menggerakkan ulir, uap air dalam tumpukan gabah lepas keluar dari pori-pori tumpukan gabah diikuti pelepasan panas karena adanya reposisi tumpukan gabah dan pengaruh melepaskan tutup penyimpanan. Kelembaban di dalam silo kembali meningkat pada pukul 18.00 karena suhu penyimpanan turun mengikuti penurunan suhu udara luar sehingga terjadinya peningkatan kelembaban dalam penyimpanan.

Warna Gabah

Pengujian warna gabah pada penelitian ini dilakukan menggunakan *Munsell Colour Chart of Tissue* dengan mencocokkan warna gabah yang dihasilkan dengan nilai hue (nilai kromatik), value (kecerahan warna) dan chroma (intensitas warna).

Warna gabah menunjukkan berwarna kuning kecoklatan dengan nilai 10 YR 7/8. Angka pertama menunjukkan hue diikuti oleh huruf yang menyatakan kisaran warna dan angka kedua menunjukkan value serta angka ketiga menunjukkan nilai chroma gabah yang dihasilkan.

Gabah yang disimpan pada model silo yang menggunakan ulir selama 42 hari mempunyai value 7. Chroma yang dihasilkan dengan nilai 8 yang menunjukkan intensitas warna gabah yang berkaitan dengan kejernihan dari warna yang dihasilkan. Secara keseluruhan warna gabah yang disimpan berwarna *brownish yellow*. Dengan demikian tidak terjadi perubahan warna secara signifikan pada butir gabah yang disimpan pada silo ulir.

Rendemen Giling

Gabah yang disimpan dalam silo yang menggunakan ulir ini adalah gabah dengan varietas IR-64 yang memiliki tipe gabah panjang dan ramping. Gabah yang telah disimpan kemudian dilakukan penggilingan untuk mengetahui jumlah rendemen giling. Penggilingan (milling) gabah merupakan keseluruhan proses pengolahan padi menjadi beras yaitu meliputi proses pembersihan, penghilangan sekam, kuit ari (penyosohan) dan proses pemisahan beras yang dihasilkan berdasarkan ukurannya (Damardjati dan Oka, 1989)

Pada saat penyosohan memberikan dampak efek mekanis terhadap gabah yang digiling yaitu terjadinya gesekan oleh silinder penyosoh. Rendemen giling yang dihasilkan dari penggilingan gabah yang disimpan selama 42 hari pada silo yang menggunakan ulir adalah 55,23 %.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil uji coba penelitian merancang bangun silo menggunakan ulir untuk penyimpanan gabah dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Suhu udara luar sangat berpengaruh terhadap perubahan suhu, kelembaban dan kadar air penyimpanan.
2. Terjadinya suhu dan kelembaban yang sama setiap lapisan bagian silo pada pukul 12.00. Suhu setiap lapisan bagian silo pada pukul 06.00, pukul 18.00 dan pukul 24.00 mengikuti perubahan suhu diluar silo.
3. Terjadinya penurunan kadar air gabah pada setiap lapisan dalam silo. Penurunan kadar air lebih cepat terjadi pada titik pinggir dan titik tengah lapisan atas.
4. Terjadinya perubahan posisi (reposisi) gabah pada saat pergerakan ulir di dalam silo. Perubahan posisi gabah dalam silo berpengaruh terhadap suhu dan kelembaban penyimpanan.

5. Pergerakan ulir dalam silo memiliki efisiensi torsi sebesar 62,81 % yang mampu menaikkan gabah secara vertikal dengan daya putar efektif 38 lb-ft.

Saran

Berdasarkan hal-hal yang ditemukan pada saat melakukan pengujian, dapat disarankan untuk merancang ulir dengan lebar ulir dan sudut kemiringan ulir yang sesuai dalam silo.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistika. 2010. *Statistika Indonesia*. Badan Pusat Statistika. Jakarta.
- Brooker, D. B. 1973. *Drying Cereal Grain*. The AVI Publishing Company, Inc. Westport. Connecticut.
- Brubaker, J. E. dan Pos, J. *Determining The Static Coefficient of Friction of Grains on Structural Surface*. Trans. New York.
- Damardjati, D.S. dan E.Y. Purwani. 1991. Mutu Beras Padi-Buku 3. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor.
- Departemen Pertanian. 1989. *Penanganan Pasca Panen Padi*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Departemen Pertanian. 1990. *Pasca Panen Tanaman Pangan*. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Hall, C. W. 1970. *Handling and storage of food in tropical and sub tropic area*. FAO. Rome.
- Henderson, S. M. 1976. *Agricultural Process Engineering*. Diterjemahkan oleh Rahmad Hari Purnomo. 1997. Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian. Universitas Sriwijaya. Palembang.
- Hartono. 1980. *Pengetahuan Padi dan Mesin Pengereng*. PT. Padi Bhakti Pusat. Karawang.
- Ibrahim, Y. 2003. *Studi Kelayakan Bisnis, Edisi Revisi*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Kartasapoetra. A.G. 1994. *Teknologi Penanganan Pasca Panen*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Lakitan, B. 1997. *Klimatologi Dasar*. Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UNSRI. Palembang.
- Moejarno, P. 1979. *Small farm storage in Indonesia. Paper presented at the gains pos harvest workshop*. The national agency. Departemen Pertanian.
- Oka, H. I. 1975. *Origin of Cultivated Rice*. Japan scientific Press. Japan.
- Pratomo, M. 1981. *Penggudangan Hasil Pertanian*. Mekanisasi Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor.
- Pujantoro, L. F. 1985. *Desain Modifikasi Tempat Penyimpanan Gabah secara Curah di Bekasi*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor. Tidak dipublikasikan.
- Roth, L. O. 1982. *An Introduction To Agricultural Engineering*. The AVI Publishing Company, Inc. The United State of America.
- Setyono, A. 2003. Evaluasi Mutu Beras Berbagai Varietas Padi di Indonesia. Balitpa. Sukamandi.

- Shigley, J. E dan Mitchell, L. D. 1983. *Perencanaan Teknik Mesin. Diterjemahkan oleh Gandhi Harahap*. 1984. Direktorat Jenderal Bina Marga, Jakarta.
- Soemardi. 1991. *Penanganan Pasca Panen Padi*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Soesarsono, W. 1977. *Teknik Pengolahan dan Penyimpanan Hasil Panen*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Suparyono dan Setyono. 1994. *Padi*. Penebar Swadaya. Sukamandi.
- Suyono dan Dandi. S.1985. *Hama Pasca Panen dan Pengendaliannya*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Syarief, R dan Halid. 1992. *Teknologi Penyimpanan Pangan*. Arcan. Jakarta.
- Thomson, L. Krutz, and P. Claar. 1984. *Design of Agricultural Machinery*. John Wiley & Sons, Inc. The United State of America.

