

KAJIAN KARAKTERISTIK PERPINDAHAN PANAS PADA RUANG SISTEM PENGERING/PENGASAPAN DENGAN ENERGI PANAS DARI BAHAN BAKAR

Nawawi Juhan, Zamanhuri, Farel Napitupulu, Ahmad Syuhada
Email : Jenne 671965@yahoo.com
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

ABSTRAK

Penggunaan lemari pengering untuk pengeringan masih mempunyai kelemahan, yaitu temperatur pengering di dalam lemari pengering sering tidak seragam atau tidak sama di setiap rak yang terdapat dalam lemari pengering, dimana temperatur udara panas pada rak-rak pengering yang berjauhan dengan sumber panas atau pada rak-rak makin ke atas semakin menurun. Jika ketidaksamaan temperatur fluida pengering pada setiap rak dalam lemari pengering tersebut tidak teratasi, maka hasil pengering akan menurun kualitasnya yang diakibatkan oleh tidak meratanya suhu pengering yang diterima setiap produk yang dikeringkan. Masalah ini diyakini dapat diatasi dengan menahan laju gas panas keluar dari ruang pengering dengan membuat sudut cerobong gas panas keluar yang tepat. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan berapa sudut cerobong gas panas keluar peralatan pengering yang tepat sehingga didapat keseragaman temperatur di setiap rak yang terdapat dalam lemari pengering. Disamping itu juga untuk melihat pengaruh pengarah awal terhadap distribusi temperatur di dalam saluran peralatan pengering. Pengujiannya dilakukan dengan membuat suatu sistem peralatan pengering dengan sistem aliran gas panas alamiah, yang terdiri atas lima bagian utama yaitu ruang pembakaran, pengarah awal 2 buah tidak berlubang dan berlubang dibuat berbentuk V dengan sudut 30° , saluran aliran udara panas, ruang pengeringan dengan 7 buah rak pengeringan, dan cerobong 3 buah dengan sudut masing-masing 15° , 25° , dan 35° . Pengkajian lebih lanjut dilakukan terhadap karakteristik perpindahan panas dan pola aliran fluida pada Ruang Sistem Pengering/Pengasapan untuk mendapatkan sistim dan peralatan pengering yang optimal dengan menggunakan energi bahan bakar dan temperatur yang lebih merata pada setiap rak di dalam lemari pengering. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa sudut cerobong sangat berpengaruh terhadap keseragaman distribusi temperature di dalam ruang pengering. Peralatan pengering dengan cerobong bersudut 15° dapat menghasikan distribusi temperatur yang teratur, gradient temperature yang terjadi kecil di awal pemanasan dan setelah kestabilan tercapai distribusi temperature menjadi seragam di setiap rak dalam ruang pengering. Disamping itu Pengarah awal juga berpengaruh terhadap diistribusi di dalam saluran pemanas, dimana distribusi temperatur pada saluran pemanas dengan pengarah awal berlubang dan tidak berlubang sangat berbeda, ini disebabkan oleh pola aliran yang terjadi terutama pada sudut atap cerobong yang 15° yang mana turbulensinya lebih besar dengan pengarah awal tidak berlubang. Karakteristik perpindahan panas yang terjadi seperti Grashof number, Rayleigh number, Nusselt number, dan koefisien perpindahan panas yang terjadi di dalam peralatan pengering dipengaruhi oleh ketinggian karakteristik, lebar karakteristik, dan geometri saluran (sudut saluran).

Kata Kunci : Pengering Grashof Number, Rayleigh Number, Perpindahan Panas

PENDAHULUAN

Penggunaan lemari pengering untuk pengeringan juga masih mempunyai kelemahan, yaitu temperatur pengering di dalam lemari pengering sering tidak seragam atau tidak sama di setiap rak yang terdapat dalam lemari pengering, dimana temperatur udara panas pada rak-rak pengering yang berjauhan dengan sumber panas atau pada rak-rak makin ke atas semakin menurun. Jika ketidaksamaan temperatur fluida pengering

pada setiap rak dalam lemari pengering tersebut tidak teratasi, maka hasil pengering akan menurun kualitasnya yang diakibatkan oleh tidak meratanya suhu pengering yang diterima setiap produk yang dikeringkan. Masalah ini diyakini dapat diatasi dengan menahan laju gas panas keluar dari ruang pengering dengan membuat sudut cerobong gas panas keluar yang sesuai. Pengkajian lebih lanjut dilakukan terhadap karakteristik perpindahan panas fluida pengering pada peralatan pengering untuk mendapatkan sistim



dan peralatan pengering yang optimal dengan menggunakan energi bahan bakar dan temperatur yang lebih merata pada setiap rak di dalam lemari pengering.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan berapa sudut cerobong gas panas keluar peralatan pengering yang tepat sehingga didapat keseragaman temperatur di setiap rak yang terdapat dalam lemari pengering. Disamping itu juga untuk melihat pengaruh pengarah awal terhadap distribusi temperatur di dalam saluran peralatan pengering. Pengujiannya dilakukan dengan membuat suatu sistem peralatan pengering/pengasapan dengan sistem aliran gas panas alamiah, yang terdiri atas empat bagian utama yaitu ruang pembakaran, pengarah awal 2 buah tidak berlubang dan berlubang dibuat berbentuk V dengan sudut 30° , saluran aliran udara panas, ruang pengeringan/pengasapan dengan 7 buah rak pengeringan, dan cerobong 3 buah dengan sudut masing-masing 15° , 25° , dan 35° . Untuk menganalisa sistem tersebut digunakan teori perpindahan panas konveksi alamiah.

Tujuan umum penelitian ini adalah mengetahui karakteristik perpindahan panas dan pola aliran fluida pada Ruang Sistem Pengering/Pengasapan hasil pertanian dan perikanan dengan Energi Panas dari Bahan Bakar. Dengan diketahuinya karakteristik perpindahan panas dan pola aliran fluida akan diperoleh peralatan yang optimum.

METODOLOGI PENELITIAN

1. Metode

Pengujian dilakukan dengan tanpa bahan uji untuk masing-masing variasi sudut cerobong yaitu 15° , 25° , 35° . Pengujian dengan variasi sudut tersebut dilakukan dua perlakuan dengan menggunakan pengarah awal tanpa berlubang dan dengan menggunakan pengarah awal berlubang. Pengambilan data meliputi data distribusi temperatur dan penurunan berat bahan uji pada pengujian sampel.

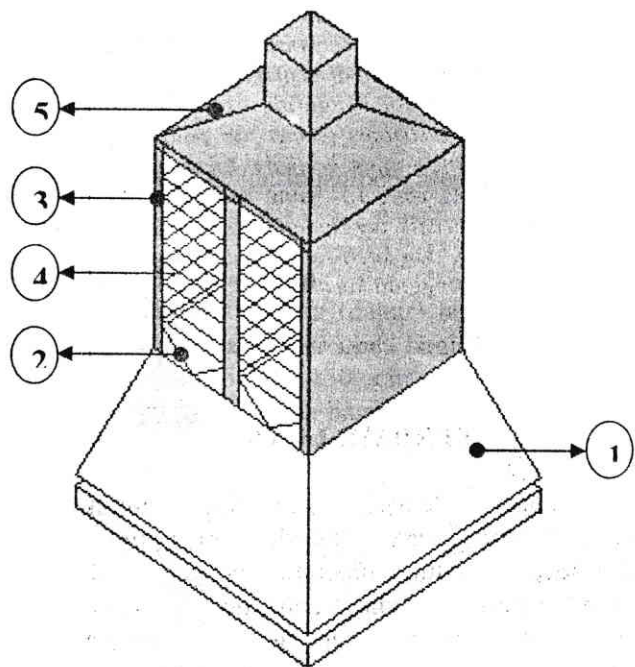
2 Rancangan Peralatan Pengujian

Peralatan untuk pengujian dirancang seperti diperlihatkan pada gambar 1. Konstruksi Peralatan ini dibuat dengan dua material utama yaitu kayu dan pelat seng. Alat ini terdiri atas lima bagian utama yaitu ruang pembakaran, pengarah awal, saluran udara

panas, ruang pengeringan/pengasapan, dan cerobong.

- Ruang Pembakaran

Ruangan pembakaran (dapur) bagian atas berukuran $100 \times 100 \text{ cm}^2$, bagian bawah berukuran $150 \times 150 \text{ cm}^2$ dan tinggi totalnya 75 cm. Pada bagian bawah dibuat lubang laluan udara pembakaran berukuran $150 \times 150 \times 10 \text{ cm}^3$. Seluruh bagian atas ditutup dengan pelat seng 2 mm dengan tujuan untuk mempertahankan panas didalam sekaligus menghindari terjadinya kecelakaan seperti kebakaran. Ruang pembakaran dibuat dengan ukuran yang lebih besar dari ruang pengasapan ini bertujuan agar proses pembakaran dapat berlangsung dalam ruang yang cukup oksigen. Pada bagian depan, belakang, kiri dan kanan ruang pembakaran dibuat pintu yang dapat dibuka tutup, pintu ini berfungsi untuk memasukkan bahan bakar dan untuk mensuplai udara sebanyak-banyaknya jika sewaktu-waktu temperatur didalam ruang pengasapan terlalu tinggi. Pada keempat sisi pintu diberi sekat karet untuk mencegah kebocoran panas dari ruang pembakaran.



Gambar 1. Desain Peralatan Pengasapan

Keterangan:

1. Ruang Bakar
2. Pengarah Awal
3. Saluran Aliran Gas Panas dan Pengarah Kecepatan
4. Ruang Pengerih/Pengasapan dan Rak
5. Cerobong

- **Pengarah awal**

Pengarah awal dibuat berbentuk V dengan sudut 30° , berfungsi untuk meningkatkan keseragaman distribusi panas dan kecepatan alirannya, membuat aliran udara panas menjadi turbulen, serta mengarahkan aliran udara panas dari ruang pembakaran sebelum masuk ke dalam ruang pengerih/pengasapan. Bagian ini di letakan di atas ruang pembakaran, dibuat dari pelat seng 2 mm, dan dalam dua bentuk. Bentuk pertama tanpa dilubangi dan bentuk yang kedua dilubangi dengan diameter 2 cm dan berjarak 4 cm antara tiap lubang.

- **Saluran Aliran Udara Panas dan Pengarah kecepatan**

Saluran aliran udara panas ini berfungsi sebagai penyeragam temperatur yang terdiri dari saluran udara panas dan pengarah aliran udara panas ke lemari. Saluran udara panas terletak pada bagian samping dan tengah lemari. Saluran udara panas berukuran $5 \times 95 \times 95$ cm yang berfungsi untuk mengalirkan udara panas kedalam lemari pengasapan. Di bagian dalam dinding saluran udara dibuat lubang berukuran 2×95 cm yang berfungsi sebagai lubang pendistribusian udara panas masuk ke dalam lemari pengerih/pengasapan. Pada bagian atas lubang masuk udara dipasang Pengarah kecepatan berbentuk spin berukuran 5×95 cm yang terbuat dari pelat seng 2 mm berfungsi untuk mengarahkan dan menyeragamkan kecepatan aliran udara panas yang masuk dari ruang pembakaran sehingga didapat temperatur yang seragam ditiap rak. Jumlah pengarah disetiap saluran udara pemanas adalah 8 buah yang jarak pemasangan 10 cm disepanjang saluran.

- **Ruang Pengerih/Pengasapan dan Rak**

Ruang Pengerih/Pengasapan adalah tempat untuk mengeringkan/mengasapkan pisang yang akan disale, yang memiliki

dimensi $100 \times 100 \times 100$ cm dan terbuat dari pelat 2 mm. Pada sisi kanan dan kiri bagian luarnya dilapisi dengan papan yang memiliki ketebalan 2 cm, yang bertujuan untuk mengisolasi perpindahan panas keluar dari lemari pengerih. Sedangkan pada sisi depan dan belakang dipasang kaca yang mempunyai ketebalan 5 mm supaya cahaya dari luar dapat masuk sehingga proses pengerihan/pengasapan dapat diamati dengan jelas. Sedangkan Rak disini berfungsi untuk tempat dudukan bahan yang akan dikeringkan/diasapkan; rak ini dibagi dua bagian, dimana tiap bagiannya terdapat 7 rak yang masing-masing berukuran $92 \times 40 \times 3$ cm dengan jarak 10 cm tiap rak, yang terbuat dari kawat jaring.

- **Cerobong**

Pada bagian atas ruang pengerih terdapat cerobong, berfungsi sebagai lubang keluaran campuran udara panas dan uap hasil pengerihan yang memiliki dimensi awal sama dengan dimensi ruang pengerih/pengasapan 100×100 cm dan pada bagian atasnya terdapat lubang yang diperkecil dengan ukuran $30 \times 30 \times 30$ cm. Bila sudut cerobong dibuat sedemikian rupa dan dimensi bagian atasnya diperkecil, maka panas didalam lemari pengerih tidak terlalu cepat keluar dan aliran udara didalam lemari dapat mengalir dengan baik. Dalam pembuatan peralatan cerobong ini meliputi 2 bagian yaitu: pembuatan dinding miring dari cerobong dengan variasi sudut 15° , 25° dan 35° dan pembuatan saluran pembuangan gas panas.

3 Variabel Yang Diamati

Variabel yang akan diamati adalah sebagai berikut :

1. Temperatur pada saluran pengarah
2. Temperatur pada rak pengerih pada bagian tepi dan tengah
3. Temperatur luar dinding pengarah, ruang pengerih dan cerobong
4. Temperatur proses pengerihan pisang dan penurunan berat pisang.



PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian dan pengukuran distribusi temperatur gas panas di dalam saluran aliran pada peralatan pengeringan telah diperoleh. Pengukuran temperatur ini dilakukan di beberapa bagian tertentu yang dianggap mempengaruhi prestasi peralatan pengeringan selama waktu 2-3 jam dengan selang waktu pengukuran 15 menit. Titik pengukuran tersebut dapat dilihat seperti pada gambar 2 di bawah ini.

Pada penulisan ini distribusi temperatur pada daerah yang akan di kaji merupakan daerah saling mempengaruhi antar daerah tersebut yaitu:

1. Distribusi temperatur pada saluran pengarah
2. Distribusi temperatur pada ruang pengering
3. Distribusi temperatur pada corobong.

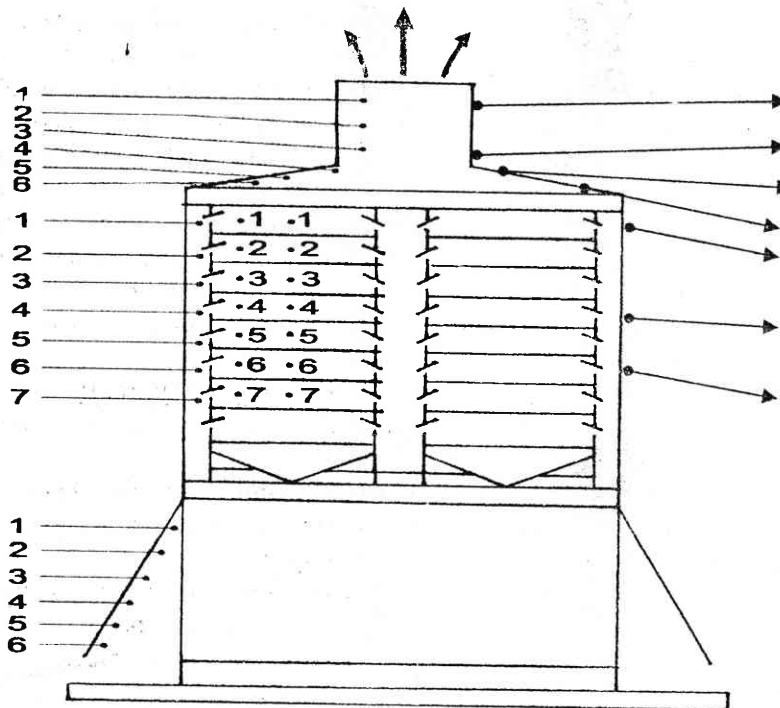
Pengaruh Pengarah Awal Terhadap Distribusi Temperatur

Pengaruh pengarah awal yang berlubang dan tidak berlubang adalah sangatlah nyata terutama pada saluran pemanas dan ruang pengering.

1 Pengaruh Pengarah Awal Terhadap Distribusi Temperatur pada Saluran pengarah

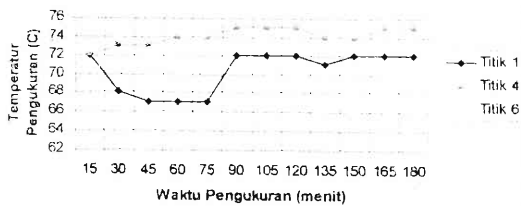
Gambar (3) menjelaskan pengaruh pengarah awal tidak berlubang terhadap pola distribusi temperatur pada saluran pengarah dan gambar (4). menjelaskan pengaruh pengarah awal berlubang terhadap pola distribusi temperatur pada saluran pengarah.

Dengan pengarah awal tidak berlubang distribusi temperatur di saluran pengarah tidak teratur. Ketidakteraturan distribusi temperature ini terjadi dikarenakan pola aliran gas panas didalam saluran yang kecepatan dan temperature selalu berubah disetiap titik pengukuran. Karena seluruh massa gas panas hasil pembakaran bahan bakar menuju ke ruang pengering melalui saluran pengarah yang berakibatkan turbulensi aliran yang tinggi. Turbulensi aliran yang tinggi ini selain disebabkan kecepatan aliran tinggi di dalam saluran juga oleh gangguan aliran oleh sudu pengarah alirah ke ruang pengering.



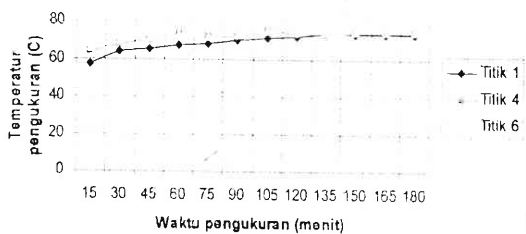
Gambar 2. Titik Pengukuran temperatur pada peralatan pengering.

Distribusi Temperatur Pada Saluran Pengarah dengan Cerobong 15, Pengarah Awal tidak berlubang dan Temperatur referensi 85 C



Gambar 3. Distribusi temperatur pada saluran pengarah dengan cerobong bersudut atap 15° dan pengarah awal tidak berlubang.

Distribusi Temperatur Pada Saluran Pengarah dengan Cerobong 15, Pengarah Awal berlubang dan Temperatur referensi 85 C



Gambar 4. Pengaruh pengarah awal berlubang terhadap distribusi temperatur pada saluran pengarah dengan cerobong bersudut atap 15°.

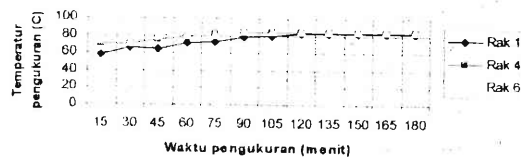
Sedangkan dengan pengarah awal berlubang aliran di saluran pemanas lebih laminar sehingga distribusi temperature sangat teratur dan hampir mendekati seragam pada semua titik, hal ini dapat terjadi karena sebahagian besar massa gas panas hasil pembakaran bahan bakar naik menuju ke pengering melewati lubang-lubang pengarah awal yang dipengaruhi oleh gaya apung. Sehingga massa aliran melalui saluran pemanas sudah sedikit dan menyebabkan aliran menjadi laminar. Karena massa gas panas yang mengalir melalui saluran pengarah kecil dari pada peralatan dengan pengarah awal tidak berlubang dan panas yang di bawa oleh gas panas juga sedikit, maka gradient temperature antara titik 1 dan titik 6 juga tidak begitu besar di dibandingkan dengan yang terjadi pada saluran dengan pengarah awal tidak berlubang.

2 Pengaruh Pengarah Awal Terhadap Distribusi Temperatur pada Ruang Pengering

Pengaruh pengarah awal terhadap distribusi temperatur pada ruang pengering tergantung lewat mana aliran gas panas di lewat. Jika dengan pengarah awal tidak berlubang, aliran gas panas hanya masuk ke ruang pengering dari saluran pengarah pemanas sehingga mempengaruhi pola aliran dan distribusi temperatur di ruang pengering. Hal ini juga terjadi pada pengarah awal berlubang, dengan pengarah awal berlubang saluran masuk gas panas ada 2 jalur yaitu secara vertikal keatas dari lubang-lubang di pengarah awal dan lainnya adalah lewat lubang pengarah samping dari saluran pemanas, dengan demikian pengaruh terhadap pola aliran dan distribusi temperatur di dalam ruang pengering.

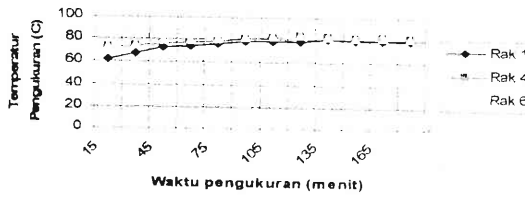
Pengaruh pengarah awal terhadap distribusi temperatur di ruang pengering pada posisi titik pengukuran 5 cm dari dinding saluran pemanas dengan sudut atap cerobong 15° ditunjukkan oleh gambar (5) dan (6). Gambar (5), menjelaskan pola distribusi temperature di ruang pengering dengan pengarah awal tidak berlubang dan gambar (6) menjelaskan pola distribusi temperature di ruang pengering dengan pengarah awal berlubang. Dari gambar (5) dapat kita lihat bahwa keseragaman temperatur antara rak 1 sampai rak 6 dengan pengarah awal tidak berlubang dicapai setelah pemanasan 90 menit, yang mana pada pemanasan gradient temperature antara rak 1 dan rak 6 mencapai 6-7° C.

Distribusi Temperatur Pada Ruang Pengerin tepi (5 cm dari Saluran Pengarah) Cerobong 15 dengan Pengarah Awal Tidak berlubang dan Temperatur referensi 85 C



Gambar 5 Distribusi temperatur di ruang pengering pada posisi 5 cm dari dinding saluran pemanas dengan sudut cerobong 15° dan pengarah awal tidak berlubang.

Distribusi Temperatur Pada Ruang Pengering tepi (5 cm dari Saluran Pengarah) Cerobong 15 dengan Pengarah Awal berlubang dan Temperatur referensi 85 C



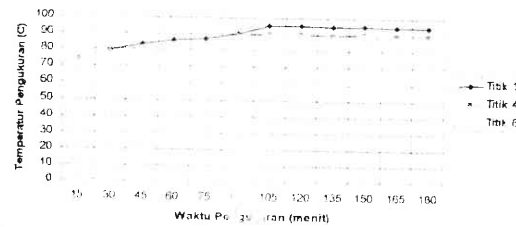
Gambar 6. Pengaruh pengarah awal berlubang terhadap distribusi temperatur di ruang pengering pada posisi 5 cm dari dinding saluran pemanas dengan sudut cerobong 15°.

Sedangkan keseragaman temperatur dengan pengarah awal berlubang dapat dicapai setelah pemanasan 50 menit, seperti terlihat pada gambar (6). Gradient temperature antara rak 1 dan rak 6 pada pemanasan awal sama dengan gradien pada pengarah awal tidak berlubang. Keseragaman temperatur ini yang diinginkan untuk proses pengeringan dan hal ini merupakan pengaruh sudut atap cerobong pembuangan gas buang. Keseragaman temperatur antar rak di ruang pengeringan ini merupakan hal yang di tuju pada kakian ini.

3 Pengaruh Pengarah Awal Terhadap Distribusi Temperatur pada Cerobong

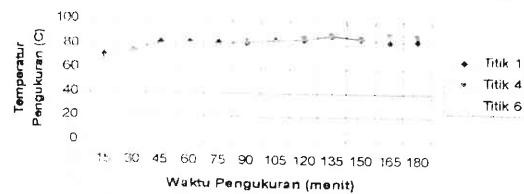
Pola aliran pada cerobong asap juga dipengaruhi oleh bentuk pengarah awal yang berlubang atau tidak berlubang. Distribusi temperatur pada cerobong pembuangan gas panas dari pengering dengan sudut atap cerobong 15° dijelaskan pada gambar (7) dan gambar (8). Gambar (7) memperlihatkan pola distribusi temperatur pada cerobong dengan pengarah awal tidak berlubang dan gambar (8) menjelaskan pola distribusi temperature untuk pengering dengan pengarah awal berlubang. Dari gambar (7) nampak bahwa gradien temperatur antara titik 1 sampai titik 6 dengan pengarah awal tidak berlubang mencapai capai 15-21°C.

Distribusi Temperatur Pada Cerobong 15 dengan Pengarah Awal tidak berlubang dan Temperatur referensi 85 C



Gambar 7. Distribusi temperature di cerobong dengan sudut 15° dan pengarah awal tidak berlubang.

Distribusi Temperatur Pada Cerobong 15 dengan Pengarah Awal berlubang dan Temperatur referensi 85 C



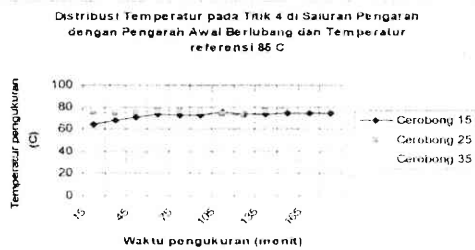
Gambar 8. Pengaruh pengarah awal berlubang terhadap distribusi temperature di cerobong dengan sudut 15°.

Gambar (8) menunjukkan distribusi temperature pada cerobong dengan pengarah awal berlubang yang mana distribusi temperature agak teratur dengan temperatur titik 1 dan 4 agak sama, sedang dengan temperature di titik 6 jauh di bawah temperature titik di titik 1 dan 4. Gradient temperature antara titik 1 dan titik 6 mencapai 12-15°C.

Pengaruh Sudut Cerobong Terhadap Distribusi Temperatur

Hasil pengukuran temperatur di setiap saluran yang saling mempengaruhi terhadap cerobong bersudut 15°, 25° dan 25°, menunjukkan bahwa sudut atap cerobong gas buang sangat menentukan pola aliran dan distribusi temperatur baik di dalam saluran pengarah/pemanas, di dalam ruang pengering maupun di cerobong gas panas keluar. Disamping mempengaruhi pola aliran gas panas, besarnya sudut atap cerobong ini juga menentukan besarnya gradien temperatur antara titik yang berbeda letaknya secara vertikal di dalam saluran pemanas, di ruang pengering maupun di dalam cerobong gas panas sisa.

1 Pengaruh Sudut Cerobong Terhadap Distribusi Temperatur pada Saluran Pengarah/Pemanas



Gambar 9. Pengaruh sudut cerobong terhadap distribusi temperatur pada saluran pengarah (pemanas) dengan pengarah awal berlubang.

Dengan pengarah awal tidak berlubang distribusi temperatur di dalam saluran pengarah/pemanas pada sudut atap 15° agak teratur dan pola aliran laminar. Akan tetapi berbeda dengan sudut atap 25° dan 35° dimana distribusi temperatur tidak teratur dan pola aliran pun agak turbulensi. Sedangkan dengan pengarah awal berlubang distribusi temperatur di dalam saluran pengarah/pemanas pada sudut atap 15° , 25° dan 35° agak teratur dan pola aliran laminar.

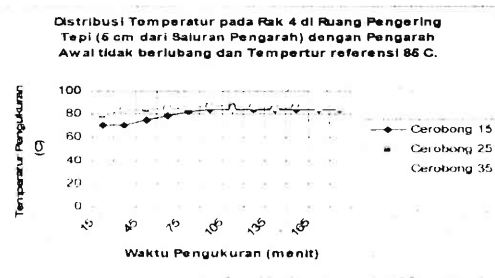
2. Pengaruh Sudut Cerobong Terhadap Distribusi Temperatur pada Ruang Pengering

Sudut atap cerobong gas buang sangat menentukan pola aliran dan distribusi temperatur di dalam ruang pengering. Disamping mempengaruhi pola aliran gas panas, besarnya sudut atap cerobong ini juga menentukan besarnya gradien temperatur antara titik yang berbeda letaknya secara vertikal di ruang pengering.

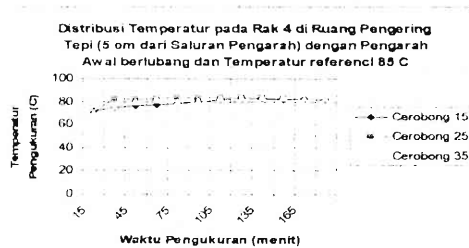
Pengaruh Sudut Cerobong Terhadap distribusi temperatur pada posisi pengukuran 5 cm dari dinding pemanas

Gambar (10) menunjukkan distribusi temperatur pada ruang pengering dengan pengarah awal tidak berlubang di posisi pengukuran 5 cm dari dinding pemanas

dengan variasi sudut atap cerobong. Gambar (11) menunjukkan distribusi temperatur pada ruang pengering dengan pengarah awal berlubang di posisi pengukuran 5 cm dari dinding pemanas dengan variasi sudut atap cerobong.



Gambar 10 Pengaruh sudut cerobong terhadap distribusi temperature pada ruang pengering di posisi 5 cm dari dinding saluran pengarah dan dan pengarah awal tidak berlubang.



Gambar 11 Pengaruh sudut cerobong dan pengarah awal tidak berlubang terhadap distribusi temperature pada ruang pengering di posisi 5 cm dari dinding saluran pengarah.

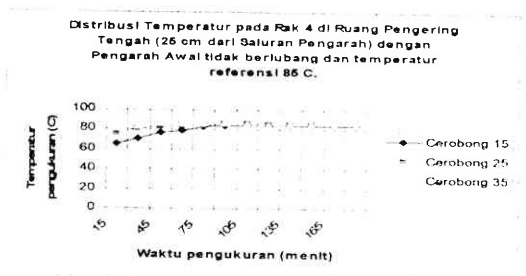
Dengan pengarah awal tidak berlubang seperti ditunjukkan gambar (10), bahwa pada awal pemanasan distribusi temperatur agak berbeda diantara besaran sudut atap, akan tetapi setelah pemanasan mencapai 100 menit distribusi temperatur pada ketiga variasi besaran sudut cenderung menuju sama.

Kecenderungan kesamaan distribusi temperatur ini setelah sekian lama pemanasan karena pemanasan ini telah mencapai keadaan stedi. Dengan demikian sebelum keadaan stedi pengaruh besaran sudut atap cerobong mempengaruhi distribusi temperature diruang pengering pada titik ukur 5 cm dari dinding pemanas.

Sedangkan dengan pengarah awal berlubang seperti ditunjukkan gambar (11), bahwa pada awal pemanasan distribusi temperatur agak berbeda diantara besaran sudut atap, akan tetapi setelah pemanasan mencapai 55 menit distribusi temperatur pada ketiga variasi besaran sudut cenderung menuju sama. Dengan demikian sebelum keadaan stedi pengaruh besaran sudut atap cerobong dan pengarah awal berlubang juga mempengaruhi distribusi temperature diruang pengering pada titik ukur 5 cm dari dinding pemanas.

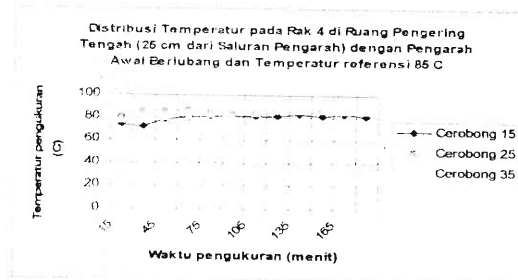
Pengaruh Sudut Cerobong Terhadap distribusi temperatur pada posisi pengukuran 25 cm dari dinding pemanas

Gambar (12) memperlihatkan distribusi temperatur pada rak 4 yang jarak ukur 25 cm dari dinding saluran pemanas untuk ketiga sudut cerobong. Gradien temperature di ketiga tipe cerobong lebih kecil dari posisi pengukuran 5 cm dari dinding saluran pemanas, ini terjadi karena gerakan gas panas di posisi ini lebih stabil akibat posisi pengukuran jauh dari lubang masuk pada dinding saluran pemanas dan keseragaman temperatur dari ketiga cerobong juga lebih cepat yaitu 75 menit dari awal pemanasan. Sedangkan Gambar (13) menunjukkan distribusi temperatur pada ruang pengering dengan pengarah awal berlubang di posisi pengukuran 25 cm dari dinding pemanas dengan variasi sudut atap cerobong.



Gambar 12. Pengaruh sudut cerobong terhadap distribusi temperature pada ruang pengering di posisi 25 cm dari dinding saluran pengarah dan dan pengarah awal tidak berlubang.

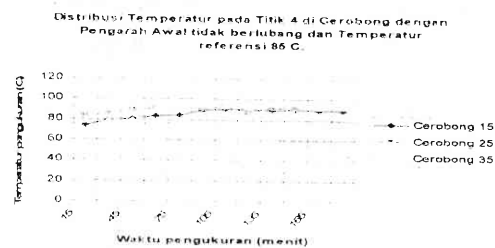
Dengan pengarah awal berlubang pada awal pemanasan gradien temperature di ketiga tipe cerobong hampir sama dengan yang terjadi pada pengarah awal tidak berlubang dan sampai akhir pemanasan masih terjadinya gradien temperatur antara cerobong 15° dan cerobong 25° dan 35°, ini menunjukkan disamping sudut cerobong, pengarah awal berlubang juga mempengaruhi distribusi tempertur di ruang pengering.



Gambar 13. Pengaruh sudut cerobong dan pengarah awal tidak berlubang terhadap distribusi temperature pada ruang pengering di posisi 25 cm dari dinding saluran pengarah.

Pengaruh Sudut Cerobong Terhadap Distribusi Temperatur pada Cerobong

Gambar (14) menunjukkan distribusi temperature pada ketiga tipe sudut atap cerobong di titik 4 dengan pengarah awal tidak berlubang. Sedangkan gambar (15) menunjukkan distribusi temperature pada ketiga tipe sudut atap cerobong di titik 4 dengan pengarah awal berlubang. Dari kedua gambar tersebut dapat kita lihat bahwa jenis aliran gas panas kurang laminar sehingga distribusi temperatur di ketiga jenis carobong ini kurang teratur.



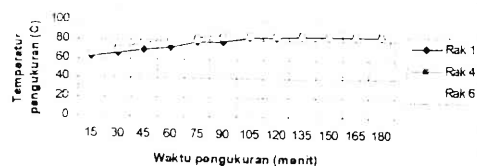
Gambar 14. Distribusi temperatur di titik 4 pada cerobong dengan pengarah awal tidak berlubang.

Distribusi Temperatur pada titik 4 di Cerobong dengan Pengarah Awal Berlubang dan Temperatur referensi 85 C.



Gambar 15. Distribusi temperatur di titik 4 pada cerobong dengan pengarah awal berlubang.

Distribusi Temperatur Pada Ruang Pengerin tengah (25 cm dari Saluran Pengarah) Cerobong 15 dengan Pengarah Awal Tidak berlubang dan Temperatur referensi 85 C



Gambar 16 Distribusi temperatur di ruang pengering pada posisi 25 cm dari dinding luar saluran pemanas dengan cerobong sudut 15° dan pengarah tidak awal berlubang.

Penentuan Sudut Cerobong pada Sistem Peralatan Pengering Yang Dirancang

Penentuan sudut cerobong pada sistem peralatan pengering yang dirancang ini dapat kita tentukan dengan melihat distribusi temperatur ukur yang paling seragam atau terdistribusi merata di setiap rak yang terjadi di ruang pengering pada ketiga cerobong tersebut. Distribusi temperatur pada ruang pengering di ukur pada 2 posisi di setiap rak untuk kedua jenis pengarah, yaitu pada posisi titik 5 cm dari dinding dalam saluran pemanas dan posisi lain adalah pada titik berjarak 25 cm dari dinding luar saluran pemanas. Berdasarkan distribusi temperature ukur yang terjadi di dalam ruang pengering untuk ketiga sudut cerobong, maka didapat hasil bahwa peralatan pengering dengan cerobong bersudut 15° dapat menghasikan distribusi temperatur yang teratur, gradient temperature yang terjadi kecil di awal pemanasan dan setelah kestabilan tercapai distribusi temperature menjadi seragam di setiap rak dalam ruang pengering.

Distribusi temperatur ukur di ruang pengering pada posisi titik 25 cm dari dinding luar saluran pemanas dengan sudut atap cerobong 15° dijelaskan pada gambar (16) dan gambar (17). Gambar (16) untuk pengering dengan pengarah awal tidak berlubang dan gambar (17) menjelaskan pola distribusi temperature untuk pengering dengan pengarah awal berlubang. Dari gambar (16) menjelaskan bahwa keseragaman temperatur antara rak 1 sampai rak 6 dengan pengarah awal tidak berlubang dicapai setelah pemanasan 90 menit, yang mana pada pemanasan awal gradient temperature antara rak 1 dan rak 6 mencapai 3-4 °C.

Distribusi Temperatur Pada Ruang Pengerin tengah (25 cm dari Saluran Pengarah) Cerobong 15 dengan Pengarah Awal berlubang dan Temperatur referensi 85 C



Gambar 17 Distribusi temperatur di ruang pengering pada posisi 25 cm dari dinding luar saluran pemanas dengan cerobong sudut 15° dan pengarah awal berlubang.

Sedangkan keseragaman temperatur dengan pengarah awal berlubang seperti ditunjukkan gambar (17) dapat dicapai setelah pemanasan 40 menit. Gradient temperatur antara rak 1 dan rak 6 pada pemanasan awal sekitar 1-2. °C.

Analisa Karakteristik Perpindahan Panas

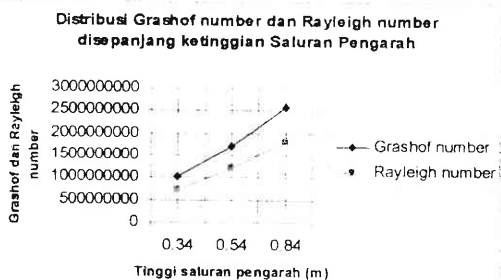
Mengalirnya gas asap hasil pembakaran melalui bagian-bagian sistem pemanas pada peralatan pengering/pengasapan ini, menyebabkan terjadinya karakteristik perpindahan panas. Gas panas mengalir akibat adanya gaya apung, yang terjadi akibat adanya perbedaan densitas fluida gas asap. Berdasarkan temperatur yang telah didapatkan pada titik-titik pengukuran, maka dengan menggunakan rumus-rumus yang telah dibahas pada bab 2, dihitung karakteristik perpindahan panas local yang terjadi pada peralatan pengering/pengasapan bersudut atap cerobong 15° dan temperatur referensi 85° disepanjang ketinggian karakteristik bahagian-bahagian tersebut (atau dalam arah y), hasilnya ditabelkan dan dibuat dalam bentuk grafik, selanjutnya grafik hasil dikaji daerah yang saling mempengaruhi antar daerah tersebut.



1 Karakteristik Perpindahan Panas pada Saluran pengarah

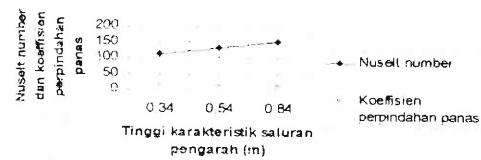
Gambar (18) menunjukkan Distribusi Grashof number dan Rayleigh number disepanjang ketinggian saluran pengarah. Dari grafik gambar (18), dapat dilihat bahwa angka Grashof naik mendekati berbanding lurus dengan naiknya ketinggian saluran pengarah. Ketidak linearan ini dipengaruhi oleh gradien temperatur yang berbeda di ketinggian saluran 0,54 m. Dari grafik gambar (18), juga dapat dilihat bahwa aliran yang terjadi disepanjang ketinggian saluran pengarah adalah dimulai dengan aliran transisi di dasar saluran dan berubah ke aliran turbulen. Naiknya ketinggian saluran pengarah atau naiknya angka Grashof akan menaikkan angka Rayleigh (Rayleigh number). Angka Rayleigh yang merupakan fungsi Gr_L dan Pr naik mendekati berbanding lurus dengan meningkatnya tinggi saluran pengarah.

Gambar (19) menunjukkan Distribusi Nusselt number dan koefisien perpindahan panas disepanjang ketinggian saluran pengarah. Dari grafik gambar (19), dapat dilihat bahwa naiknya ketinggian ruang dapur meningkatnya kenaikan angka Nusselt (Nusselt number). Angka Nusselt yang merupakan indikator besarnya laju perpindahan panas konveksi bebas, naik dengan naiknya ketinggian karakteristik saluran pengarah.



Gambar 18 Distribusi Grashof number dan Rayleigh number disepanjang ketinggian saluran pengarah.

Distribusi Nusselt number dan koefisien perpindahan panas disepanjang ketinggian saluran pengarah



Gambar 19 Distribusi Nusselt number dan koefisien perpindahan panas disepanjang ketinggian saluran pengarah.

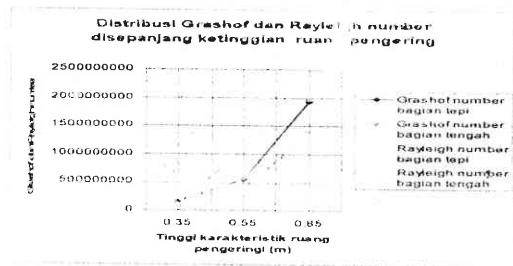
Dari grafik gambar (19), juga dapat dilihat bahwa meningkatnya ketinggian saluran pengarah akan terjadi penurunan besarnya angka koefisien perpindahan panas konveksi disepanjang ketinggian saluran pengarah. Koefisien perpindahan panas konveksi yang merupakan indikator besarnya laju perpindahan panas konveksi bebas menurun secara linear yang menyebabkan perpindahan panas yang terjadi juga menurun.

2 Karakteristik Perpindahan Panas pada Ruang Pengering

- Analisa Perpindahan Panas pada Ruang Pengering bagian tepi

Gambar (20) menunjukkan Distribusi Grashof dan Rayleigh number disepanjang ketinggian ruang pengering. Dari grafik gambar (20), dapat dilihat bahwa ketinggian ruang pengering sangat berpengaruh pada besarnya angka Grashof (Grashoff number) dan angka Rayleigh (Rayleigh number). Angka Grashoff yang merupakan indikator jenis aliran yang terjadi pada perpindahan panas konveksi bebas, naik mendekati garis linear dengan meningkatnya ketinggian ruang pengering. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi temperatur di setiap rak ruang pengering mendekati seragam. Ketidak linearan terjadi akibat gradien temperatur sebesar 3°C antara rak paling atas (rak 1) dan rak paling bawah (rak 6) yang dipengaruhi oleh pembalikan gas panas oleh atap cerobong pada rak 1 dan oleh transper panas pada pengarah awal. Kondisi ideal yang diinginkan adalah distribusi temperatur yang seragam sepanjang ketinggian ruang pengering atau di setiap rak pengering. Pada kasus di atas, dapat dikatakan penyeragaman temperatur hampir berfungsi optimal walaupun ada sedikit ketidak linearan demikian juga dengan fungsi sudut cerobong.

Dari grafik tersebut dapat dilihat juga bahwa garis angka Grashof (Grashoff number) dalam arah x atau yang terjadi pada tepi (0,05 m) dan tengah ruang pengering (0,2 m) hampir dapat dikatakan mendekati sama, walaupun ada sedikit ketidak samaan yang dipengaruhi oleh perbedaan tempera ur sebesar 1 °C pada rak pengering bawah (rak 6) dan rak paling atas (rak 1).

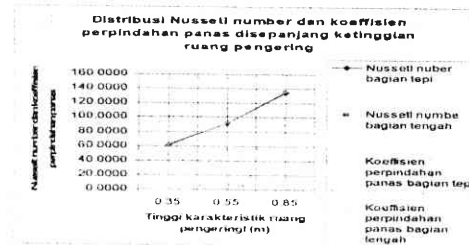


Gambar 20 Distribusi Grashof dan Rayleigh number disepanjang ketinggian ruang pengering.

Dari grafik gambar (20), juga dapat dilihat bahwa dalam ruang pengering jenis aliran yang terjadi adalah aliran turbulen. Angka Rayleigh (Rayleigh number) yang merupakan fungsi Gr dan Pr , naik mendekati garis linear dengan semakin meningkatnya tinggi ruang pengering. Dari grafik tersebut dapat dilihat juga bahwa garis angka Rayleigh (Rayleigh number) dalam arah x atau yang terjadi pada tepi (0,05 m) dan tengah ruang pengering (0,2 m) hampir dapat dikatakan mendekati sama.

Gambar (21) menunjukkan Distribusi Nusselt number dan koefisien perpindahan panas disepanjang ketinggian ruang pengering. Dari grafik gambar (21), dapat dilihat bahwa ketinggian ruang pengering sangat berpengaruh pada besarnya angka Nusselt (Nusselt number). Angka Nusselt yang merupakan indikator besarnya laju perpindahan panas konveksi bebas, naik berbanding lurus dan mendekati garis linear dengan meningkatnya ketinggian ruang pengering. Dari grafik tersebut dapat dilihat juga bahwa garis angka Nusselt (Nusselt number) dalam arah x atau yang terjadi pada tepi (0,05 m) dan tengah ruang pengering (0,2 m) hampir dapat dikatakan mendekati sama.

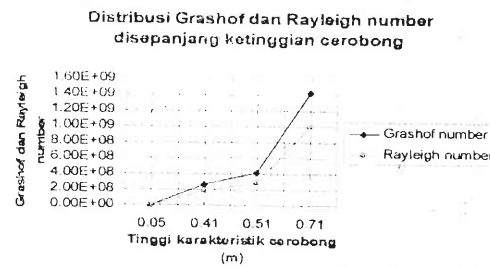
Dari grafik gambar (21), juga dapat dilihat bahwa meningkatnya ketinggian ruang pengering akan terjadi penurunan besarnya angka koefisien perpindahan panas konveksi disepanjang ketinggian saluran pengering. Koefisien perpindahan panas konveksi yang merupakan indikator besarnya laju perpindahan panas konveksi bebas menurun secara linear yang menyebabkan perpindahan panas yang terjadi juga menurun.



Gambar 21 Distribusi Nusselt number dan koefisien perpindahan panas disepanjang ketinggian ruang pengering.

3 Karakteristik Perpindahan Panas pada cerobong

Gambar (22) menunjukkan distribusi Grashof number dan koefisien perpindahan panas disepanjang ketinggian cerobong.



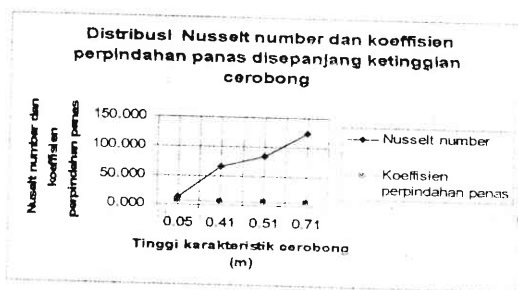
Gambar 22 Distribusi Grashof number dan koefisien perpindahan panas disepanjang ketinggian cerobong.

Dari grafik gambar (22), dapat dilihat bahwa ketinggian cerobong sangat berpengaruh pada besarnya angka Grashof (Grashoff number). Angka Grashoff yang merupakan indikator jenis aliran yang terjadi pada perpindahan panas konveksi bebas, pada ketinggian cerobong 0,05 – 0,41 m naik secara perlahan, hal ini menunjukkan bahwa ada sebagian udara panas yang balik kembali ke ruang pengering akibat pengaruh sudut atap cerobong yang dibuat. Dari ketinggian 0,41 – 0,51 m angka Grashof naik perlahan karena dipengaruhi oleh

geometri sudut atap cerobong. Sedangkan dari ketinggian 0,51 – 0,7 m, naik berbanding lurus dengan ketinggian cerobong.

Dari grafik gambar (22), juga dapat dilihat bahwa dalam ruang cerobong aliran yang terjadi adalah aliran turbulen. Angka Rayleigh (Rayleigh number) yang merupakan fungsi Gr_l dan Pr , pada ketinggian cerobong 0,05 – 0,41 – 0,51 m angka Grashof naik secara perlahan. Sedangkan dari ketinggian 0,51 – 0,7 m, naik tajam dan berbanding lurus dengan ketinggian cerobong.

Gambar (23) menunjukkan distribusi Nusselt number dan koefisien perpindahan panas disepanjang ketinggian cerobong.



Gambar 23 Distribusi Nusselt number dan koefisien perpindahan panas disepanjang ketinggian cerobong.

Dari grafik gambar (23), dapat dilihat bahwa ketinggian ruang cerobong diikuti oleh kenaikan besarnya angka Nusselt (Nusselt number). Angka Nusselt yang merupakan indikator besarnya laju perpindahan panas konveksi bebas, naik dan tidak linear dengan meningkatnya ketinggian cerobong. Hal ini menunjukkan bahwa gradien temperatur di ruang cerobong dipengaruhi oleh geometri sudut atap cerobong.

Dari grafik gambar (23), juga dapat dilihat bahwa pada cerobong bagian bawah atau pada ketinggian cerobong 0,05 – 0,41 m, terjadinya penurunan angka koefisien perpindahan panas secara tajam disepanjang ketinggian tersebut disebabkan sebahagian panas yang menyentuh dinding cerobong bagian bawah balek ke ruang pengering sehingga didapatkan distribusi temperatur di ruang pengering bagian atas merata. Sedangkan pada cerobong bagian atas atau pada ketinggian cerobong 0,41 – 0,71 m, terjadinya kenaikan angka koefisien perpindahan panas secara perlahan disepanjang

ketinggian tersebut karena semua panas sisa pengeringan keluar dari cerobong.

KESIMPULAN

1. Distribusi temperatur pada saluran pemanas dengan pengarah awal berlubang dan tidak berlubang sangat berbeda, ini disebabkan oleh pola aliran yang terjadi terutama pada sudut atap cerobong yang 15° , yang mana turbulensinya lebih besar dengan pengarah awal tidak berlubang.
2. Distribusi temperatur dalam ruang pengering dengan sudut atap cerobong 15° bahwa keseragaman temperatur pada posisi 5cm dari dinding antara rak 1 sampai rak 6 dengan pengarah awal tidak berlubang dicapai setelah pemanasan 90 menit, yang mana pada awal pemanasan gradient temperature antara rak 1 dan rak 6 mencapai $6-7^\circ C$. Sedangkan keseragaman temperatur dengan pengarah awal berlubang dapat dicapai setelah pemanasan 50 menit. Gradient temperature antara rak 1 dan rak 6 pada pemanasan awal sama dengan gradien pada pengarah awal tidak berlubang.
3. Posisi titik 25 cm dari dinding saluran dengan sudut atap cerobong 15° keseragaman temperatur antara rak 1 sampai rak 6 dengan pengarah awal tidak berlubang dicapai setelah pemanasan 90 menit, yang mana pada pemanasan awal gradient temperature antara rak 1 dan rak 6 mencapai $3-4^\circ C$. Sedangkan keseragaman temperatur dengan pengarah awal berlubang dapat dicapai setelah pemanasan 40 menit. Gradient temperature antara rak 1 dan rak 6 pada pemanasan awal sekitar $1-2^\circ C$.
4. Peralatan pengering dengan cerobong bersudut 15° dapat menghasikan distribusi temperatur yang teratur, gradient temperature yang terjadi kecil di awal pemanasan dan setelah kestabilan tercapai distribusi temperature mendekati seragam dalam ruang pengering.
5. Karakteristik perpindahan panas yang terjadi seperti Grashof number, Rayleigh number, Nusselt number, dan koefisien perpindahan panas yang terjadi di dalam peralatan pengering dipengaruhi oleh ketinggian karakteristik, lebar

- karakteristik, dan geometri saluran (sudut saluran).
6. Proses pengasapan/pengeringan terhadap pisang uwak (pisang monyet) dengan menggunakan cerobong sudut 15° , pengarah awal tidak berlubang dan bahan bakar serbuk gergaji, membutuhkan waktu pemanasan 12 jam, dapat menerunkan kadar air pisang sekitar 10 %, disamping rasa pisang sale yang manis, aromanya harum serta warnanya bagus.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bejan, A., *Convection Heat Transfer*, John Wiley & Sons, Inc. 1994.
- [2]. Frank. P. Incopera & David P. Dewitt, *Intrudution to heat Transfer*.
- [3]. Hirota, M., Fujita, H., Syuhada, A., Yanagida, M., and Kajita, A., *Heat /Mass for Sharp 180-Degree Turning Flow in Rectangular Channels with Inclined Paetition Wall. Proc. Of the 5th ASME/JSME Joint Thermal Engineering Cocf. San Diego*, AJTE99-6453 (in CD-ROM). 1999a.
- [4]. Hirota, M., Fujita, H., Syuhada, A., Araki, S., Yanagida, M., and Tanaka, T., *Heat /Mass Transfer Characteristics in Serpentine Flow-Passage with a Sharp Turn, (Influence of Entrance Configuration), Proc. Compact Heat Exchangers and Enhancement Technology for Proces Industries, Banff*, pp. 159-166. 1999b.
- [5]. Hirota, M., Fujita, H., Syuhada, A., Araki, S., Yosida, T. and Tanaka, T., *Heat /Mass Transfer Characteristics in Two-Pass Smooth Channels with a Sharp 180-Degree Turn, Int. J. of Heat and Mass Transfeer*, vol. 42, pp. 3757-3770. 1998.
- [6]. Holman, J.P. *Perpindahan Kalor*, Penerbit Erlangga, Jakarta. 1997
- [7]. Kastoer A Raldi, *Perpindahan Kalor Konveksi*, Laboratorium Perpindahan Kalor Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta, 1998.
- [8]. Kreith Frank, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, terjemahan Arko Prijono, Penerbit Erlangga. 1991.
- [9]. Mills, A. F. *Heat and Mass Transfer*, Richard D. Irwin, INC, Chicago. 1995.
- [10]. Syuhada, A., *Solar heater dengan absorber pasir dan kawat kasa yang dipasang sejajar dengan laluan aliran udara*, Fakultas Teknik Unsyiah. 1992a
- [11]. Syuhada, A., *Performance of a Direct Type Solar Copra Dyer*, prosiding Seminar Hasil Penelitian SDPF, HEDS-DIKTI-IICA, 29 juni-1 Juli 1993. 1993.
- [12]. Syuhada, A., *Peralatan Penyeragam Temperatur untuk Lemari Pengering Dengan Menggunakan Bahan Bakar Briket Batu Bara*, Lab. Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin Unsyiah. 2000b.
- [13]. Syuhada, *Saluran Udara Panas untuk Lemari Pengering dengan menggunakan Bahan Bakar Gas*, Lab. Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin Unsyiah. 2000c.
- [14]. Syuhada, *Sistem Pengering Ikan dengan Menggunakan Bahan Bakar Gas sebagai Energi Pen ering*, Lab. Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin Unsyiah. 2002.
- [15]. Syuhada, A., *Heat (Mass) Transfer Characteristics in Rectangular Serpentine Channels with a Sharp Turn*, Nagoya University. 2000a
- [16]. Syuhada, *Sistem dan Peralatan Pengering Kayu dengan Menggunakan Bahan Bakar Ampas Serbuk Kayu*, Lab. Teknik Konversi Energi, Teknik Mesin Unsyiah. 2001.
- [17]. Tanda, G. *Natural Convection Heat Transfer in Vertical Channels with and without Transverse Square Ribs, Int. Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 40, No. 9, pp. 2173-2185*, Pergamon-Elsevier, Oxford, U.K. 1997.
- [18]. Winarno, F. G., (1993), *Pengantar Teknologi Bahan*, PT. Gramedia, Jakarta. 1993.