

## **Kaji Karakteristik Distribusi Temperatur dan Perpindahan Panas pada Peralatan Pengeringan Bertingkat**

**Ahmad Syuhada & Ratna Sary**

Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala. Darussalam - Banda Aceh

Email: Syuhada\_mech@yahoo.com

### **Abstrak**

*Pemanfaatan energi panas matahari untuk digunakan pada proses pengeringan masih menghadapi berbagai kendala, yang berupa perubahan cuaca dan musim yang menyebabkan penyerapan energi matahari tidak optimal. Salah satu solusi untuk mengatasi hal ini adalah memanfaatkan energi panas dari hasil pembakaran bahan bakar, sebagai energi panas peneringan. Agar pemanfaatan energi panas hasil pembakaran secara maksimal pada kapasitas pengeringan yang besar, diperlukan sistem pengeringan yang bertingkat. Untuk pengeringan bertingkat perlu dihindari fluktuasi panas yang tidak seragam di setiap tingkat pengering. Jika ini terjadi akan mengakibatkan menurunnya kualitas hasil pengeringan. Untuk itu, keseragaman temperatur di dalam ruang pengeringan merupakan hal yang mutlak diperlukan. Pada studi ini telah dibuat suatu peralatan uji untuk pengasapan pisang/ikan, yang dilengkapi dengan saluran udara pemanas dan pengarah aliran udara panas dari pembakaran bahan bakar. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, maka pada kajian ini dilakukan dua tahap proses penelaahan yaitu kajian secara eksperimental dan kemudian pemodelan distribusi temperatur yang dilakukan secara numerik. Pada kajian eksperimental yang dilakukan pengukuran temperatur pada titik-titik tertentu di dalam peralatan, selanjutnya pemodelan distribusi temperatur dilakukan dengan menggunakan bantuan software Ansys versi 5.4 dalam bentuk dua dimensi. Dari hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan suatu gambaran tentang distribusi temperatur dan pola aliran udara panas pada peralatan pengeringan, yang dapat digunakan sebagai suatu informasi dasar dalam perencanaan maupun penelitian lanjutan untuk peralatan pengeringan yang menggunakan saluran udara pemanas.*

*Kata Kunci : Pengeringan, karakteristik perpindahan panas, distribusi temperatur, saluran udara pemanas, saluran pengarah.*

### **A. PENDAHULUAN**

Penggunaan energi panas matahari untuk proses pengeringan telah berkembang pesat. Walaupun demikian, pemanfaatan energi panas matahari yang digunakan untuk proses pengeringan hasil-hasil pertanian dan kelautan masih menghadapi berbagai masalah, di antaranya adalah perubahan cuaca dan musim. Salah satu solusi untuk mengatasi hal ini adalah memanfaatkan energi panas hasil pembakaran dari bahan bakar.

Agar pemanfaatan energi panas hasil pembakaran secara maksimal, diperlukan suatu peralatan penukar panas dan lemari pengering sebagai media (tempat) terjadinya proses pengeringan. Namun, di dalam lemari pengering harus dihindari terjadinya fluktuasi panas yang tidak seragam yang diterima dari proses pembakaran bahan bakar, jika ini terjadi akan mengakibatkan menurunnya kualitas hasil pengeringan karena terjadinya pemanasan yang berlebih di daerah tertentu pada bahan yang dikeringkan. Untuk mendapatkan distribusi panas yang mendekati seragam di dalam lemari pengering, maka perlu dilakukan kajian tentang karakteristik perpindahan panas dari hasil pembakaran pada peralatan tersebut.

Pada kajian ini dibuat suatu peralatan pengasapan pisang dengan menggunakan saluran udara pemanas dan pengarah aliran udara panas yang dihasilkan dari pembakaran bakar. Kelebihan alat ini yaitu hemat tenaga kerja, dapat dioperasikan bebas hambatan cuaca

(iklim), dan dapat diatur temperatur pengasapan yang konstan. Untuk mendapatkan suatu peralatan yang efektif maka diperlukan kaji karakteristik perpindahan panas pada sistem peralatan tersebut sehingga dapat diketahui pengaruh penggunaan saluran udara pemanas terhadap distribusi temperatur didalam lemari pengering.

Kajian perpindahan panas pada suatu sistem peralatan terutama yang berdimensi lebih dari satu rumit untuk dilakukan. Oleh karena itu, metode numerik menjadi pilihan untuk menyelesaikan kasus ini, yang menyangkut sistem dengan sifat-sifat fisik yang kompleks dan syarat batas yang tidak seragam. Pemakaian metode ini biasanya memerlukan banyak waktu terutama apabila dilakukan secara manual, tetapi dengan semakin berkembangnya teknologi komputerisasi maka penyelesaian secara numerik sudah sangat mudah dan cepat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak (software) komputer.

Perpindahan panas yang terjadi didalam lemari pengering dipengaruhi oleh distribusi temperatur pada ruang bakar bagian atas (pengarah alian), saluran udara pemanas dan cerobong asap. Namun, pada penelitian ini analisa perpindahan panas dibatasi pada pengarah awal, saluran udara pemanas dan lemari pengering. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal, maka pada penelitian ini dilakukan dua tahap proses penelitian yaitu kajian secara eksperimental dan pemodelan distribusi temperatur yang dilakukan secara numerik. Pada kajian eksperimental dilakukan pengukuran temperatur pada peralatan dan pemodelan distribusi temperatur pada peralatan dilakukan dengan menggunakan bantuan software Ansys versi 5.4 dalam bentuk dua dimensi. Sebagai data awal untuk input data temperatur di dalam pemodelan didapatkan dari hasil pengujian eksperimental.

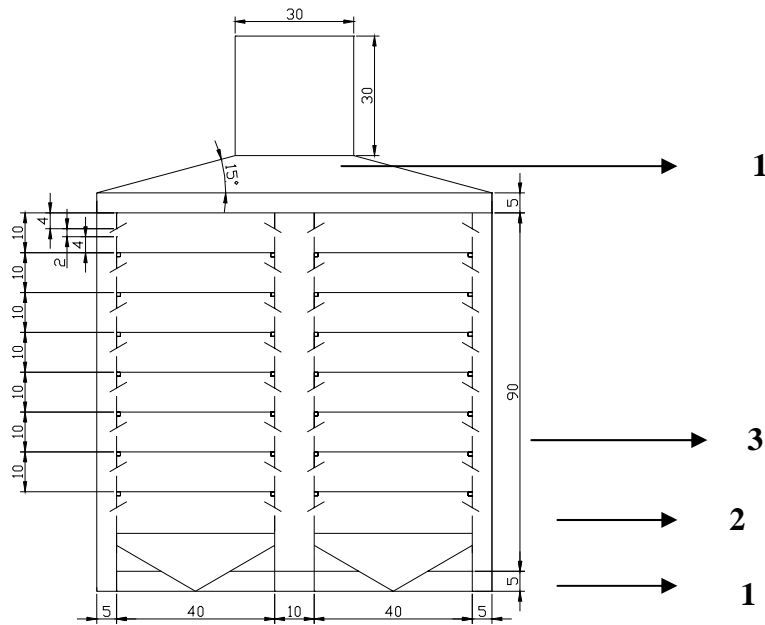
Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan suatu gambaran distribusi temperatur dan pola aliran udara pemanas pada peralatan pengasapan pisang yang dapat digunakan sebagai suatu informasi dasar dalam perencanaan maupun penelitian selanjutnya pada suatu peralatan pengasapan/pengeringan yang menggunakan saluran udara pemanas.

## **B. METODE PENELITIAN**

Pada penelitian ini, kajian yang dilakukan adalah karakteristik distribusi temperatur. Hal ini dilakukan untuk memprediksi perpindahan panas di dalam peralatan pengeringan bertingkat. Untuk itu diperlukan pengukuran temperatur pada titik tertentu di dalam peralatan. Peralatan yang digunakan untuk kajian ini berupa unit pengering yang terdiri dari 5 bagian utama, seperti diperlihatkan pada gambar 1.

Lemari pengeringan adalah tempat untuk meletakkan objek yang akan dikeringkan. Lemari pengasapan ini berukuran 100 x 100 x 100 cm.. Saluran aliran gas panas yang terdapat pada bagian tengah dan tepi lemari (1 pada gambar 1). Pada dinding saluran terdapat lubang untuk laluan aliran masuknya gas panas ke dalam lemari pengering (2). pengarah awal aliran untuk mengarahkan aliran gas asap dari dapur masuk ke saluran aliran pemanas.(3).Saluran aliran panas ini berfungsi untuk membagikan aliran fluida panas sebagai penyeragam temperatur udara panas di lemari pengasapan (2). Saluran udara panas terletak pada bagian samping dan tengah lemari pengasapan, sedangkan pengarah awal aliran terletak antara lemari pengasapan dengan ruang pembakaran (3).

Pada bagian atas lemari pengering dilengkai cerobong asap dengan sudut kemiringan atap bervariasi 15°, 25° dan 35°, lobang pembuangh dibuat dengan ukuran 30 x 30 cm yang berfungsi sebagai laluan pembuang gas panas sisa pengeringan, ini dibuat agar aliran gas panas didalam lemari dapat bersirkulasi dengan baik.

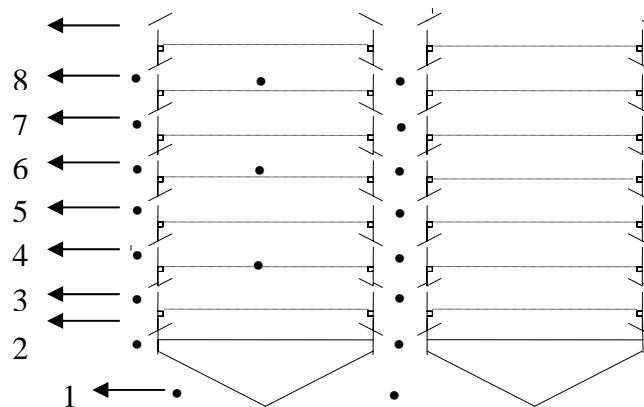


Gambar 1 Peralatan uji secara skematik

Keterangan Gambar :

1. Saluran tengah
2. Saluran tepi
3. Pengarah awal aliran

Pengukuran temperatur pada peralatan ini dilakukan selama delapan jam proses pengeringan. Titik-titik pengukuran di dalam peralatan diperlihatkan pada gambar 2



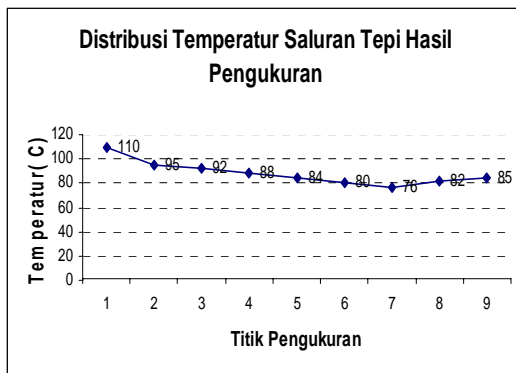
Gambar 2 Titik pengukuran temperatur

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

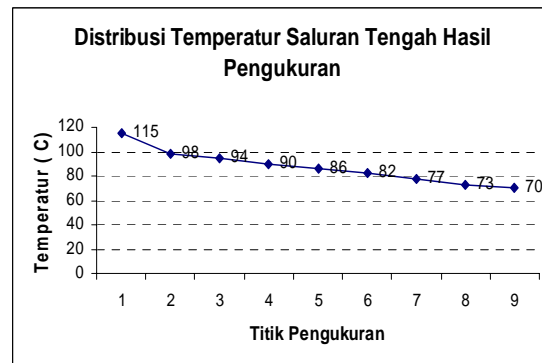
#### Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian pengukuran temperatur distribusi gas panas di dalam peralatan pengeringan telah diperoleh Pengukuran temperatur tersebut dilakukan selama 8 jam dengan selanjutnya pengukuran 30 menit. Hasil pengukuran setelah diolah dapat dilihat seperti pada gambar 3 dan 4

Gambar 3 menunjukkan distribusi temperatur gas panas asap disepanjang saluran tepi, terlihat penurunan temperatur udara terjadi pada pengarah awal aliran hingga memasuki saluran. Di dalam saluran temperatur udara berangsur turun hingga pada saluran aliran masuk ke enam mencapai temperatur 78 °C, penurunan ini disebabkan panas masuk keruang pengeringan. Tetapi dari titik 7 hingga ke 8, temperatur gas panas kembali naik hingga mencapai temperatur 85 °C. Penurunan temperatur udara yang cepat pada pengarah awal menuju saluran sebanding dengan perubahan densitasnya dan udara bergerak naik akibat gaya apung pada laju aliran massa gas asap didaerah tersebut. Di dalam saluran terjadi turbulensi aliran udara akibat pengarah aliran yang mengarahkan sebagian udara masuk ke lemari pengasapan yang menyebabkan terjadinya tahanan aliran sehingga laju penurunan temperatur mengecil.



Gambar 3. Distribusi temperatur saluran tepi setelah 2 jam pemanasan



Gambar 4 Distribusi temperatur saluran tengah setelah 2 jam pemanasan

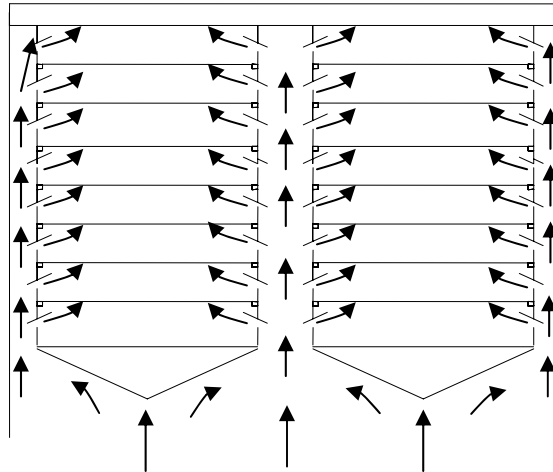
Pada gambar 4 menunjukkan distribusi temperatur di sepanjang saluran udara pemanas bagian tengah. Fenomena yang terjadi sama halnya dengan saluran bagian tepi, namun yang membedakan adalah temperatur udara pada daerah pengarah 7 hingga menuju outlet saluran tidak naik seperti pada saluran tepi. Hal ini diakibatkan bentuk atap yang tidak menutupi saluran sehingga tahanan aliran kecil.

#### Prediksi Pola Aliran Fluida di dalam Saluran

Dari bentuk geometri saluran dan hasil yang didapat dari uji eksperimental distribusi temperatur pada saluran udara pemanas peralatan pengasapan pisang ini, dapat kita buat suatu prediksi pola aliran udara panas yang melalui saluran tepi dan tengah udara pemanas. Prediksi pola aliran ini dibuat berdasarkan prinsip gerak naik fluida akibat gaya apung yang terjadi pada perpindahan panas konveksi alamiah.

Pada gambar 5, garis berarah anak panah merupakan prediksi arah aliran gas pemanas dari aliran menuju pengarah awal aliran hingga ke outlet saluran. Gas asap panas hasil pembakaran bahan bakar diruang bakar naik keatas secara alamiah karena adanya gaya

apung seperti ditunjukkan oleh gambar 5. Kemudian, berbelok mengikuti arah dari pengarah awal aliran menuju inlet saluran. Di dalam saluran, sebagian gas panas naik menuju outlet dan sebagian dibelokkan oleh pengarah ke dalam lemari pengasapan yang berisi rak dan bahan (pisang). Dengan demikian, turbulensi aliran yang diinginkan terjadi sehingga temperatur udara didalam lemari pengering menjadi seragam.

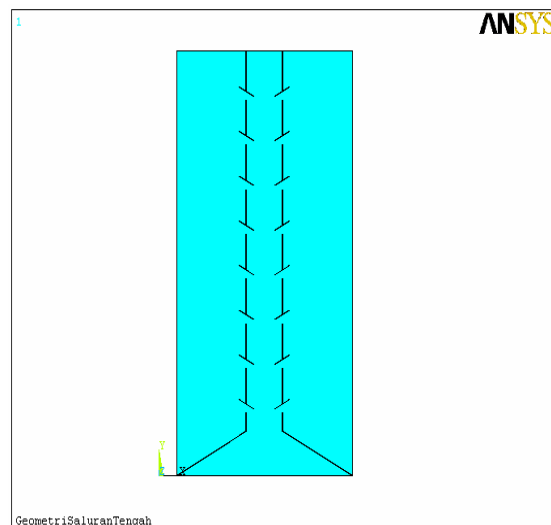
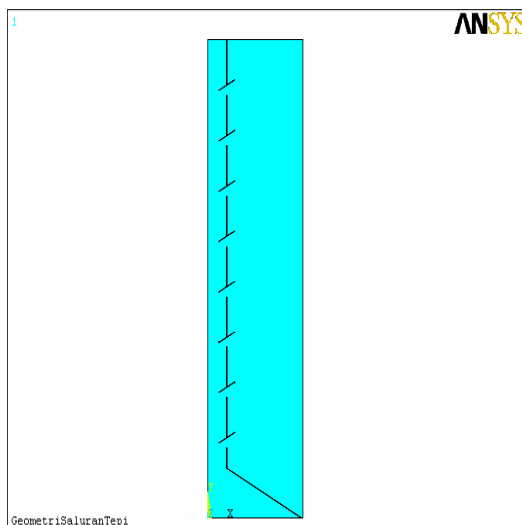


Gambar 5 Prediksi pola aliran udara pemanas

### **Pemodelan Pada ANSYS**

Pemodelan dilakukan untuk mengkaji distribusi temperatur serta pola aliran di dalam saluran udara pemanas pada peralatan pengasapan pisang sale. Analisa yang digunakan dari produk ANSYS adalah Analisa thermal yang dapat menyelesaikan kasus analisa pola aliran fluida dan distribusi temperatur untuk bidang 2 dan 3 dimensi.

Geometri pemodelan saluran tepi dan saluran dibuat dalam bentuk 2 dimensi, pada saluran tepi seperti yang ditunjukkan pada gambar 6, model saluran dibuat dengan potongan simetris lemari pengasapan yang bertujuan untuk mendapatkan pola kontur distribusi temperatur saluran dengan lemari pengasapan. Pada saluran bisa dilihat pengarah aliran yang bertujuan mengarahkan sebagian dari aliran udara panas masuk ke lemari pengasapan. Gambar 7 menunjukkan bentuk pemodelan saluran tengah. Pada gambar dilihat bahwa saluran tengah terdiri dari dua pengarah dan dua potongan lemari pengasapan.

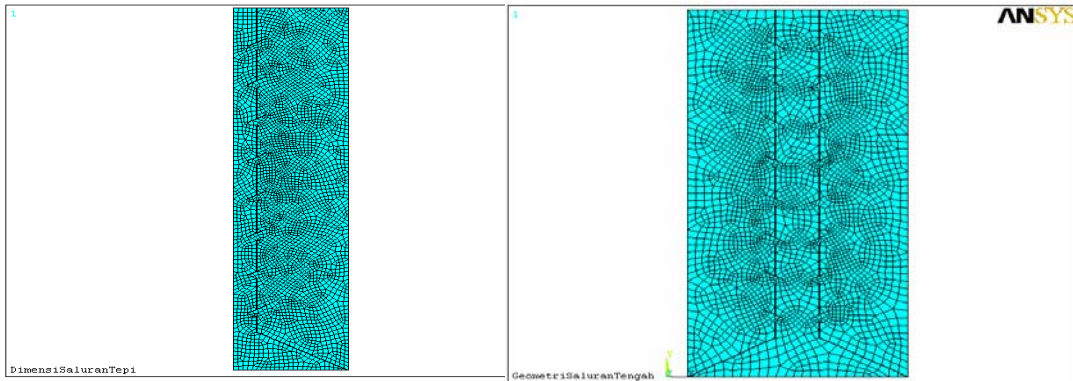


Gambar 6 Pemodelan saluran tepi

Gambar 7 Pemodelan saluran tengah

### **Penentuan nodal dan element area ( meshing element)**

Dalam penentuan kondisi batas biasanya digunakan dengan memasukkan batas-batas kondisi yang kita inginkan pada garis dan nodal geometri. Untuk itu, sebelum menentukan kondisi batas dalam analisa numerik, maka terlebih dahulu kita membuat *meshing element* model untuk menentukan titik-titik nodal pada area pemodelan. Metode *meshing element* yang digunakan adalah *Tetrahedral* dengan tipe *p-element*.



Gambar 8 Meshing element di saluran tepi    Gambar 9 Meshing element di saluran tengah

Gambar 8 dan 9 menunjukkan hasil *meshing element* pada model geometri saluran tepi dan saluran tengah. Pada pemodelan geometri saluran tepi memiliki 11.785 nodal dan 3898 element area, sedangkan pada pemodelan geometri saluran tengah memiliki 10.940 nodal dan 3663 element area.

### **Hasil Simulasi Pemodelan**

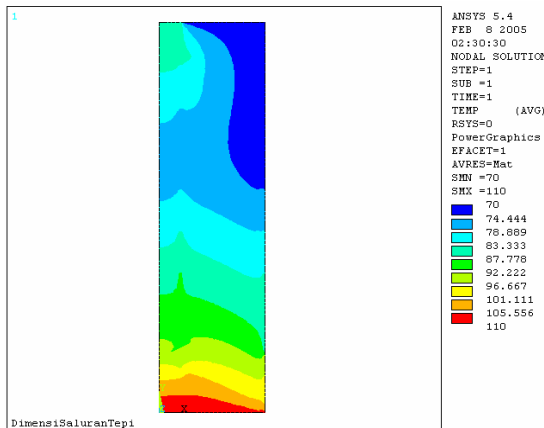
Pemodelan saluran tepi dan saluran tengah dengan metode simulasi merupakan suatu pendekatan yang diharapkan hasil distribusi temperatur akurat. Pada pembahasan kaji eksperimental pada peralatan pengasapan, didapatkan hasil distribusi temperatur pada kedua saluran udara pemanas. Namun untuk mengetahui karakteristik perpindahan panas disepanjang saluran tersebut terhadap lemari pengasapan maka pemodelan simulasi merupakan salah satu cara untuk memecahkannya. Dari hasil pembahasan komputasi numerik, kita bisa membandingkan hasil yang didapat dengan hasil uji ekperimental.

### **Distribusi temperatur saluran tepi**

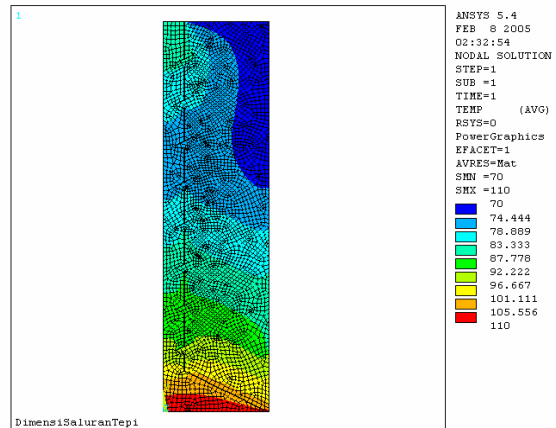
Dari hasil simulasi dengan pemodelan saluran, diperoleh kontur distribusi temperatur pada saluran udara pemanas seperti ditunjukkan oleh gambar 10 dan 11. Kontur distribusi temperatur menunjukkan hasil temperatur disepanjang saluran dan sebagian lemari pengasapan, temperatur di saluran lebih tinggi dari di lemari pengasapan, ini karena panas mengalir masuk oleh sirip pengarah, selain itu dilemari juga terdapat Beban (pisang) yang menyerap panas dari gas asap. Diujung saluran (Outlet) temperatur mengalami kenaikan hingga 85 °C, sedangkan didalam lemari mendekati konstan antara 74 – 78 °C. Hal ini

disebabkan seperti pada keterangan hasil pengujian, yaitu tahanan aliran yang besar karena bentuk atap yang mempengaruhi peningkatan temperatur tersebut.

Distribusi temperatur di saluran menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dengan hasil pengukuran, dimana hasilnya dapat dilihat pada grafik distribusi temperatur pada gambar 11.



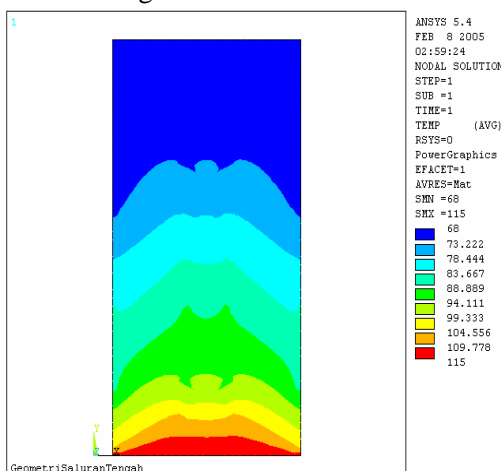
Gambar 10. Kontur distribusi temperatur saluran tepi



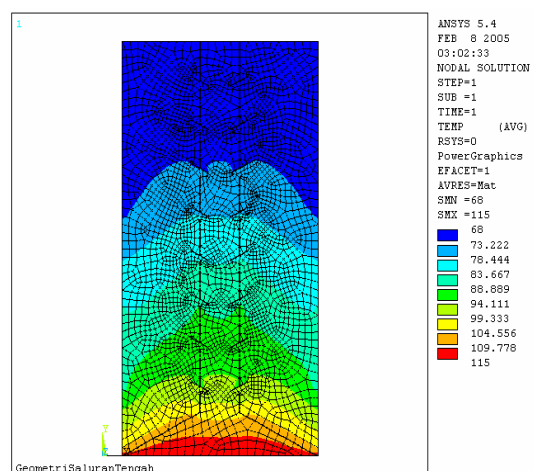
Gambar 11 Kontur distribusi temperatur saluran tepi dengan element

### Distribusi Temperatur Saluran Tengah

Di saluran tengah, kontur distribusi temperatur dapat dilihat pada gambar 12 dan 13. Kontur temperatur masuk mengikuti bentuk pengarah awal hingga ke pengarah enam. Disaluran ini temperatur terus menurun hingga di outlet saluran, tidak seperti pada saluran tepi yang mengalami kenaikan temperatur. Namun, Mulai dari pengarah keenam disaluran dan dilemari, temperatur menunjukkan keseragaman antara 68 °C -72 °C. Tidak seperti disaluran tepi yang dioutlet salurannya memiliki range temperatur yang sampai 10 °C antara saluran dengan lemari



Gambar 12 Kontur distribusi temperatur disaluran tengah tanpa elemen



Gambar 13 Kontur distribusi temperatur disaluran tengah dengan elemen

Gambar 13 ditunjukkan grafik distribusi temperatur disaluran tengah hasil pemodelan. Penurunan temperatur rata-rata disaluran pengarah mencapai 4 °C sehingga dapat dikatakan distribusi temperaturnya mendekati seragam

#### **D. Kesimpulan**

Dari hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan :

1. Distribusi temperatur didalam ruang pengasapan peralatan yang kaji cukup seragam, sehingga sesuai untuk proses pengeringan bertingkat.
2. Karena distribusi temperatur yang cukup seragam didalam ruang pengeringan, maka objek peneringan tidak perlu pembalikan.
3. Perbedaan temperatur kerja di ruang pengasapan pisang sale sekitar 2-3 derajat celcius
4. Temperatur disaluran tengah dan tepi serta didalam lemari pengasapan pada sistem peralatan pengasapan pisang ini dipengaruhi oleh sudut atap peralatan.
5. Masih kurang meratanya distribusi temperatur didalam lemari pengasapan, karena pengaruh terhadap tata letak dan pola alran yg Belem sempurna
5. Dari hasil pengukuran distribusi pada cerobong dinyatakan distribusi temperatur pada cerobong dengan kemiringan 15°, 25°, dan 35° cukup seragam. Cerobong dengan sudut kemiringan 15° mengalami kenaikan temperatur yang lebih besar dibandingkan dengan cerobong berkemirigan 25°, 35° Dengan demikian keseragaman temperature di ruang pengering lebih baik.

#### **Daftar Pusataka**

A. Syuhada, 2003, Karakteristik Perpindahan Panas (masa) Pada Saluran Persegi Empat Berbelokan Tajam 180 derajat, Proc. National Conference on Chemical Engineering Sciences and applications (ChESA) in Bada Aceh, 5-6 th August, 2003, Page 99-105

A. Syuhada, 2003, Karakteristik Perpindahan Panas/ massa Pada Saluran Berbelokan Tajam Dengan Luasan Penampang Lualan yang Tidak Seragam. Proceeding Seminar Nasional Tahunnan Teknik Mesin II, Padang 15-16 Desember 2003

A. Syuhada, 2004, Pengaruh Klearansi Belokan dan Bilangan Reynold Terhadap Perpindahan Panas(massa) Pada saluran belokan Tajam, Jurnal Ilmiah SAINTEK Teknik & Rekayasa Vol 21. No 1 juli-Desember2004

A. Syuhada, 2005, Pengaruh Masukan Saluran Persegi Empat Terhadap Karakteristik Perpindahan Panas/Massa, Jurnal Effisiensi dan Konservasi Energ, vol. 1. No. 1 September 2005, hal. 34-39.

Hirota, M., Fujita, H., Syuhada, A., Araki, S., Yosida, T. and Tanaka, T., 1998, 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.

Hirota, M., Fujita, H., Syuhada, A., Yanagida, M., and Kajita, A., 1999, Heat /Mass for Sharp 180-Degree Turning Flow in Rectangular Channels with Inclined Paetition Wall, *Proc. Of the 5<sup>th</sup> ASME/JSME Joint ThermalEngenireeng Cocf. San Diego*, AJTE99-6453

Hirota, M., Fujita, H., Syuhada, A., Araki, S., Yanagida, M., and Tanaka, T., 1999, 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.

Syuhada. A., Hirota, M., Fujita, H., Araki, S., Yanagida, Y., and Tanaka, T., 2001, Heat (mass) transfer in serpentine flow passage with regtangular cross-section, *Int. J. of Energy Convertion and Magement*, pp. 159-166.