KONDUKTIVITAS PANAS DAN LAJU PINDAH PANAS PASIR PADA PROSES PENYANGRAIAN KERUPUK

Jamaluddin[1)], Husain Syam[2)] dan Kadirman[3)]
[1), 2) dan 3)]Fakultas Teknik, Universitas Negeri Makassar
Email: mamal_ptm@yahoo.co.id

Abstrak Selama proses penyangraian terjadi pindah dan massa secara simultan, panas berpindah dari pasir panas ke pemukaan kerupuk, diikuti dengan penguapan air dari dalam kerupuk. Pindah panas dan massa berkaitan dengan pemberian energi panas yang diterima kerupuk dan berdampak pada kualitas kerupuk, hal ini akan berpengaruh pada penghematan energi dan kualitas produk. Oleh sebab itu tujuan diadakannya penelitian ini adalah untuk mempelajari konduktivitas panas pasir sebagai media penghantar panas pada proses penyangraian makanan berbahan dasar pati. Kerupuk dibuat dari bahan kaya karbohidrat (pati) disangrai pada suhu 120, 140, dan 160°C dan lama 10, 15, 20 dan 25 detik dengan putaran silinder penggoreng konstan 35 rpm. Selama penyangraian diamati perubahan suhu kerupuk dan media pemanas pada beberapa tempat di dalam kerupuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar diameter pasir maka semakin lambat perambatan panas sehingga nilai konduktivitas termal semakin rendah, semakin kecil diameter pasir maka semakin cepat perambatan panas sehingga nilai konduktivitas termal semakin tinggi. Semakin tinggi suhu dan semakin lama proses penyangraian menggunakan pasir kecil maka perpindahan panas semakin cepat sehingga penguapan kadar air di dalam kerupuk semakin besar. Semakin tinggi nilai konduktivitas termal pasir maka daya hantar panasnya semakin baik. Hasil penelitian yang ditemukan selajutnya digunakan untuk memperkirakan energi panas yang digunakan pada proses penyangraian sehingga konduktivitas panas pasir sebagai media penghantar panas dapat dikendalikan dengan baik untuk menghasilkan produk kerupuk yang berkualitas sesuai selera konsumen.

Kata Kunci : Konduktivitas, Laju Pindah Panas, Pasir, Penyangraian, dan Kerupuk

I. PENDAHULUAN

Kerupuk merupakan produk makanan kering yang populer telah lama dikenal masyarakat Indonesia. Konsumsi kerupuk biasanya bukan hanya sebagai makanan utama melainkan sebagai makanan kecil, makanan ringan atau sebagai pelengkap hidangan yang umumnya dikonsumsi dalam jumlah kecil. Kerupuk yang beredar di pasaran terbuat dari tepung terigu dan tepung tapioka yang diberi bumbu-bumbu dan digoreng. Pada umumnya, sebelum dikonsumsi kerupuk terlebih dahulu digoreng menggunakan minyak sehingga untuk penyimpanan kerupuk pada suhu ruang akan menyebabkan terjadinya perubahan pada kerupuk yang diakibatkan penyesuaian terhadap kondisi lingkungan. Perubahan yang sangat nyata adalah ketengikan yang diakibatkan oleh proses oksidasi lemak. Adanya masalah ketengikan ini akan berdampak perubahan bau dan cita rasa yang tidak diinginkan oleh konsumen. Selain ketengikan penyimpanan yang salah pada kerupuk akan menyebabkan penyerapan uap air, khususnya pada lingkungan yang memiliki tingkat kelembaban yang tinggi sehingga menyebabkan kerupuk mengalami penurunan kerenyahan atau melempem (Nurhayati, 2007).

Penggorengan merupakan proses pemasakan yang unik, menarik, dan banyak ragam makanan yang dimasak dengan cara tersebut. Ditinjau dari segi waktu proses, penggorengan adalah salah satu cara pemasakan produk pangan yang dilakukan secara cepat, dan cara ini dianggap paling efisien proses transfer panasnya ke produk pangan yang dimasak. Sebagai salah satu proses pemasakan, penggorengan tidak hanya dilakukan pada skala rumah tangga, tetapi juga dijumpai dalam industri pengolahan pangan baik industri berskala kecil maupun industri pangan berskala menengah. Pada umumnya penggorengan dilakukan dengan menggunakan minyak yang berfungsi sebagai media penghantar panas, meratakan suhu, dan berperan sebagai pemberi rasa gurih, namun pada akhir-akhir ini banyak timbul kewaspadaan terhadap produk hasil gorengan yang menggunakan minyak, terutama minyak yang digunakan secara berulang. Pengkonsumsian minyak terutama lemak jenuh dianggap merupakan penyebab naiknya resiko sakit khususnya sakit jantung koroner, kanker, diabetes, dan tekanan darah tinggi (Sartika, 2009). Permasalah tersebut memberikan pemikiran untuk dilakukan penelitian tentang penggorengan menggunakan pasir sebagai media penghantar panas, karena produk goreng pasir tidak mengandung minyak, serta pasir relatif mudah didapat dan murah.

Setiap material atau bahan seperti minyak, air, logam, besi, aluminium, tembaga, pasir dan lain-lain memiliki nilai konduktifitas panas yang berbeda-beda. Pasir adalah salah satu material berbentuk

butiran-butiran berpori yang ketersediaannya sangat melimpah dan mudah diperoleh, namun masih sangat kurang pemanfaatannya dalam bidang pertanian khususnya pangan, hal tersebut disebabkan karena kurangnya informasi mengenai kemampuan atau potensi yang ada pada pasir sebagai media yang dapat menghantarkan panas. Daya hantar panas suatu bahan sangat menentukan keefisienan dalam penyangraian bahan pangan, sehingga dalam pengolahan suatu bahan pangan sangat diperlukan adanya pengetahuan mengenai daya hantar panas media yang digunakan khususnya dalam proses penyangraian. Jenis-jenis pasir beraneka ragam bentuk, ukuran, warna dan tingkat kehalusannya, seperti pasir kali yang memiliki ukuran butiran yang berbeda, sehingga peneliti menduga dengan adanya perbedaan ukuran tersebut maka nilai konduktifitas panas atau daya hantar panasnya pun berbeda-beda.

Cara penyangraian dengan menggunakan pasir dalam proses transfer panasnya diduga lebih efisien karena luas kontak permukaan panas pasir cukup besar disamping itu pasir dengan wujud butiran (*fluidized*) yang disertai dengan pengadukan mempunyai sifat yang hampir sama dengan fluida (minyak) dalam hal menghantarkan panas selama penyangraian. Penggorengan dengan pasir luas kontak panasnya jauh lebih besar yaitu banyak terjadi melalui butiran pasir dengan diameter yang cukup kecil ≤ 2,00 mm, sehingga transfer panas yang terjadi dengan cara ini akan lebih efisien (Siswantoro dkk, 2011). Untuk menghindari hasil pembakaran yang tidak sempurna karena tidak meratanya temperatur pada ruang bakar adalah dengan menggunakan partikel yang berpori seperti pasir sehingga terjadi keseragaman temperatur (Winaya, 2008).

Penggorengan makanan berpati (kerupuk) dengan pasir sebagai media penghantar panas telah dilakukan di beberapa daerah di Indonesia. Namun sejauh ini belum banyak informasi dan penelitian tentang penggorengan dengan pasir, terutama yang terkait dengan daya hantar panas (k) pasir dari permukaan penggorengan hingga pada produk yang akan dioreng. Menurut Jamaluddin *et. al.,* (2016) pasir memiliki luas kontak panas yang besar karena berupa butiran yang berdiameter tidak lebih dari 2,00 mm. Berdasarkan hal tersebut maka peneliti menduga diameter pasir mempengaruhi daya hantar panas selama penyangraian. Dengan pemahaman yang baik tentang fenomena penyangraian (tanpa minyak) diharapkan dapat digunakan dalam pengembangan teknologi penggorengan atau penyangraian. Sehingga dalam penelitian ini peneliti hanya mengamati daya hantar panas (k) pasir pada proses penyangraian hingga diperoleh hasil penyangraian menggunakan pasir sebagai media penghantar panas yang terbaik.

II. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian atau Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang terdiri atas 2 faktor. Faktor A adalah suhu dengan 3 taraf faktor (120, 140 dan 160)^{O}C, faktor B adalah lama penyangraian dengan taraf faktor (10, 15, 20 dan 25) detik. Banyaknya perlakuan yang dicobakan sebanyak 24 kombinasi perlakuan, setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pasir yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir kali dengan diameter yang berbeda yaitu berdiameter 1,2 dan 2 mm, kerupuk yang digunakan dalam penelitian ini memiliki ukuran diameter 25 mm dengan ketebalan 1 mm. penyangraian kerupuk dilakukan menggunakan variasi suhu dan lama penyangraian, untuk variasi suhu terdiri dari 3 yaitu 120, 140 dan 160°C, sedangkan untuk lama penyangraian terdiri dari 4 yaitu 10, 15, 20 dan 25 detik. Selama proses penyangraian diukur suhu pasir dan kerupuk menggunakan alat *termokopel* dan direkam dengan *data logger*. Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan daya hantar panas (konduktivitas termal) pasir secara konduksi dari pasir ke permukaan kerupuk. Pengukuran kadar air kerupuk dilakukan sebelum dan setelah penyangraian.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Teknologi Pertanian Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar pada bulan Maret 2017 sampai dengan Oktober 2017.

Alat dan Bahan yang Digunakan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi, mesin penyangrai, kompor gas, alat pengukur suhu terdiri dari sensor suhu (termokopel), alat pengumpul data (NI-Cdaq 9174), *stopwatch*, komputer, ayakan pasir, timbangan analitik, oven, desikator, tofles dan kemasan plastik.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu pasir kali berdiameter 1 dan 2 mm, makanan berpati (kerupuk) dan gas LPG 12 Kg.

Prosedur Penelitian

Prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap meliputi :

Persiapan

Sebelum melaksanakan penelitian, persiapan yang dilakukan yaitu :

a. Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian
b. Pasir yang digunakan adalah pasir kali yang terlebih dahulu diayak dengan ayakan 10 dan 18 mesh sehingga diperoleh pasir berdiameter 1,2 dan 2 mm lalu dicuci sampai bersih kemudian dikeringkan

Prosedur penelitian

a. Pasir dimasukkan kedalam mesin penyangrai
b. Termokopel diletakkan kedalam pasir dan kerupuk
c. Suhu mesin penyangrai diatur sesuai dengan variasi suhu yang telah ditentukan
d. Mesin penyangraian dipanaskan hingga mencapai suhu yang telah ditentukan
e. Setelah suhu yang ditentukan tercapai, kerupuk kemudian disangrai pada pasir kali masing-masing dengan 3 variasi suhu yaitu 120, 140 dan 160°C sedangkan untuk lama penyangraian terdiri dari 4 variasi yaitu 10, 15, 20 dan 25 detik. Selama proses penyangraian akan diamati dan diukur suhu pasir dan suhu kerupuk menggunakan termokopel dan *data logger* merekam riwayat perubahan suhu yang akan ditampilkan pada PC (*personal computer*).
f. Perhitungan konduktifitas termal pasir kali ke kerupuk.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode observasi, metode observasi ini dilakukan dengan cara pengamatan dan pencatatan secara sistematik terhadap perubahan suhu yang tampak pada subjek penelitian dengan menggunakan *termokopel* dilengkapi pembacaan dan data logger yang mempunyai akurasi ± 1^{O}C. Data perlakuan di peroleh dari hasil perekaman data perubahan-perubahan suhu yang terdiri dari dua jenis perlakuan masing-masing 3 perlakuan dan setiap perlakuan mendapat 3 kali ulangan.

Teknik Analisis Data

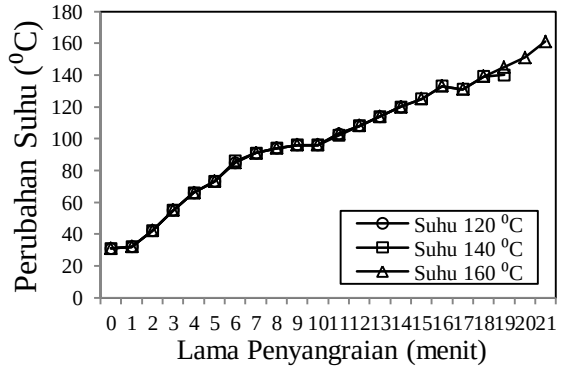
Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Data penelitian dianalisis menggunakan program *Microsoft Excel 2007* untuk melihat gambaran hubungan antara perubahan-perubahan suhu dengan lama penyangraian kerupuk.

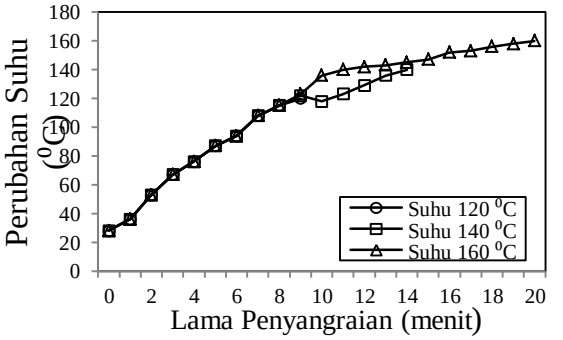
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Temperatur Pasir selama Penyangraian

Perubahan temperatur pasir pada berbagai variasi temperatur dan diameter pasir selama proses penyangraian disajikan pada Gambar 1a dan 1b. Berdasarkan gambar nampak laju perubahan temperatur pasir mula-mula peningkatannya secara lambat sampai mencapai temperatur 40°C. Pada periode tersebut terjadi transformasi panas dari sumber panas berkontak langsung dengan pasir dibagian permukaan, namun setelah beberapa lama meningkat secara cepat sampai mencapai suhu 100°C. Pada kondisi ini berlangsung pindah panas dari pasir panas dipermukaan masuk kebagian dalam tumpukan pasir, sampai beberapa lama temperatur pasir konstan beberapa lama pada 100°C.

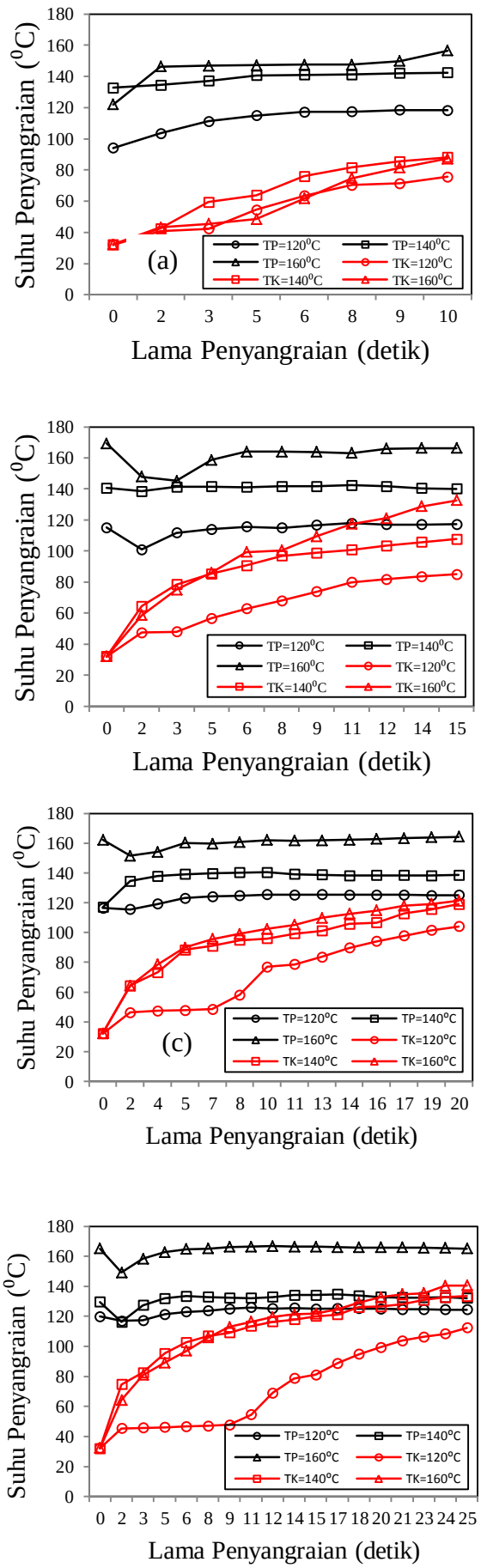
Pada saat temperatur pasir telah mencapai suhu tersebut energi panas pada periode ini untuk proses penguapan air yang mungkin masih tertinggal di dalam tumpukan pasir. Setelah proses penguapan air dari dalam tumpukan pasir selesai temperatur kembali perlahan-lahan naik mendekati temperatur penyangraian sampai akhir proses. Pada saat temperatur pasir sudah cenderung menjadi konstan, diduga energi panas nanti akan lebih banyak digunakan untuk proses penyangraian sampai akhir proses penyangraian atau sampai kerupuk menjadi masak.





Gambar 1. Perubahan temperatur pasir selama proses penyangraian pada suhu 120,

140 dan 160°C (a) pasir diameter (2 mm) dan (b) pasir diameter (1,2 mm)



Temperatur dan laju pindah panas dari sumber panas ke pasir nampak dipengaruhi oleh diameter pasir yang digunakan sebagai media penghantar dalam proses penyangraian (Gambar 1a dan 1b). Dari gambar nampak pada diameter pasir 2 mm laju pindah panas yang terjadi dari sumber panas ke permukaan pasir sampai masuk ke dalam tumpukan pasir berlangsung lambat. Namun pada diameter pasir 1,2 mm proses laju pindah panas yang terjadi dari sumber panas ke permukaan pasir sampai masuk ke dalam tumpukan pasir berlangsung cepat. Hal tersebut disebabkan pada penyangraian dengan diameter pasir 2 mm jalur perambatan panas agak besar sehingga perambatan panas dari sumber panas mula-mula di permukaan pasir sampai masuk ke dalam tumpukan berlangsung lambat, bila dibandingkan dengan diameter pasir 1,2 mm.

Dengan demikian maka menurut Siswantoro *et. al.*, (2012) penggorengan dengan pengunaan pasir sebagai media penghantar panas memiliki luas kontak panas yang jauh lebih besar karena terjadi melalui butiran pasir dengan diameter yang cukup kecil ≤ 2,00 mm, sehingga transfer panas yang terjadi dengan cara ini akan menjadi lebih efisien. Oleh sebab itu menurut Jamaluddin *et. al.*, (2016) untuk menghindari hasil pembakaran yang tidak sempurnah karena tidak meratanya temperatur pada ruang penyangraian maka dilakukan dengan menggunakan partikel yang berpori seperti pasir sehingga terjadi keseragaman temperatur.

Temperatur Kerupuk selama Penyangraian

Perubahan temperatur kerupuk selama dalam proses penyangraian pada berbagai variasi temperatur dan lama penyangraian dapat dilihat pada Gambar 2a, 2b, 2c dan 2d. Sesuai dengan gambar tersebut nampak profil perubahan temperatur kerupuk dipengaruhi oleh temperatur dan lama penyangraian yang digunakan. Hal ini sejalan dengan penelitian Jamaluddin *et. al.*, (2011) yang menjelaskan bahwa makin tinggi temperatur yang digunakan semakin cepat temperatur penyangraian mendekati suhu kerupuk yang digoreng, hal ini disebabkan pada temperatur penggorengan tinggi kontak langsung antara pasir panas dengan kerupuk berlangsung secara cepat sehingga proses perambatan panas juga berlangsung cepat. Demikian pula hal sebaliknya dengan penyangraian pada suhu rendah.

Gambar 2. Temperatur pasir dan kerupuk selama proses penyangraian pada temperatur 120, 140, dan 160°C selama (a) 10 detik, (b) 15 detik, (c) 20 detik dan (d) 25 detik

Berdasarkan Gambar 2a, 2b, 2c dan 2d. nampak laju perubahan temperatur kerupuk meningkat sangat cepat dimulai dari awal penyangraian sampai mencapai temperatur tertentu. Pada periode ini terjadi perpindahan panas dari pasir panas ke permukaan kerupuk, namun beberapa lama tampak ada kecenderungan temperatur kerupuk bertahan pada temperatur tertentu untuk beberapa lama. Pada saat temperatur kerupuk telah mencapai temperatur tersebut energi panas pada periode tersebut digunakan untuk proses penguapan air bebas dari dalam kerupuk.

Pada proses penyangraian energi panas digunakan untuk menguapkan kandungan air bahan yang dipindahkan dari permukaan bahan yang disangrai dengan pasir sebagai media panghantar panas. Kadar air adalah merupakan parameter penting yang menentukan sifat produk. Oleh karena itu maka salah satu tujuan penyangraian adalah mengurangi kadar air bahan. Pengurangan kadar air dalam bahan selama proses penyangraian merupakan akibat dari penguapan karena pemanasan. Makin tinggi suhu penyangraian semakin meningkatkan kehilangan kadar air bahan. Suhu yang tinggi dapat mengakibatkan pembengkakan sehingga membran sel makin plastis yang menyebabkan membran semakin permeabel sehingga air lebih mudah keluar dari dalam jaringan.

Menurut Suprianto et. al., (2006) dan Jamaluddin *et. al.,* (2011a) pada proses penggorengan padatan bahwa setelah proses penguapan air bebas dari dalam padatan selesai temperatur kembali perlahan-lahan naik mendekati temperatur minyak goreng sampai akhir proses. Pada saat temperatur di dalam padatan sudah cenderung menjadi konstan, diduga energi panas lebih banyak digunakan untuk proses pemasakan dan penguapan lebih lanjut sampai akhir proses penggorengan atau sampai padatan menjadi masak. Kondisi ini sejalan dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, bahkan sejalan pula dengan hasil penelitian Joko Nugroho W.K. *et. al.,* (2009) yang mengungkapkan bahwa kondisi ini akan berakhir ketika keadaan mulai jenuh yaitu bila suhu bahan terus meningkat sampai mendekati suhu penyangraian. Keadaan seperti ini diakibatkan adanya panas latent penguapan yang menyebabkan terjadinya perubahan massa (air) yang terkandung dalam bahan.

Konduktivitas Termal

Selama proses penyangraian, maka kerupuk mengalami kehilangan air lebih banyak mengakibatkan sifat fisik dan termal kerupuk, sehingga mempengaruhi proses kenaikan suhu kerupuk. Perubahan ini nampaknya berkaitan erat dengan kadar air yang ada dalam padatan. Semakin tinggi kadar air padatan, maka panas akan semakin mudah melewati padatan sehingga suhu padatan akan mengalami peningkatan, atau sebaliknya. Dengan berkurangnya kadar air di dalam padatan, maka sifat fisik dan termalnya juga berubah, sehingga kenaikan suhu akan semakin lambat. Kondisi ini menggambarkan apabila suhu penyangraian tinggi maka proses transformasi panas menjadi lebih cepat atau sebaliknya.

Menurut Pratiwi (2009) perpindahan panas terjadi karena adanya perbedaan suhu pada suatu bahan, sehingga terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu rendah, perpindahan energi tersebut disebabkan adanya molekul yang mengangkut energi ke bagian yang suhunya lebih rendah. Selain itu peningkatan suhu yang terjadi juga disebabkan karena suhu pasir yang digunakan untuk menyangrai kerupuk sehingga belum ada transfer panas antara pasir dan kerupuk. Sejalan dengan pendapat Siswantoro *et. al.,* (2008;2012) yang menyatakan bahwa selama penggorengan panas yang ditransfer dari pasir ke dalam bahan (kerupuk) selain digunakan untuk menaikkan suhu kerupuk juga digunakan untuk penguapan air bahan. Laju pindah panas dan massa pada penyangraian kerupuk nampak terjadi secara bersamaan. Mula-mula pindah panas terjadi dari permukaan luar masuk ke dalam kerupuk dan sebaliknya penguapan air kerupuk mula-mula dari permukaan luar kerupuk masuk ke dalam permukaan, sehingga kedua perisitiwa ini sebaiknya diungkapkan, namun hal ini akan dipelajari pada bagian lain dari penelitian ini. Adapun konduktivitas termal yang diperoleh dalam penelitian ini dipelajari dari perubahan suhu yang terjadi, baik suhu pasir maupun suhu kerupuk menggunakan termokopel sehingga diperoleh profil perubahan suhu pasir dan kerupuk selama proses penyangraian (Gambar 2a, 2b, 2c, dan 2d). Dengan demikian perhitungan konduktivitas termal dilakukan untuk menguangkapkan seberapa besar nilai daya hantar panas (k) pasir yang diperoleh.

Penggorengan menggunakan pasir sebagai penghantar panas terkait dengan nilai kontak panas permukaan antara pasir sebagai media penghantar panas sengan produk yang digoreng. Besarnya nilai h

pada proses penggorengan menggunakan pasir tidak hanya dipengaruhi oleh proses konduksi, tetapi juga dipengaruhi oleh proses konveksi karena pasir dalam bentuk curah merupakan benda padat yang mempunyai sifat mudah mengalir menyerupai benda cair. Diameter pasir mempengaruhi proses penggorengen.

Berdasarkan dari hasil penelitian dapat dilihat bahwa pada penyangraian dengan diameter pasir 1,2 mm diperoleh nilai konduktivitas termal sebesar 18,81 W/m^{O}C, sedangkan pada penyangraian dengan diameter pasir 2,2, mm diperoleh nilai konduktivitas termal sebesar 17,24 W/m^{O}C. Dari hasil ini nampak makin kecil diameter pasir yang digunakan nilai k semakin besar dan sebaliknya makin besar diameter pasir maka nilai k juga semakin kecil. Hasil penelitian ini mendukung hasil penelitian Siswantoro *et. al.*, (2011) yang mengungkapkan bahwa pasir besi memiliki nilai h lebih besar dari pasir sungai. Dilihat dari transfer panasnya nilai h yang besar menghasilkan laju panas yang lebih baik dalam proses penyangraian.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian ini adalah bahwa pasir yang berdiameter lebih kecil mempunyai nilai konduktivitas lebih besar bila dibandingkan dengan pasir yang berdiameter lebih besar. Besarnya nilai konduktivitas pada proses penggorengan menggunakan pasir tidak hanya dipengaruhi oleh proses konduksi, tetapi juga dipengaruhi oleh proses konveksi karena pasir dalam bentuk curah merupakan benda padat yang mempunyai sifat mudah mengalir menyerupai benda cair. Diameter pasir mempengaruhi proses penyangraian, sehingga pasir berdiameter lebih kecil memiliki laju pindah panas lebih baik bila dibandingkan dengan pasir dengan diameter lebih besar. Dengan demikian maka dalam proses penyangraian apabila menggunakan pasir sebagai media penghantar panas, maka untuk mengoptimalkan kualitas produk sesuai dengan yang diinginkan maka sebaiknya menggunakan diameter pasir yang lebih kecil

DAFTAR PUSTAKA

[1] Jamaluddin, Husain Syam dan Kadirman. 2016. *Rekayasa Penyangraian, Perpindahan Panas dan Penguapan Air Secara Simultan, Serta perubahan Tekstur, Volume dan Warna pada Makanan Berpati*. Laporan Hasil Penelitian. Program Studi Pendidikan Teknologi Pertanian. Universitas Negeri Makssar.

[2] Jamaluddin, Husain Syam dan Kadirman. 2016. *Konduktivitas Panas Jenis Pasir Sebagai Media Penghantar Panas pada Proses Penyangraian Makanan Berpati*. Prociding Hasil-hasil penelitian. Lembaga Penelitian. Universitas Negeri Makassar.

[3] Jamaluddin, Suardy, Siswantoro dan S. Laga. 2011. Pengaruh Suhu dan Tekanan Vakum Terhadap Penguapan Air. Perubahan Volume dan Rasio Densitas Keripik Buah Selama dalam Penggorengan Vacum. *Jurnal Teknologi Pertanian*. Volume 12 (2). Halaman 100-108.

[4] Jamaluddin, Rahardjo, B., Hastuti, P., dan Rochmadi. 2011a. Model of Heat and Mass Transfer During Vacuum Fruit Frying. *Jurnal AGRITECH* Volume 31, Nomor 4 pada bulan November 2011.

[5] Joko Nugroho W.K, Juliaty Lumbanbatu dan Sri Rahayoe, 2009, Pengaruh Suhu dan Lama Penyangraian terhadap Sifat Fisik-Mekanis Biji Kopi Robusta. Seminar Nasional dan Gelar Teknologi PERTETA, Mataram.

[6] Nurhayati, Ari. 2007. *Sifat Kimia Kerupuk Goreng yang Diberi Penambahan Tepung Daging Sapi dan Perubahan Bilangan TBA Selama Penyimpanan*. Skripsi. Bogor: Program Studi Teknologi Hasil Ternak, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.

[7] Pratiwi, Wening. 2009. *Teknik Puffing Pemanasan Konduksi Granula Pasir Panas dalam Pembuatan Berondong Jagung Varietas Unggul Nasional*. Skripsi. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

[8] Sartika, Dewi R.A. 2009. Pengaruh Suhu dan Lama Proses Menggoreng (Deep Frying) Terhadap Pembentukan Asam Lemak Trans. *Makara, Sains.* 13: 23-28.

[9] Siswantoro, B. Raharjo, N. Bintoro dan P. Hastuti. 2008. Model Matematik Transfer Panas Pada Penggorengan Menggunakan Pasir. *Makalah.* Disajikan pada Prosiding Seminar Nasional Teknik Pertanian yang diselenggarakan oleh Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 18-19 November 2008.

[10] Siswantoro, B. Rahardjo, Nursigit Bintoro dan Pudji Hastuti. 2011. Pemodelan Matematik Perubahan Parameter Mutu Kerupuk Selama Penggorengan dengan Pasir. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. Volume 22 (1). Halaman 17-25.

[11] Siswantoro, B. Rahardjo, Nursigit Bintoro dan Pudji Hastuti. 2012. Pemodelan Matematik Pindah Panas dan Massa pada Penggorengan dengan Pasir sebagai Media Penghantar Panas. *Agritech.* 32 (1): 87-97.

[12] Supriyanto, B. Rahardjo, Y. Marsono dan Supranto. 2006. Pemodelan Matematik Transfer Panas dan Massa pada Proses Penggorengan Bahan Makanan Berpati. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. Volume 17 (1). Halaman 28-37.

[13] Winaya, I Nyoman S. 2008. Prospek Energi Dari Sekam Padi Teknologi Fluidized Combustion. *Majalah Inovasi Iptek, PPI Jepang*. Volume 11 (20). Halaman 54.