

## STUDIPERBANDINGAN OKSIGEN DAN UAP AIR UNTUK MENG-EKSPANSI MAKANAN RINGAN DALAM KONDISI VAKUM

[STUDY COMPARISON OXYGEN AND WATER VAPOR AS AN EXPANSION OF  
SNACKS IN A CONDITION VACUUM]

ISMAIL SULAIMAN\*

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh

### ABSTRACT

*The utilization of oxygen and steam as a snack expansion is one of the new method that have been tested to produce a quality product. Modification of the structure and materials through the DIC (détente instantane controle) as of the fast autovaporasion through the extreme thermodynamic conditions by heating and rapid cooling. Comparison of steam and oxygen is entired particles to be into the material particles influence the characteristics and the composition of volumes largely expanded. Capacity expansion through volumes of material properly occurs properly if steam is used. Using oxygen of expansion with several experiments cannot affect a significant change in the characteristics of the material. Changes in temperature and pressure affect the rate of expansion of the product, but the moisture content accelerate the expansion process in a food product. These modifications are generally derived from the structural characteristics of the product that is translated through the expansion of the material conditions and also the value of the rheology of materials. The composition of the structure of a product can be changed by temperature, pressure and vacuum.*

**Key words:** hydrogen, steam, DIC, snack, expansion

### ABSTRAK

Penggunaan oksigen dan uap air sebagai bahan ekspansi makanan ringan merupakan salah satu metode baru yang telah diuji coba untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Modifikasi struktur dan bahan melalui DIC (Détente Instantané Contrôle) merupakan salah satu proses autovaporasi yang cepat melalui kondisi termodinamika yang ekstrim melalui pemanasan dan pendinginan yang cepat. Perbandingan uap air (*steam*) dan oksigen yang dimasukkan kedalam partikel bahan dapat mengubah karakteristik serta komposisi volume yang dapat berekspansi menjadi lebih besar. Perubahan ekspansi melalui kapasitas volume dari bahan dapat terjadi dengan baik jika menggunakan uap air. Penggunaan oksigen sebagai bahan ekspansi dari beberapa percobaan tidak dapat mempengaruhi perubahan karakteristik yang signifikan dari bahan. Perubahan temperatur dan tekanan dapat mempengaruhi nilai ekspansi dari produk, namun kandungan uap air dapat mempercepat proses ekspansi dalam suatu produk makanan. Modifikasi ini umumnya berasal dari karakteristik struktural yang diterjemahkan melalui ekspansi produk dengan kondisi bahan dan juga nilai reologi bahan. Produk pangan dalam kondisi temperatur tinggi, tekanan tinggi serta vakum dapat mengubah komposisi dari struktur suatu produk.

**Kata kunci :** hidrogen, uap air, DIC, makanan ringan, ekspansi

---

\* Korespondensi penulis:  
Email: ismail.sulaiman@unsyiah.ac.id

## PENDAHULUAN

Modifikasi struktur bahan pangan merupakan proses suatu bahan pangan yang harus diperhatikan serius, perubahan yang terjadi pada bahan pangan merupakan salah satu unsur terpenting dalam mempertahankan produk dan memperpanjang masa simpan sehingga produk tersebut dapat dikonsumsi dengan baik.

Proses mempertahankan produk dapat dilakukan melalui proses pengeringan dan modifikasi struktur bahan. Metode ini merupakan salah satu metode yang sedang dikembangkan untuk menghindari bahan kimia di dalam produk pangan. Proses bebas bahan kimia dalam proses bahan pangan ini dapat menjadi acuan penting dalam proses pengolahan pangan yang ramah lingkungan dan sehat. Modifikasi struktur bahan dapat dilakukan dengan menggunakan temperatur dan tekanan yang tinggi serta faktor lainnya dalam proses pra pengolahan. Perubahan modifikasi produk pangan dalam proses pembuatan makanan ringan dapat dilakukan dengan menggunakan steam yang bertekanan tinggi dan juga waktu yang sangat cepat (I. Sulaiman, 2013).

Para peneliti telah mempelajari bagaimana kondisi bahan makanan yang dimodifikasi dengan menggunakan sistem vakum (H. G Schwartzberg, Wu, J.P.C, Nussinovitch, A & Mugerwa, J, 1995). Modifikasi yang dilakukan dengan menggunakan tekanan yang tinggi dan dalam kondisi vakum. Dari segi organoleptik, gizi dan vitamin yang alami serta menjaga warna produk selama proses pengorengan. Temperatur yang rendah dapat mengurangi degradasi dan oksidasi produk, mencegah hilangnya warna dan mempertahankan isi dengan tidak mengurangi mutunya dalam proses penyimpanan dan stabilitas produk pada masa simpan (Liu-ping, Zhang, & Mujumdar, 2007).

Modifikasi bahan pangan dengan menggunakan DIC sudah dieksplorasi dan dikembangkan oleh Sulaiman, sejak tahun 2009 dalam beberapa prosiding dan jurnalnya yang menjelaskan tentang ekspansi beberapa produk bahan pangan dengan menggunakan *steam* dalam proses pengolahan pembuatan *snack*.

Namun penggunaan udara dalam proses ekspansi dengan mengkondisikan temperatur yang sama dengan kondisi *steam* belum pernah ada studi dilakukan. Penelitian ini mengeksplorasi hasil dari penggunaan oksigen dalam proses ekspansi dan membandingkan dengan hasil yang diperoleh dari *steam* dengan menggunakan metode DIC. Analisa yang dilihat adalah dalam bentuk grafik perubahan temperatur, tekanan, dan juga tampak visual dari perubahan ekspansi bahan pangan dengan metode tersebut.

## BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah keju dengan kandungan lemak 40 %, Nitrogen, Oksigen, Uap Air (*steam*), semua bahan baku disediakan oleh Laboratorium LaSIE pada Universite de La Rochelle, France.

### Prosedur penelitian

Prosedur penelitian ini melalui Proses modifikasi bahan melalui sistem tekanan, temperatur dan waktu dengan cepat (*instant*) (Allaf, 2013) operasi ini disebut dengan DIC yang dapat di bagi dalam dua langkah dasar yang pertama adalah menempatkan produk pada tingkat konsisten dari temperatur dan tekanan tinggi. Kedua : perubahan kondisi dengan cepat pada produk dalam kondisi vakum.

### Tahap pemanasan

Pada tahap pemanasan ini diperoleh dengan menggunakan uap air di bawah tekanan. Uap air yang jenuh sering digunakan sebagai media transfer panas dari sebuah permukaan melalui proses kondensasi uap sehingga uap tersebut akan masuk kedalam partikel yang ada di dalam bahan tersebut. Proses masuknya uap air ke kedalam bahan dapat dilakukan berdasarkan komposisi dari bahan yang ada dalam partikel serta kandungan kadar air dan tekstur dari produk.

Penggunaan uap air kering (*superheated*) dapat memberikan sistem operasi yang sama namun dalam kondisi negatif : salah satunya adalah pemanasan secara konveksi dengan kecepatan transfer yang lambat dan kondisi homogenisasi produk yang stabil. Injeksi

uap air yang yang berlebihan dalam kondisi vakum akan menghasilkan proses perpindahan panas secara konveksi melalui kondensasi yang lebih tinggi.

Proses difusi uap air didalam produk jauh lebih cepat prosesnya dibandingkan diluar dalam bahan : pada proses DIC, tahap pertama merupakan tahap pemanasan untuk mempermudah proses masuknya partikel kedalam bahan pangan, serta menjaga konsistensi kelembaban produk dan nilai dari produk terhadap kualitas dan komposisi bahan. Waktu homogenisasi sebelum perlakuan

DIC dapat dihitung melalui :  $\Delta t \propto \frac{R^2}{D_w}$  dimana,

$\Delta t$  = waktu rentah pada saat homogenisasi (s),  
 $R$  = konstanta gas (J mol/K),  $D_w$  = proses difusi yang terjadi ( $m^2/s$ ).

Metode pemanasan yang lain dapat dilakukan dengan menggunakan *microwave* yang dapat digabungkan dengan udara atau lainnya seperti nitrogen, karbon dan lainnya. Kelebihannya dari pada produk yang diolah dengan metode DIC lebih sensitif dengan menggunakan uap air. Uap air (*steam*) dapat mempercepat pengontrolan temperatur dan juga stabil. Proses difusi dengan menggunakan *steam* dapat dilakukan dengan cepat, kerugiannya adalah tingginya biaya peralatan.

Penggunaan oksigen atau dikenal dengan gas inert merupakan metode pemanasan kering yang dapat di lakukan pada metode DIC, produk DIC sangat sensitif terhadap bahan yang akan di lakukan percobaan.

Pemanasan secara konveksi dengan menggunakan oksigen akan menghasilkan produk yang sangat kering, dan proses ini dapat dilakukan dengan mengalirkan temperatur kedalam bahan sehingga terjadinya ekspansi. Perubahan tekanan adiabatik statis dapat meningkatkan temperatur dan oksigen.

Tahap DIC (Détente Instantané Controlée)

Proses operasi ini dengan menggunakan temperatur tinggi dan waktu yang sangat cepat. Perubahan kondisi yang sangat cepat dari suatu kondisi normal menjadi kondisi yang ekstrim dengan mengaplikasikan metode pemanasan di

dalam reaktor dan mengontrol temperatur serta tekanan, dapat mengubah evolusi volume, serta komposisi partikel dalam reaktor pada fase ekspansi partikel dengan menggunakan DIC. Perubahan yang sangat cepat dari fase normal menjadi fase ekstrim ini merupakan titik penting dalam mengidentifikasi dan melihat secara langsung perubahan volume partikel. Penggunaan teknologi DIC ini dapat dilakukan dalam hitungan detik, perubahan partikel dalam bahan dengan sentuhan uap air dapat menghasilkan bentuk partikel menjadi lebih besar dari bentuk semula, dan sebaliknya produk tersebut dapat menjadi kecil karena penyusutan partikel yang disebabkan oleh karakteristik dari komposisi bahan yang diuji coba.

Perhitungan tekanan uap air dan temperatur yang lebih tinggi pada tingkat kelembaban yang seimbang. Aktivitas air merupakan suatu parameter yang potensial dalam hukum termodinamika. Pada tekanan uap air dalam kondisi 1 atm pada reaktor kemudian udara di injeksi kedalam reaktor melebihi dari kondisi 1 atm dan akan terjadi perubahan produk di dalam reaktor secara signifikan. Sebuah metode untuk penentuan temperatur yang sama dengan cara desorpsi ditemukan oleh Scarpa dan Tagliafico (Scarpa & Tagliafico 2008).

Perubahan temperatur dari kondisi normal menjadi kondisi yang ekstrim merupakan titik kritis dalam penelitian ini. Proses pendinginan yang dilakukan pada saat perubahan kondisi tersebut akan menghasilkan komposisi dari bahan yang dihasilkan serta tekanan yang dihasilkan pada akhir perubahan tersebut menjadi sebuah aktivitas penting dan dapat terukur nilai  $a_w < 1$ .

### **Prinsip dan metode**

Alat yang digunakan adalah reaktor DIC yang di lengkapi dengan perekaman data pada tekanan (BAUMERPBSN12B79RA1440321) dan termokopel type K, hardware PCI 1710HG untuk mengkonversi voltase dengan menggunakan software LabView. Sampel yang digunakan tahu yang sudah dikeringkan dengan kadar air 10 %.

Proses perbandingan ini dilakukan antara uap air dan oksigen dalam proses ekspansi bahan

pangan. Penggunaan oksigen sebagai sampel yang bertujuan mengurangi proses kondensasi dalam proses DIC.

Mesin DIC yang digunakan sebagai media uji coba, sebelumnya dipanaskan selama 45 menit untuk menjaga tingkat kestabilan kondisi dari mesin. Setelah dipanaskan, sampel diuji beberapa kali dengan menggunakan uap air selama 12 detik dan kemudian selanjutnya diuji dengan menggunakan oksigen. Perubahan yang terjadi pada kondisi temperatur, tekanan yang sama akan dihasilkan gambar dan grafik yang menjelaskan bahwa produk tersebut terjadi perubahan ekspansi.

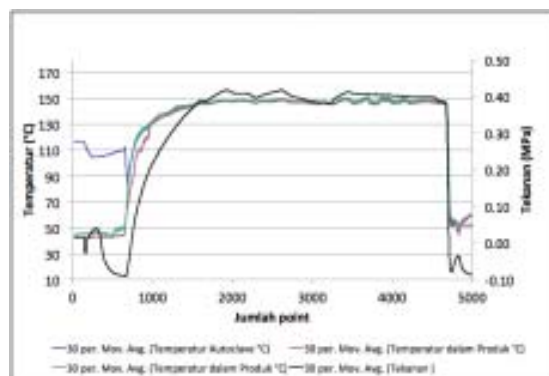
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan dengan menggunakan uap air.

Percobaan ini diuji dengan menggunakan tekanan 0,4 MPa, masa perubahan fase selama 30 detik. Temperatur di dalam reaktor sebesar 150 °C. Penelitian sebelumnya menjelaskan bahwa tekanan uap air dan waktu pemanasan merupakan variabel yang dapat dijadikan sebagai indikator.

Dalam percobaan yang dilakukan dengan menggunakan uap air, temperatur dan tekanan akan menghasilkan komposisi yang sama dan menghasilkan grafik yang linier. Semakin cepat tekanan naik maka temperatur akan meningkat dengan cepat, hal ini terlihat pada gambar 1, peningkatan temperatur dan tekanan akan meningkat seiring dan berhenti stabil pada 150 °C dan 0.4 MPa.

Pada gambar 1. Menunjukkan percobaan sampel dengan menggunakan uap air yang diukur temperatur *autoclave*, produk, dan temperatur dalam produk. Terlihat bahwa temperatur pada autoclave menghasilkan panas yang sangat tinggi dan suhu yang didapat 120°C hal ini disebabkan kondisi mesin DIC sebelum dilakukan percobaan, mesin harus dalam kondisi panas, apabila kondisi tidak panas maka produk tidak dapat mengembang. Perubahan tekanan dari kondisi dibawah atm menjadi lebih tinggi sangat mempengaruhi dari tekstur dan komposisi partikel yang akan berubah, fenomena ini yang diharapkan untuk menghasilkan proses ekspansi yang optimal.



Gambar 1. Percobaan sampel dengan menggunakan uap air

Proses pengolahan produk menggunakan DIC dapat menghasilkan ekspansi produk yang sangat baik, problem yang sering terjadi adalah kondisi kondensasi yang terjadi dalam proses pembuatan makanan ringan, sehingga gambar yang dihasilkan menjadi buruk dan tidak dapat dideteksi dengan baik sehingga, tidak dapat melihat secara langsung perubahan yang terjadi pada saat proses fase normal menjadi ekstrim atau sebaliknya. Produk yang dihasilkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Produk yang diuji dengan menggunakan uap air; a) Produk sebelum DIC, b).Produk setelah DIC

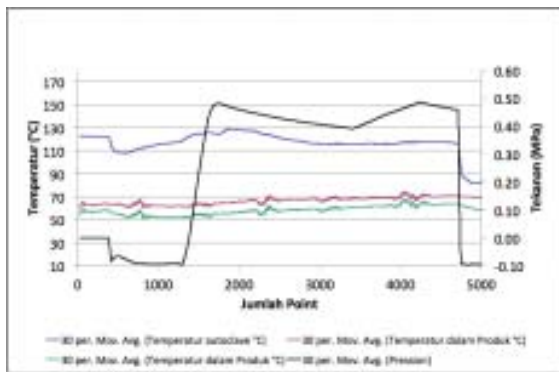
Percobaan dengan menggunakan udara (oksigen)

Penggunaan udara dalam proses pemanasan DIC akan menghasilkan udara kering. Proses pemanasan yang dilakukan dengan memanaskan mesin dengan kapasitas 14000kW tanpa injeksi tekanan dan uap air di dalam autoclave. Dari hasil yang diujicoba sebanyak 15 kali dengan komposisi temperatur yang sama, tidak terjadi ekspansi apapun dan sampel yang di hasilkan kering bahkan kalau lebih lama akan terbakar.

Percobaan dengan menggunakan udara pada proses DIC menunjukkan proses tidak

stabil, panas produk yang terdapat didalam bahan terjadi secara merata namun tidak mengandung kadar air sedikitpun sehingga panas dapat naik meningkat sehingga partikel yang ada didalam produk tidak dapat merubah partikel menjadi lebih besar dan ekspansi tidak dapat terjadi secara sempurna. (Gambar 4).

Perubahan ekspansi dengan menggunakan udara kering pada temperatur *autoclave* 152 °C dengan temperatur injeksi uap air 0.5 MPa. Hasil yang diperoleh adalah ekspansi yang tertunda sehingga menghasilkan ukuran produk lebih kecil yang disebabkan oleh proses penyusutan akibat terbakar.



Gambar3. Percobaan dengan menggunakan oksigen.



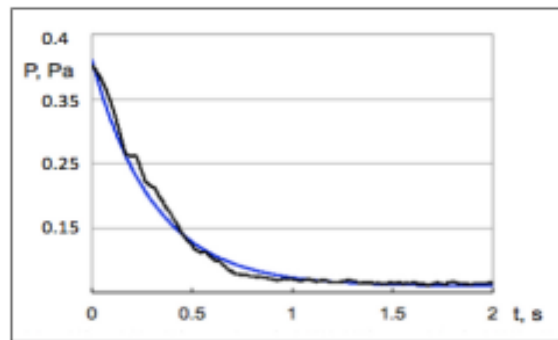
Gambar4. Produk yang diuji coba dengan menggunakan oksigen yang tidak dapat terjadi ekspansi.

Perubahan sampel dalam proses ini disebabkan kurangnya kadar air yang ada di dalam bahan pangan sehingga produk tersebut akan menjadi kecil atau susut, sedangkan sampel yang menggunakan *steam* dapat berkembang menjadi 2 kali lipat. Proses pada saat perubahantemperatur sampel tidak akan lebih dari 70 °C sebelum produk diuji coba.

Pencampuran oksigen dan uap air tidak dapat mengubah ukuran dari sampel yang adadi dalam produk pada proses DIC.

Tahap ekspansi dengan fungsi eksponensial

Percobaan yang dilakukan pada percobaan sampel (keju) pada waktu 45 detik, dengan tekanan inisial PI = 0,35 MPa, dan tekanan final PR = 10 kPa. Waktu konstant yang dihasilkan dengah relasi  $\exp(-t/k)+PR$  dengan  $k=0,3$  s. Nilai yang dihasilkan pada nilai rata-rata (*taux de détente*) 1,17 MPa.s-1. Pada Gambar 5. Proses linieritas perpindahan tekanan selama proses ekspansi terjadi. Proses ini terjadi dengan mensimulasi nilai tekanan yang dihasilkan dengan jumlah waktu yang dibutuhkan dalam proses ekspansi bahan terhadap produk yang akan diuji dengan menggunakan DIC.



Gambar5. Hasil Proses simulasi perpindahan tekanan dengan cepat selama ekspansi terjadi

## KESIMPULAN

Perubahan temperatur dan tekanan sangat penting untuk mengidentifikasi fenomena dan perubahan karakteristik produk dengan parameter operasi percobaan. Variabel temperatur dalam *autoclave* merupakan point penting karena temperatur di dalam *autoclave* dapat memprovokasi perubahanatau modifikasi produk selama injeksi uap air. Perubahan kondisi



tekanan dari rendah menuju tinggi dapat memprovokasi perubahan ukuran produk meskipun dengan menggunakan oksigen tidak dapat terjadi secara normal.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Prof. Karim Allaf dan Prof. Vaclav Sobolik serta Laboratorium LaSiE, univervisty of La Rochelle, France yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Allaf, K. A. T. (2013). *Instant controlled pressure drop D.I.C. applications*: Springer.
- C.Voegel-Turenne, S. B., K.Allaf (2001). Evolution of the mechanical, textural and rheological characteristics of the Granny Smith apple during drying. *Sciences des Aliments*, v. 21(1)(0240-8813 ), 27-34. doi: 10.3166/sda.21.37-34.
- Charm, S. E. (1971). *Fundamentals of Food Engineering*, . CT: AVI, Westport.
- Liu-ping, F., Zhang, M., & Mujumdar, A. S. (2007). Storage Stability of Carrot Chips. *Drying Technology*, 25(9), 1537-1543. doi: 10.1080/07373930701539654.
- Mounir, S., Halle, D., & Allaf, K. (2011). Characterization of pure cheese snacks and expanded granule powders textured by the instant controlled pressure drop (DIC) process. *Dairy Science & Technology*, 91(4), 441-455. doi: 10.1007/s13594-011-0023-8.
- Rakotazafy, H. D. (2001). Application du nouveau procédé de déshydratation par détente successive (DDS), dans le séchage de produits biologique à haut valeur ajoutée. Ph.D, Universite de La Rochelle, La Rochelle.
- Scarpa, F., Tagliafico, L.A.(2008), A new procedure to measure water adsorption isotherms of porous fibrous materials, *Journal of Porous Materials*, 15 (4), pp. 451-456.
- Sulaiman, I(2013). Approches fondamentales et expérimentales des processus d'autovaporisation et de modification structurelle de matériaux surchauffés pendant la détente instantanée contrôlée vers le vide. *Desertasi Doktor*. Universite de La Rochelle. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01066134>.
- Schwartzberg, H. G., Wu, J. P. C., Nussinovitch, A., & Mugerwa, J. (1995). Modelling deformation and flow during vapor-induced puffing. *Journal of Food Engineering*, 25(3), 329-372. doi: 10.1016/0260-8774(94)00015-2.