

PENGARUH GAYA PENGEPRESAN TERHADAP PERUBAHAN SUHU BAHAN PADA PEMBUATAN TABLET EFFERVESCENT BUAH MARKISA

Effect Of Compression Force On Material Temperature Change In Markisa Fruit Effervescent Tablet

Ansar¹⁾, Budi Rahardjo²⁾, Zuheid Noor²⁾, Suyitno²⁾

ABSTRACT

Research about effect of compression force on material temperature change in the markisa fruit effervescent tablet has not been properly. So that the objectives of the research are (1) to the develop a mathematical models to predict change of material temperature and (2) to study variables influences to material temperatures during compression. The investigation was done by varying six variables are the high of material in punch, punch diameter, particles diameter, moisture contents, compress force, and test speed.

The result of the research showed that change of material temperature during compression can be predict with mathematical equation of dimation analysis.

To prove whether the sixth independent variables influence to dependent variable together, with used analysis of variants and the research showed that the F value (35.33) is greater than the F table (2.51). This indicated that the sixth independent variables more influences to change of material temperature during compression.

Key words: *temperature, effervescent tablet, markisa fruits*

PENDAHULUAN

Tablet *effervescent* sudah lama dikenal sebagai salah satu jenis tablet yang banyak diaplikasikan untuk produk-produk farmasi. Tablet *effervescent* didefinisikan sebagai tablet berbuih, mengandung garam-garam *effervescent* atau bahan lain yang mampu melepaskan gas CO₂ saat terjadi kontak dengan air (Mohrle, 1989). Sedangkan menurut Ansel (1989) tablet *effervescent* mengandung natrium bikarbonat, asam sitrat, dan asam tartrat yang apabila dilarutkan dalam air akan bereaksi membebaskan gas CO₂ sehingga menghasilkan buih.

Pada umumnya dalam pembuatan tablet *effervescent* dilakukan dengan menggunakan energi mekanis dengan cara penekanan. Ketika bahan dimampatkan, akan terjadi gesekan antar titik singgung permukaan partikel, sehingga timbul panas yang dapat menaikkan suhu bahan.

Tingkat suhu tertentu pada bahan dapat menyebabkan terjadinya perubahan fase dari padat (*solid*) menjadi fase dapat mengalir (*rubbery*). Suhu terjadinya perubahan fase disebut dengan suhu transisi gelas (*glass transition temperature*) disingkat Tg (Khalloufi, dkk, 2000). Komponen bahan tablet yang memiliki suhu Tg rendah ketika dimampatkan akan mengalami pelelehan lebih awal, sehingga dapat berfungsi sebagai bahan perekat (*binder*).

Permasalahan yang sering terjadi pada pembuatan tablet *effervescent* adalah tablet yang dihasilkan bersifat rapuh, sehingga mudah hancur atau terlalu keras menyebabkan sukar larut. Fenomena tersebut sangat berhubungan dengan perubahan suhu yang menyebabkan terjadinya pelelehan bahan kemudian merekat ketika pengepresan. Perubahan suhu disebabkan oleh gesekan antar titik singgung permukaan partikel pada saat pemampatan.

Terkait dengan hal tersebut di atas, maka perlu dikaji secara ilmiah variabel-variabel yang diduga berpengaruh terhadap perubahan suhu bahan selama pengepresan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model matematis dengan metode analisis dimensi (*dimension analysis*) dalam mengkaji berbagai variabel yang diduga berpengaruh terhadap perubahan suhu bahan selama pengepresan.

METODE PENELITIAN

Penyusunan Model Matematis

Beberapa variabel yang diduga berpengaruh terhadap perubahan suhu bahan selama pengepresan, dapat ditulis dalam bentuk fungsi sebagai berikut:

1) Fakultas Pertanian UNRAM, Mataram

2) Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta

$$T_b = f(T_a, m_b, \rho_p, k_a, d_p, c_{pb}, k_b, \mu, d_c, c_{pc}, F, u)$$

..... (1)

Dengan menggunakan analisis dimensi teori Pi Buckingham's (*Buckingham's Pi Theorem*), diperoleh model matematis sebagai berikut:

$$\frac{T_b}{T_a} = k \left(\frac{m_b}{\rho_p d_p^3} \right)^a (k_a)^b \left(\frac{\alpha^2}{T_a d_p^2 c_{pb}} \right)^c \left(\frac{d_c}{d_p} \right)^d \left(\frac{F}{T_a d_p^2 \rho_p c_{pb}} \right)^e \left(\frac{u^2}{T_a c_{pb}} \right)^f$$

..... (2)

Nilai-nilai konstante k, a, b, c, d, e, dan f diperoleh dari percobaan dan evaluasinya dilakukan dengan *multiple linear regression* secara simultan (Douglass, 1969).

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas dua kelompok yaitu bahan utama dan bahan tambahan. Bahan utama adalah granula markisa yang terbuat dari bubuk buah markisa (*Passiflora edulis f. edulis*). Sedangkan bahan tambahan (*food additive*) yang digunakan terdiri atas aspartam, poli etilen glikol (PEG), natrium bikarbonat, dan asam sitrat. Masing-masing bahan tambahan ini divariasi untuk mendapatkan sifat tablet *effervescent* yang optimum.

Proses pembuatan granula markisa dilakukan dengan mencampur bubuk buah markisa yang sudah dipekatkan dengan laktosa dengan rasio 2 : 9 gr/gr. Campuran ini diaduk sampai rata hingga terbentuk adonan, kemudian diayak pada ayakan 12 mesh Granula markisa selanjutnya dikeringkan dalam *cabinet dryer* pada suhu 50 °C. Lama pengeringan divariasi yaitu 6, 7, 8, 9, 10, 11, dan 12 jam guna memperoleh kadar air yang optimum.

Alat yang digunakan adalah *rotary vacuum evaporator*, mortir, cawan, ayakan Tyler, timbangan analitik, alat cetakan, termometer, termokopel, *universal testing instrument* (Lloyd), dan *humidifier*.

Prosedur Penelitian

Pembuatan tablet *effervescent* dilakukan pada ruangan dengan kelembaban udara (*humidity relative*) 40 % dengan suhu lingkungan 28.5 °C. Masing-masing formula tablet dicampur di dalam cawan. Bahan yang sudah tercampur tersebut dimasukkan ke dalam cetakan kemudian dimampatkan.

Pengambilan data perubahan suhu bahan selama pengepresan diukur dengan termokopel. Termokopel dipasang pada cetakan dengan ujungnya menyentuh bahan, sehingga pada saat pengepresan perubahan suhu dapat terdeteksi. Pengamatan suhu berakhir apabila gaya tekan maksimum tercapai. Pengamatan suhu dilakukan dengan selang waktu 5 detik.

Pentabletan dilakukan dengan beberapa variasi perlakuan yaitu massa bahan dalam cetakan (0,03; 0,0325; 0,035; 0,0375; dan 0,04 kg), diameter cetakan (0,015; 0,02; dan 0,025 m),

diameter partikel (0,00017; 0,00021; dan 0,00023 m), kadar air bahan (3,2; 4,3; 5,1; 6,4; 7,5; 8,3; dan 9,5 db), gaya tekan (1000; 2000; 3000; 4000; dan 5000 N), dan kecepatan penekanan (0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06 dan 0,07 m/dt). Untuk setiap satu set percobaan diulang sebanyak lima kali.

Skema Alat Penelitian

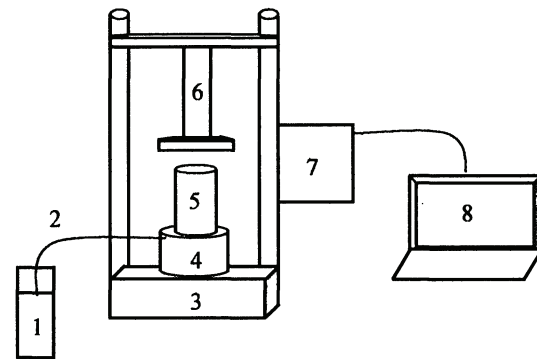


Figure 1.
Schematic of equipments research

Keterangan gambar:

1. Termometer
2. Termokopel
3. Landasan LLOYD
4. Die
5. Punch
6. Penekan
7. Controller
8. Komputer

Analisis Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah jumlah massa bahan (m_b), panas jenis bahan (c_p), panas jenis cetakan (c_{pc}), diameter cetakan (d_c), diameter partikel (d_p), gaya tekan (F), kadar air bahan (k_a), konduktivitas bahan (k_b), suhu awal bahan (T_a), kenaikan suhu bahan (T_b), kecepatan tekan (u), dan densitas partikel (ρ_p).

Data-data tersebut dianalisis dengan menggunakan regresi linier berganda (*multiple linear regression*). Untuk mengetahui kehandalan model matematis dilakukan dengan cara membandingkan data prediksi dengan data observasi. Model matematis dikatakan valid jika nilai koefisien determinasi (R^2) antara data prediksi dengan data observasi mendekati angka satu (Supranto, 2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran hubungan antara kelompok tak berdimensi yang berpengaruh terhadap perubahan suhu bahan disajikan dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Table 1. Correlations dependent variable with independent variable.

No.	$\frac{T_b}{T_a}$	$\frac{m_b}{\rho_p d_p^3}$	k_a	$\frac{\alpha^2}{T_a d_p^2 c_{pb}}$	$\frac{d_c}{d_p}$	$\frac{F}{T_a d_p^2 \rho_p c_{pb}}$	$\frac{u^2}{T_a c_{pb}}$
1	1.02456	2.86E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
2	1.03158	3.10E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
3	1.07018	3.34E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
4	1.09123	3.58E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
5	1.10175	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
6	1.10877	4.05E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
7	1.14737	4.29E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
8	1.17193	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
9	1.13684	3.82E+05	0.43	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
10	1.12632	3.82E+05	0.51	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
11	1.11579	3.82E+05	0.64	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
12	1.06316	3.82E+05	0.75	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
13	1.03158	3.82E+05	0.83	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
14	1.00351	3.82E+05	0.95	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
15	1.10877	7.19E+05	0.32	1.45E-05	117.65	3.97E-03	8.63E-02
16	1.10175	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
17	1.11579	2.56E+05	0.32	7.26E-06	83.333	3.97E-03	8.63E-02
18	1.07368	1.45E+05	0.32	4.98E-06	68.966	3.97E-03	8.63E-02
19	1.05614	1.19E+05	0.32	4.35E-06	64.516	3.97E-03	8.63E-02
20	1.05965	3.82E+05	0.32	9.49E-06	71.429	3.97E-03	8.63E-02
21	1.07719	3.82E+05	0.32	9.49E-06	83.333	3.97E-03	8.63E-02
22	1.09825	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
23	1.10877	3.82E+05	0.32	9.49E-06	107.14	3.97E-03	8.63E-02
24	1.11579	3.82E+05	0.32	9.49E-06	119.05	3.97E-03	8.63E-02
25	1.00702	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	1.32E-03	8.63E-02
26	1.03158	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	2.00E-03	8.63E-02
27	1.06316	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	2.65E-03	8.63E-02
28	1.09474	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.31E-03	8.63E-02
29	1.11579	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
30	1.12632	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	4.63E-03	8.63E-02
31	1.14386	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	5.30E-03	8.63E-02
32	1.16491	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	5.96E-03	8.63E-02
33	1.18947	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	6.62E-03	8.63E-02
34	1.01053	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	5.40E-03
35	1.07368	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	2.16E-02
36	1.09825	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	4.86E-02
37	1.10175	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	8.63E-02
38	1.10877	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	1.35E-01
39	1.13684	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	1.94E-01
40	1.17544	3.82E+05	0.32	9.49E-06	95.238	3.97E-03	2.64E-01

Hasil analisis regresi linier berganda diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\text{Log } \pi_1 = -3,84 + 0,294 \log \pi_2 - 0,0566 \log \pi_3 - 0,452 \log \pi_4 + 0,113 \log \pi_5 + 0,101 \log \pi_6 + 0,0331 \log \pi_7 \dots\dots\dots (3)$$

Dimana, $\log \pi_1 = \frac{T_b}{T_a}$, $\log \pi_2 = \frac{m_b}{\rho_p d_p^3}$, $\log \pi_3 = k_a$, $\log \pi_4 = \frac{\alpha^2}{T_a d_p^2 \rho_p c_{pb}}$, $\log \pi_5 = \frac{d_c}{d_p}$, $\log \pi_6 = \frac{F}{T_a d_p^2 \rho_p c_{pb}}$,

dan $\log \pi_7 = \frac{u^2}{T_a c_{pb}}$

Apabila persamaan (3) dikembalikan ke persamaan (2) akan diperoleh kelompok tak berdimensi sebagai berikut:

$$\frac{T_b}{T_a} = -3,84 \left(\frac{m_b}{\rho_p d_p^3} \right)^{0,294} (k_a)^{-0,0566} \left(\frac{\alpha^2}{T_a d_p^2 \rho_p c_{pb}} \right)^{-0,452} \left(\frac{d_c}{d_p} \right)^{0,113} \left(\frac{F}{T_a d_p^2 \rho_p c_{pb}} \right)^{3,101} \left(\frac{u^2}{T_a c_{pb}} \right)^{0,0331} \dots\dots\dots (4)$$

Hasil pengamatan pada setiap perlakuan variabel bebas terhadap variabel terikat (perubahan suhu bahan) menunjukkan adanya pengaruh yang nyata. Besarnya pengaruh masing-masing variabel bebas adalah massa bahan sebesar 0,294; kadar air sebesar -0,0566; diameter partikel sebesar -0,452; diameter cetakan sebesar 0,113; gaya tekan sebesar 3,101; dan kecepatan penekanan sebesar 0,0331. Dari data tersebut menunjukkan bahwa gaya tekan memiliki pengaruh yang paling tinggi terhadap perubahan suhu bahan dibanding dengan variabel yang lain. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Marais, dkk. (2003) bahwa gaya tekan sangat berpengaruh terhadap kekompakan tablet yang disebabkan oleh perubahan suhu bahan, kemudian terjadi pelelehan ketika pengepresan.

Hasil verifikasi antara data prediksi dengan data observasi dapat dilihat pada Gambar 1 dengan hasil persamaan regresi sebagai berikut:

$$T_b \text{ pred} = 6,14645 + 0,801393 T_b \text{ obs} \dots\dots\dots (7)$$

Dari persamaan (7) diketahui bahwa nilai 6,14645 merupakan konstanta yang menunjukkan bahwa jika tidak ada perubahan untuk setiap suhu observasi, maka suhu prediksi akan mencapai 6,14645, sedangkan nilai 0,801393 merupakan koefisien regresi yang menunjukkan bahwa untuk setiap penambahan suhu observasi, maka rata-rata harga suhu prediksi naik sebesar 0,801393 kali.

Berdasarkan hasil verifikasi antara data prediksi dengan data observasi seperti pada Gambar 1, terlihat bahwa kurva perubahan suhu prediksi dengan suhu observasi mempunyai nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,891. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa model ini cukup mendekati proses yang terjadi selama pentabletan.

Untuk membuktikan pengaruh keenam variabel bebas secara bersama-sama terhadap variabel terikat, digunakan analisis varians. Analisis varians dimaksudkan untuk menguji

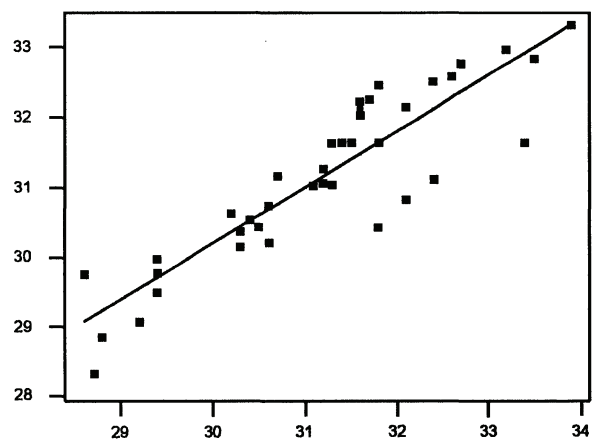


Figure 2. Results of verification the prediction with observation data

hipotesis pilihan yaitu $H_0: b^1 = 0$ dan $H_0: b^1 \neq 0$. Berdasarkan pengujian nyata regresi menggunakan tabel distribusi F diperoleh nilai F tabel $_{0,05;6;25} = 2,51$ lebih kecil dari F hitung = 35,33 untuk dk = 31 dan $\alpha = 0,05$. Ini menunjukkan bahwa hipotesis $H_0: b^1 \neq 0$ diterima dan menolak $H_0: b^1 = 0$. Hal ini berarti bahwa keenam variabel bebas sangat berpengaruh terhadap variabel terikat pada taraf signifikansi (α) = 0,05.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Variabel yang paling berpengaruh terhadap perubahan suhu bahan pada pembuatan tablet *effervescent* buah markisa adalah gaya tekan. Gaya tekan dapat menyebabkan terjadinya gesekan antar titik singgung permukaan partikel, sehingga timbul panas yang dapat menaikkan suhu bahan, kemudian terjadi perekatan antar partikel.

2. Berdasarkan data percobaan, diperoleh hubungan variabel-variabel yang berpengaruh terhadap perubahan suhu bahan selama pengepresan dalam bentuk kelompok tak berdimensi.
3. Hasil verifikasi model menunjukkan bahwa antara data prediksi dengan observasi memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,891. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa model matematis yang telah dikembangkan mampu menjelaskan pengaruh berbagai variabel terhadap perubahan suhu bahan selama pengepresan.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhatikan koefisien gesek (*friction coefficient*) antar partikel, sehingga model matematik yang telah dikembangkan dapat memberikan informasi yang lebih valid.

DAFTAR SIMBOL

c_{pb}	= panas jenis bahan (kJ/kg °C)
c_{pc}	= panas jenis cetakan (kJ/kg °C)
d_c	= diameter cetakan (m)
d_p	= diameter partikel (m)
F	= gaya tekan (N)
m_b	= massa bahan (kg)
k_a	= kadar air bahan (db)
k_b	= konduktivitas bahan (W/m °C)
T_a	= suhu awal bahan (°C)
T_b	= kenaikan suhu bahan (°C)
u	= kecepatan tekan (m/dt)
ρ_p	= densitas partikel (kg/m ³)
α	= difusivitas panas (m ² /dt)
μ	= koefisien gesek bahan

DAFTAR PUSTAKA

- Amela, N.J., 1997. *Technological Contribution to Effervescent Tablets with Ascorbic Acid*. Dissertation, Health Sciences, Pharmacy, De Barcelona University.
- Ansel, H.C., 1989. *Introduction to Pharmaceutical Dosage Forms*. Lea and Febiger, Georgia.
- Douglass, J.F., 1969. *An Introduction to Dimensional Analysis for Engineer*. Sir Isaac Pitman & Sons Ltd, London.
- Fassihi, A.R. dan Kanfer, I., 1986. *Effect of Compressibility and Powder Flow Properties on Tablet Weight Variation in Drug Development Industrial Pharmacy*. Marcel Decker Inc. New York, 22, 1947 – 1968.
- Khalloufi, S, El-Maslouhi, Y, dan Ratti, C., 2000. *Mathematical Model for Prediction of Glass Transition Temperature of Fruit Powders*. Journal of Food Science. 65 (5): 842 – 847.
- Marais, A.F., Song, M., Villiers, M.M., 2003. *Effect of Compression Force, Humidity and Disintegrant Concentration on the Disintegration and Dissolution of Directly Compressed Furosemide tablets using Croscarmellose Sodium as Disintegrant*. Tropical Journal of Pharmaceutical Research, 2(1): 125-135.
- Mohrle, R., 1989. *Effervescent Tablets, Dalam Pharmaceutical Dosage Forms: Tablet*. Vol. 1, 2nd Edition, Marcel Decker Inc., New York.
- Supranto, J., 2004. *Analisis Multivariat: Arti dan Interpretasi*. Rineka Cipta, Jakarta.