

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN 0216-3365

Vol. 22, No. 1, April 2008



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Pertanian - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknikan Pertanian merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (**PERTETA**) yang didirikan 10 Agustus 1968 di Bogor, berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan tiga kali setahun, namun untuk meningkatkan kualitas jurnal maka mulai edisi April 2008 diterbitkan dua kali setahun. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya, lingkungan dan bangunan, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Pengiriman makalah harus mengikuti panduan penulisan yang tertera pada halaman akhir atau menghubungi redaksi via telpon, faksimili atau e-mail. Makalah dapat dikirimkan langsung atau via pos dengan menyertakan hard- dan soft-softcopy, atau e-mail. Penulis tidak dikenai biaya penerbitan, akan tetapi untuk memperoleh satu eksemplar dan 10 re-prints dikenai biaya sebesar Rp 50.000. Harga langganan Rp 70.000 per volume (2 nomor), harga satuan Rp 40.000 per nomor. Pemesanan dapat dilakukan melalui e-mail, pos atau langsung ke sekretariat. Formulir pemesanan terdapat pada halaman akhir.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Asep Sapei
Anggota : Kudang B. Seminar
Daniel Saputra
Bambang Purwantana
Y. Aris Purwanto

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah
Sekretaris : Satyanto K. Saptomo
Bendahara : Emmy Darmawati
Anggota : Usman Ahmad
I Wayan Astika
M. Faiz Syuaib
Ahmad Mulyawatullah

Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan
Departemen Teknik Pertanian, IPB Bogor

Alamat:

Jurnal Keteknikan Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. Telp. 0251-8624691, Fax 0251-8623026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: ipb.ac.id/~jtep.

Rekening:

BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknikan Pertanian

Percetakan:

PT. Binakerta Adiputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah menelaah (mereview) naskah pada penerbitan Vol. 22 No. 1 April 2008. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA (Departemen Teknik Pertanian, Universitas Brawijaya Malang), Dr. Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr. Ir. Usman Ahmad, M. Agr (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr. Ir. Leopold Oscar Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr. Ir. Sutrisno, M. Agr (Departemen Teknik Pertanian IPB), Prof. Dr. H. M. Ade Moetangad Kramadibrata, Dipl. Ing., M. Res. Eng. Sc., PhD. (Fakultas Teknologi Industri Pertanian Unpad), Dr. Ir. M. Yanuar J. Purwanto, MS (Departemen Teknik Pertanian IPB).

Technical Paper

Pengukuran Parameter Sifat Viskoelastis Biji Kedelai Berdasarkan Model SMK (Simplified Maxwell-kelvin) dan DM (Degenerated Maxwell)**Measuring The Parameters of The Viscous-elastic Property of Soybean Grain using SMK (Simplified Maxwell-Kelvin) and DM (Degenerated Maxwell) Models**I.K. Tastra¹**Abstract**

Soybean seed with high proportion (25%) of hard grain is reported to have long storability and minimum pre harvest deterioration. Therefore, it is imperative to measure the parameter of the viscous-elastic properties of soybean grain in conjunction with the hard grain characteristic. This information is important in optimizing the post harvest processing system of soybean seed, especially at threshing process. Wilis variety of soybean with grain moisture of 13.78 % wet basis was used in this study. The measurement of the parameters of the soybean grain viscous-elastic property was conducted using a Rheometer (Model EZtes/CE, Merek Shimadzu), based on the SMK and DM models, combining three parameters of spring (K) and dashpot (C). The measurement of the parameters of the soybean grain viscous-elastic property was done with 15 replications through 15 soybean grains taken randomly. The values of soybean grain viscous-elastic parameters using SMK model were $K_1 = 48.21$ N/mm (Standard Deviation (SD) = 3.46 N/mm) $K_2 = 45.44$ N/mm (SD = 8.66 N/mm) and $C_1 = 380.79$ N-s/mm (SD = 59.19 N-s/mm) respectively. While using DM Model the values of soybean grain parameters were $K_3 = 23,34$ N/mm (SD = 3,46 N/mm); $K_4 = 24.87$ N/mm (SD = 1.68 N/mm) and $C_2 = 1001.03$ N-s/mm (SD = 7.70 N-s/mm) respectively. Model validation show that both SMK and DM models had coefficient determination (R^2) > 0.98.

Keywords: Soybean grain, Viscous-elastic property, SMK and DM models.

Diterima: 28 Juni 2007; Disetujui: 13 Oktober 2007

Pendahuluan

Setelah lepas dari cekaman lingkungan pada waktu kedelai belum dipanen, pada tahap prosesing, biji kedelai tidak dapat dihindari dari adanya cekaman panas dan beban mekanis. Cekaman panas terjadi karena biji yang baru dipanen perlu dikeringkan sampai kadar air aman untuk proses perontokan. Cekaman beban mekanis terjadi karena biji kedelai menerima gaya impak pada saat perontokan (Tastra, 1994a). Hasil penelitian telah banyak mengungkapkan bahwa cekaman panas dan beban mekanis dapat menurunkan mutu biji khususnya daya tumbuh biji (Chin, et. al., 1974; Chirmakson, et. al., 1978; Mohsenin, 1980).

Meskipun dampak dari cekaman suhu dan beban mekanis secara eksplisit tidak ada dalam persyaratan standard mutu biji kedelai (Sumarno, 1985) berupa kerusakan biji, secara implisit dampak tersebut tercermin dari parameter daya tumbuh biji kedelai. Oleh karena itu, pencapaian standar mutu biji kedelai sesungguhnya merupakan interaksi antara kondisi fisik biji kedelai dan peralatan yang digunakan dalam penanganan pasca panennya (Tastra, 1994b).

Salah satu sifat fisik biji kedelai yang penting adalah tingkat kekerasan biji. Hasil penelitian di Amerika dan Nigeria membuktikan adanya keragaman genetik dalam daya simpan biji kedelai (Potts, 1985; Dassou dan Kueneman, 1984 dalam Nugraha, 1997). Biji dari *genotype* yang banyak mengandung biji keras (>25%) dilaporkan memiliki daya simpan dan ketahanan terhadap deteriorasi pra panen yang tinggi. Untuk itu, perlu dikaji lebih mendalam sifat viskoelastis biji kedelai yang juga mencerminkan tingkat kekerasan biji. Informasi ini berguna dalam mengoptimalkan sistem penanganan pasca panen, khususnya pada tahap perontokan biji, agar mutu biji yang dihasilkan sesuai standar (Tastra, 1994b).

Penelitian sifat viskoelastis dinamis biji kedelai pada tingkat suhu 60 – 90 °C dan kadar air biji 9 – 12 % dengan menggunakan DMTA (*Dynamic mechanical thermal analyzer*) telah dilaporkan untuk mengoptimalkan sistem ekstraksi minyak kedelai (Sing, et. al., 2001). Penggunaan alat DTMA untuk studi sifat viskoelastis biji kedelai belum ada. Sementara itu, penelitian sifat viskoelastis biji kedelai untuk tujuan optimasi sistem perontokan kedelai yang akan digunakan biji juga belum ada

¹ Lab Sifat Fisik dan Panas, Kelti Pasca Panen dan Mekanisasi, Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Kotak Pos 66 Malang 65101, E-mail: iktastra@asabe.org

dilaporkan di Indonesia. Namun demikian, pada komoditi jagung, Tastra (1983) telah mencoba mengkaji sifat viskoelastis biji jagung (Jagung Tongkol) untuk tujuan optimalisasi kinerja sistem pemipilan jagung, menggunakan model SMK dan DM. Pada penelitian pendahuluan ini model yang sama digunakan untuk mengkaji sifat viskoelastis biji kedelai.

Tujuan dari penelitian ini mengukur parameter sifat viskoelastis biji kedelai dengan menggunakan model SMK dan DM.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di laboratorium Sifat Fisik dan Panas, Kelti Pasca Panen, Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian; pada bulan Mei – Juni 2004. Bahan yang digunakan adalah biji kedelai varietas Wills pada tingkat kadar air biji 13,38 % basis basah (bb). Instrumen yang digunakan untuk mengukur parameter viskoelastis biji kedelai varietas Wills adalah Alat Rheometer Model EZ10/CE, Merek Shimadzu (Gambar 1), yang dioperasikan pada kecepatan tekan (V) 50 mm/menit terhadap biji kedelai, sampai biji kedelai mencapai deformasi (X_0) 1,1 mm selama 30 detik.

Sifat viskoelastis biji kedelai dikaji berdasarkan model SMK dan DM yang masing-masing terdiri dari tiga elemen (parameter) kombinasi pegas (K) dan dashpot (C). Untuk model SMK terdiri atas parameter

K_1 , K_2 dan C_1 ; sementara untuk model DM terdiri dari parameter K_3 , K_4 dan C_2 . Dari segi jumlah parameter kedua model tersebut sama, namun strukturnya berbeda seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

Dari diagram gaya yang bekerja pada biji kedelai (Gambar 2), menurut Hukum Newton dapat disusun persamaan keseimbangan gaya sebagai berikut:

$$F = F_1 + F_2 \quad /1/$$

Setelah dijabarkan (Lampiran 1), persamaan gaya untuk model SMK (Abdullah, 1969 dalam Prasetyo, 1981) menjadi:

$$K_1 X + K_2 X + K_3 X + C_1 \frac{dX}{dt} = F X + K_4 X + C_2 \frac{dF}{dt} + F X K_5 \quad /1a/$$

Atau dapat disederhanakan menjadi:

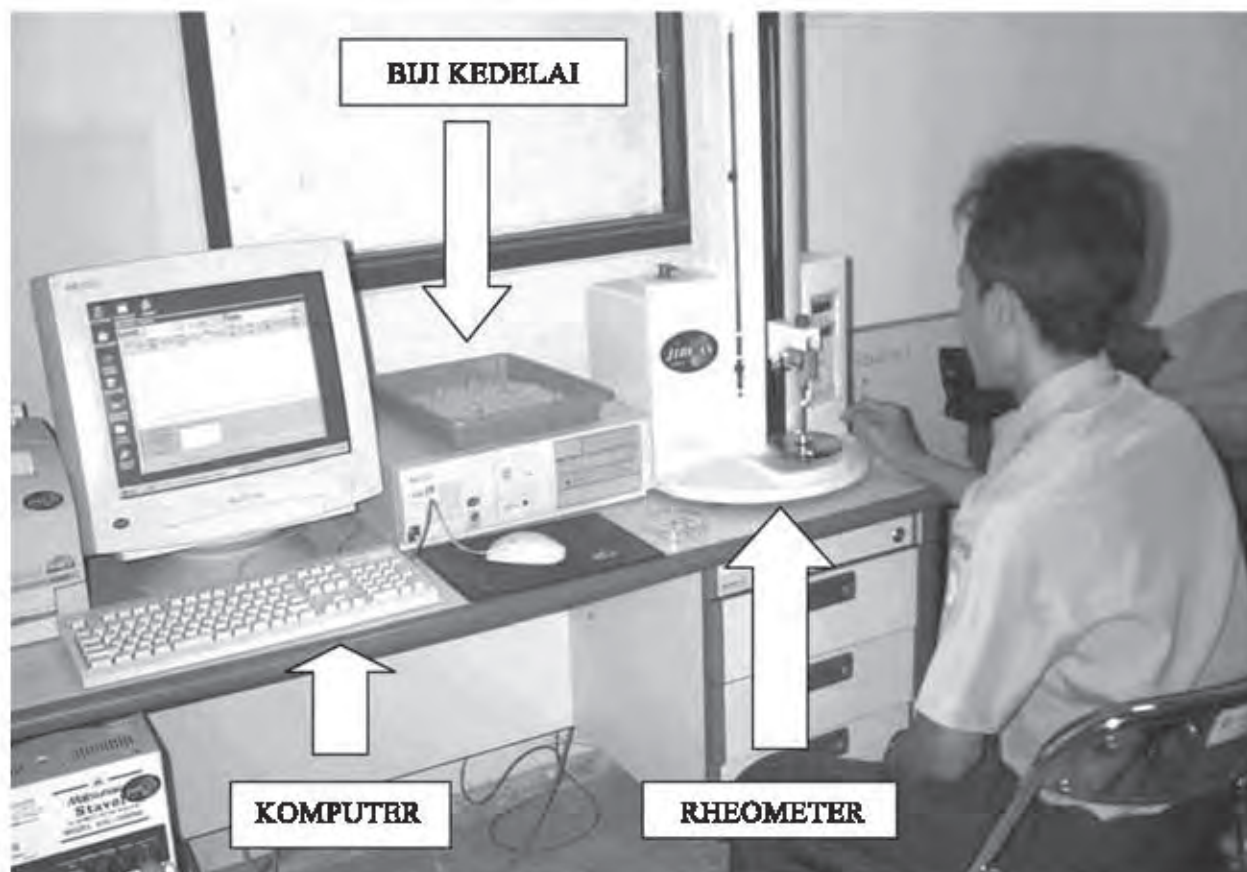
$$X(K_1 + K_2 + K_3)/C_1 + K_4 X \frac{dX}{dt} = \frac{dF}{dt} + F X (K_4 + K_5)/C_1$$

dan untuk model DM (Lampiran 2):

$$X(K_3 + K_4)/C_2 + K_5 X \frac{dX}{dt} = \frac{dF}{dt} + F X (K_3 + K_4)/C_2 \quad /1b/$$

Pada saat $\frac{dX}{dt} = 0$, nilai $X = X_0$. Dengan teknik

Transformasi Laplace (Thomson, 1960) secara umum persamaan /1a/ dan /1b/ dapat dipecahkan menjadi (Lampiran 1 dan 2):



Gambar 1. Alat ukur viskoelastis biji kedelai

$$F_t = F_o \times \text{Exp}(-b \times t) \times A \times (1 - \text{Exp}(-b \times t)) \quad /2/$$

atau $F_t = A + (F_o - A) \times \text{Exp}(-b \times t)$

Dimana, F_o = gaya awal (N) pada saat $X = X_o$ (mm) dan t = waktu pengukuran (s).

Untuk model SMK, nilai koefisien dari persamaan /2/ adalah:

$$b = (K_1 + K_2) / C_1 \quad /3/$$

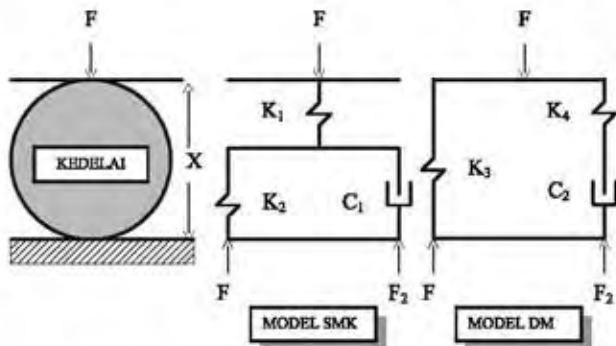
$$A = (X_o \times K_1 \times K_2) / (K_1 \times K_2) \quad /4/$$

Sementara untuk model DM, nilai koefisien persamaan /2/ adalah:

$$b = K_4 / C_2 \quad /5/$$

$$A = X_o \times K_3 \quad /6/$$

Dari data grafik hubungan antara gaya tekan (F_t)



Gambar 2. Diagram gaya yang bekerja pada biji kedelai berdasarkan model viskoelastis SMK dan DM

dengan waktu, nilai parameter viskoelastis biji kedelai menurut model SMK dan DM dapat dihitung dengan tahapan seperti pada diagram alir pada Gambar 3a dan 3b. Rincian contoh cara perhitungan parameter model SMK dan DM disajikan pada Lampiran 3b dan 3c.

Adapun prosedur untuk menghitung gaya relaksasi (F_{rel}) (Gambar 3a dan 3b) yang digunakan dalam menentukan waktu relaksasi (t_{rel}) dari grafik data hasil pengukuran dengan alat Rheometer adalah sebagai berikut:

Untuk model SMK :

Dengan mensubstitusikan nilai $t_{rel} = C_1 / (K_1 + K_2)$ pada persamaan /2/ maka diperoleh persamaan gaya relaksasi :

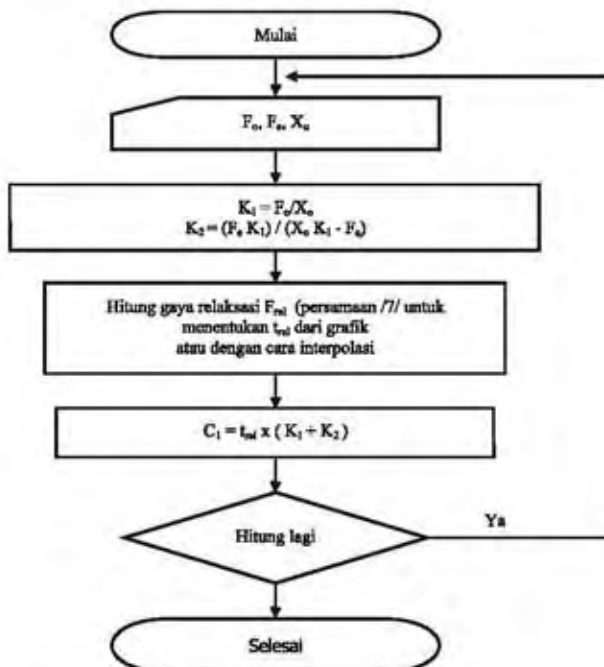
$$F_{rel} = ((X_o \times K_1 \times K_2) / (K_1 + K_2)) \times (1 - (1/e)) + F_o \times (1/e) \quad /7/$$

Dengan memasukkan data X_o , F_o dan F_e serta hasil perhitungan parameter K_1 dan K_2 (Gambar 3a) pada persamaan /7/ maka nilai gaya relaksasi (F_{rel}) dapat dihitung untuk model SMK.

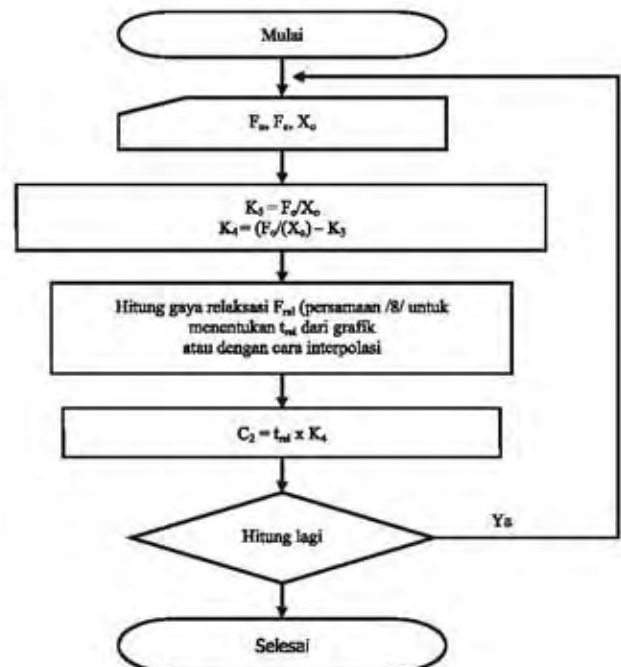
Untuk model DM :

Dengan mensubstitusikan nilai $t_{rel} = C_2 / K_2$ pada persamaan /2/ maka diperoleh persamaan gaya relaksasi :

$$F_{rel} = X_o \times K_3 \times (1 - (1/e)) + F_o \times (1/e) \quad /8/$$



Gambar 3a Tahapan menghitung nilai parameter viskoelastis biji kedelai berdasarkan model SMK (F_o = Gaya awal (N), X_o = deformasi biji kedelai (mm), F_e = Gaya akhir (N)).



Gambar 3b Tahapan menghitung nilai parameter viskoelastis biji kedelai berdasarkan model DM (F_o = Gaya awal (N), X_o = deformasi biji kedelai (mm), F_e = Gaya akhir (N)).

Dengan memasukkan data X_0 , F_0 dan F_0 serta hasil perhitungan parameter K_3 dan K_4 (Gambar 3b) pada persamaan /8/ maka nilai gaya relaksasi (F_{rel}) dapat dihitung untuk model DM.

Selanjutnya, dengan memplotkan nilai F_{rel} yang didapat dari persamaan /7/ pada grafik hasil pengukuran (Lampiran 3a) nilai t_{rel} untuk model SMK didapat. Setelah nilai t_{rel} diketahui, nilai parameter C_1 untuk model SMK dapat dihitung (Gambar 3a).

Dengan cara yang sama, dengan memplotkan nilai F_{rel} yang didapat dari persamaan /8/ pada grafik hasil pengukuran (Lampiran 3a) nilai t_{rel} untuk model DM didapat. Setelah nilai t_{rel} diketahui, selanjutnya nilai parameter C_2 untuk model DM dapat dihitung (Gambar 3b).

Untuk memudahkan proses perhitungan parameter dan validasi model SMK dan DM digunakan program EXCEL seperti contoh pada Lampiran 3b dan 3c. Dengan menggunakan program EXCEL, nilai t_{rel} dapat juga dihitung dengan cara interpolasi. Untuk pengukuran parameter viskoelastis benih kedelai dalam jumlah yang banyak (beberapa varietas), cara ini lebih baik dan lebih praktis dibandingkan dengan cara memplotkan F_{rel} pada grafik hasil pengukuran untuk mendapatkan nilai t_{rel} .

Validasi hasil pengukuran parameter sifat viskoelastis biji kedelai dengan menggunakan model SMK dan DM, ditentukan berdasarkan nilai koefisien determinasinya yang dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R^2 = \frac{\sum(F_t - \bar{F}_t)^2 - \sum(\hat{F}_t - \bar{F}_t)^2}{\sum(F_t - \bar{F}_t)^2} \quad /9/$$

Dimana : R^2 = Koefisien Determinasi (-)
 F_t = Nilai Gaya hasil pengamatan (N)
 \bar{F}_t = Nilai rata-rata F_t (N)
 \hat{F}_t = Nilai Gaya hasil perhitungan menggunakan Model SMK dan DM (N)

Hasil Dan Pembahasan

Validasi Model Viskoelastis Biji Kedelai

Sebagai ilustrasi, validasi model viskoelastis biji kedelai menggunakan suatu contoh hasil pengukuran pada Lampiran 3a. Rincian cara perhitungan parameter K_1 , K_2 , dan C_1 untuk model SMK dijabarkan pada Lampiran 3b. Dengan memasukkan nilai F_0 dan parameter K_1 , K_2 , dan C_1 pada persamaan /3/ dan /4/ diperoleh persamaan gaya F_t (persamaan /2/) yang bekerja pada biji kedelai menurut model SMK seperti pada Gambar 4. Koefisien determinasi dari model SMK tersebut cukup besar yaitu $R^2 = 0,9938$.

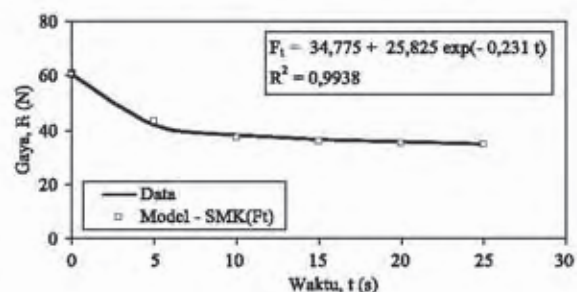
Rincian perhitungan parameter K_3 , K_4 , dan C_2 untuk model DM dijabarkan pada Lampiran 3c. Setelah memasukkan nilai parameter K_3 , K_4 dan C_2

pada persamaan /5/ dan /6/ diperoleh persamaan gaya F_t (persamaan /2/) yang bekerja pada biji kedelai menurut model DM seperti pada Gambar 5. Koefisien determinasi dari model DM sama dengan nilai koefisien determinasi dari model SMK (Gambar 4). Disamping itu, nilai koefisien dari persamaan gaya F_t dari model SMK juga sama dengan model DM. Implikasinya, meskipun secara struktural kombinasi parameter kedua model viskoelastis biji kedelai tersebut berbeda (Gambar 2), secara agregat memberikan respon yang sama bila biji kedelai mendapat gaya tekan. Dengan demikian, untuk mengkaji sifat viskoelastis benih kedelai dapat dipakai model SMK atau DM.

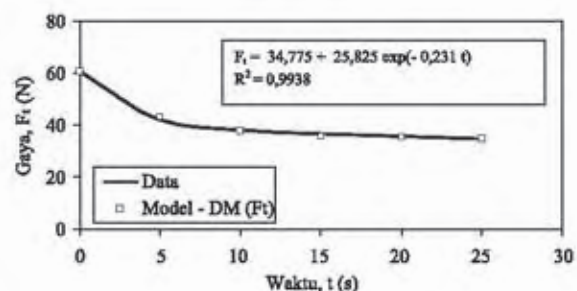
Persamaan gaya F_t dari 15 contoh benih kedelai yang diambil secara acak dapat dilihat pada Tabel 1. Nampak bahwa meskipun ada keragaman nilai koefisien determinasi yang didapat, namun secara umum menunjukkan nilai $R^2 > 0,98$. Hal ini menunjukkan bahwa untuk mengkaji sifat viskoelastis benih kedelai dapat dipakai model SMK atau DM, dengan tingkat validitas yang cukup tinggi meskipun nilai t_{rel} dihitung dengan cara interpolasi memakai program EXCEL.

Nilai Parameter Viskoelastis Biji Kedelai

Nilai parameter viskoelastis biji kedelai berbeda antara yang diperoleh dengan menggunakan pendekatan model viskoelastis SMK (*Simplified Maxwell-Kelvin*) dengan yang menggunakan pendekatan model viskoelastis DM (*Degenerated*



Gambar 4. Contoh validasi model viskoelastis biji kedelai varietas Wilis dengan menggunakan model SMK (Lampiran 3b).



Gambar 5. Contoh validasi model viskoelastis biji kedelai varietas Wilis dengan menggunakan model DM (Lampiran 3c).

Tabel 1. Model viskoelastis biji kedelai varietas Wilis berdasarkan model SMK dan DM pada kadar air biji 13,78 % bb.

Ulangan	Beban gaya awal F_0 (N)	Persamaan Gaya (F_t) Model viskoelastis SMK dan DM	Koefisien determinasi (R^2)
1	61,675	$F_t = 30,475 + 31,200 \text{ Exp } (-0,243 t)$	0,9847
2	57,600	$F_t = 27,850 + 29,750 \text{ Exp } (-0,246 t)$	0,9882
3	56,000	$F_t = 27,925 + 28,075 \text{ Exp } (-0,247 t)$	0,9842
4	49,325	$F_t = 23,350 + 25,975 \text{ Exp } (-0,246 t)$	0,9827
5	51,350	$F_t = 24,725 + 26,625 \text{ Exp } (-0,247 t)$	0,9834
6	54,925	$F_t = 26,475 + 28,450 \text{ Exp } (-0,248 t)$	0,9855
7	51,280	$F_t = 24,150 + 27,125 \text{ Exp } (-0,249 t)$	0,9881
8	60,300	$F_t = 31,700 + 28,600 \text{ Exp } (-0,239 t)$	0,9891
9	48,950	$F_t = 23,350 + 25,600 \text{ Exp } (-0,251 t)$	0,9890
10	47,425	$F_t = 22,325 + 25,100 \text{ Exp } (-0,251 t)$	0,9808
11	49,975	$F_t = 23,775 + 26,200 \text{ Exp } (-0,241 t)$	0,9803
12	59,125	$F_t = 30,700 + 28,425 \text{ Exp } (-0,246 t)$	0,9894
13	55,800	$F_t = 27,625 + 28,175 \text{ Exp } (-0,243 t)$	0,9858
14	50,250	$F_t = 23,425 + 26,825 \text{ Exp } (-0,248 t)$	0,9839
15	41,525	$F_t = 17,300 + 24,225 \text{ Exp } (-0,251 t)$	0,9829

Maxwell). Hal ini sejalan dengan perbedaan struktur kombinasi elemen (parameter) kedua model tersebut seperti dinyatakan dalam Gambar 2. Dari 15 contoh biji kedelai yang dikaji diperoleh nilai parameter viskoelastis benih kedelai seperti dirangkum dalam Tabel 2.

Dengan menggunakan model SMK diperoleh nilai rata-rata parameter $K_1 = 48,212 \text{ N/mm}$ ($SD = 4,996 \text{ N/mm}$); $K_2 = 45,441 \text{ N/mm}$ ($SD = 8,661 \text{ N/mm}$) dan $C_1 = 380,790 \text{ N-s/mm}$ ($SD = 59,196 \text{ N-s/mm}$). Sementara dengan model DM diperoleh nilai parameter $K_3 = 23,342 \text{ N/mm}$ ($SD = 3,461 \text{ N/mm}$); $K_4 = 24,870 \text{ N/mm}$ ($SD = 1,678 \text{ N/mm}$) dan $C_2 = 101,029 \text{ N-s/mm}$ ($SD = 7,700 \text{ N-s/mm}$).

Dalam penelitian ini, nilai parameter viskoelastis benih kedelai yang dikaji hanya dalam satu arah dimensi lebar (X) dari biji kedelai dan hanya pada tingkat kadar air biji kedelai 13,78 % basis basah. Oleh karena parameter dasphot (C_1 dan C_2) berkaitan erat dengan kandungan kadar air bahan dan parameter pegas (K_1 , K_2 , K_3 , K_4) berkaitan erat dengan kandungan serat bahan (Mohsenin, 1980), maka perlu diteliti lebih lanjut sifat viskoelastis benih kedelai dalam tiga arah dimensi (X , Y , Z) biji kedelai dan pada berbagai tingkatan kadar air biji. Informasi ini berguna dalam optimasi sistem perontokan kedelai untuk tujuan benih, dimana biji kedelai mendapat beban gaya impak yang bersifat acak selama proses perontokan.

Disamping itu, pada penelitian pendahuluan ini nilai parameter viskoelastis biji kedelai hanya dikaji berdasarkan pengukuran gaya pada satu kecepatan tekan yaitu, $V = 50 \text{ mm/menit}$ dan pada deformasi

biji kedelai maksimum (X_0) = 1,1 mm. Oleh karena itu pada penelitian lanjutan kedua faktor ini juga perlu diperhitungkan.

Kesimpulan

1. Untuk mengukur sifat viskoelastis benih kedelai dapat digunakan model viskoelastis SMK (*Simplified Maxwell-Kelvin*) atau DM (*Degenerated Maxwell*) dengan tingkat koefisien determinasi (R^2) > 0,98.
2. Untuk benih kedelai varietas Wilis (kadar air biji 13,78 % bb), dengan menggunakan model SMK diperoleh nilai rata-rata parameter $K_1 = 48,212 \text{ N/mm}$ ($SD = 4,996 \text{ N/mm}$); $K_2 = 45,441 \text{ N/mm}$ ($SD = 8,661 \text{ N/mm}$) dan $C_1 = 380,790 \text{ N-s/mm}$ ($SD = 59,196 \text{ N-s/mm}$). Sementara dengan model DM diperoleh nilai parameter $K_3 = 23,342 \text{ N/mm}$ ($SD = 3,461 \text{ N/mm}$); $K_4 = 24,870 \text{ N/mm}$ ($SD = 1,678 \text{ N/mm}$) dan $C_2 = 101,029 \text{ N-s/mm}$ ($SD = 7,700 \text{ N-s/mm}$).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas inspirasi yang diberikan Dr. Ridwan Thahir melalui catatan kuliahnya. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ir. Erliana Ginting Msc. Atas bantuan memperbaiki abstrak bahasa Inggris, Ir. Suprpto yang membantu analisis kadar air biji kedelai dan Sdr. Sugiono yang bersedia memfoto alat Rheometer.

Tabel 2. Nilai parameter viskoelastis biji kedelai varietas Wilis berdasarkan model SMK dan DM pada kadar air biji 13,78 % bb dan laju tekan 50 mm/menit.

Ulangan	Model SMK			Model DM		
	K ₁ (N/mm)	K ₂ (N/mm)	C ₁ (N-s/mm)	K ₃ (N/mm)	K ₄ (N/mm)	C ₂ (N-s/mm)
1	56,068	54,765	455,391	27,705	28,364	116,540
2	52,364	49,019	412,231	25,318	27,045	109,969
3	50,909	50,637	411,443	25,386	25,523	103,412
4	44,841	40,309	345,639	21,227	23,614	95,852
5	46,682	43,351	364,246	22,477	24,205	97,925
6	49,932	46,466	389,134	24,068	25,864	104,406
7	46,614	41,501	354,242	21,955	24,659	99,135
8	54,818	60,760	483,680	28,818	26,000	108,807
9	44,500	40,589	339,146	21,227	23,273	92,760
10	43,114	38,347	325,151	20,295	22,818	91,079
11	45,432	41,227	359,700	21,614	23,818	98,864
12	53,750	58,052	460,220	27,909	25,841	106,371
13	50,727	49,737	408,509	25,114	25,614	104,150
14	45,682	39,892	345,075	21,295	24,386	98,338
15	37,750	26,959	258,045	15,727	22,023	87,822
Rata-rata	48,212	45,441	380,790	23,342	24,870	101,029
SD	4,996	8,661	59,196	3,461	1,678	7,700

Keterangan: SMK = *Simplified Maxwell-Kelvin Model*; DM = *Degenerated Maxwell Model*

Daftar Pustaka

- Chin, H.F., T.F. Neales and J.H. Wilson. 1974. Effect of mechanical damage in soybean seeds on seedling growth and final seed yield. *Mal. Agric. Res.* (3):184-189.
- Chirmaksorn, S., A.H. Boyd and W.R. Fox. 1978. The effect of high temperature drying on the germination of soybean seeds. Paper presented at the 1978 Summer Meeting American Society of Agricultural engineers. ASAE, St. Joseph, Michigan 49085.
- Mohsenin, N. H. 1980. Physical properties of plant and animal materials. Gordon and Breach Science Publisher. New York.
- Nugraha, U.S. 1997. Penyimpanan benih kedelai bermutu : Masalah dan penanggulangannya. Hlm. 1324 – 1334. *Dalam* Mahyudin Syam, Hermanto, Arif Musaddad dan Sunihardi (Penyunting). *Kinerja Penelitian Tanaman Pangan (Buku 5). Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan III. Jakarta/Bogor 23 – 25 Agustus 1993.*
- Prasetyo, H. 1981. Mempelajari sifat viskoelastis buah Apel. Skripsi S1. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Sing, P.P., D.E. Maier, and O. Campanella. 2001. Effect of temperature and moisture on dynamic viscoelastic properties of soybean. *Trans. ASAE* 44(6):1713-1719.
- Sumarno. 1985. Teknik pemuliaan kedelai. Hlm. 263 – 294. *Dalam* Sadikin Somaatmadja, M. Ismunadji, Sumarno, Mahyudin Syam, S.O. Manurung dan Yuswadi (Penyunting). *Kedelai. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.*
- Thomson, W.T. 1960. Laplace transformation. Prentice-Hall, Inc. Maruzen Co., LTD. Tastra, I.K.
1983. Analisis getaran dan kebutuhan tenaga pemipil jagung sederhana tipe silinder. Tesis S2 Fakultas Pasca Sarjana, IPB. Bogor (*Tidak dipublikasikan*). Tastra, I.K. 1994a. Prosesing benih tanaman pangan: Tinjauan beberapa sifat fisik dan termal benih. Makalah Balittan Malang No. 94-124. Disampaikan pada "Pelatihan Pengelolaan Plasma Nutfah Pertanian" BLPP Ketindan, Lawang. Malang, 12-24 Desember 1994. Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang.
- Tastra, I.K. 1994b. Prosesing benih tanaman pangan: Tahapan kegiatan dan peralatan yang digunakan. Makalah Balittan Malang No. 94-125. Disampaikan pada "Pelatihan Pengelolaan Plasma Nutfah Pertanian" BLPP Ketindan, Lawang. Malang, 12-24 Desember 1994. Balai Penelitian Tanaman Pangan Malang.