

Dan sesungguhnya terbunuh di jalan Allah atau mati, ampunan dan rahmat yang kamu terima dari Allah itu lebih baik dari pada kekayaan yang mereka peroleh (Q.S. Ali Imran:157)

Kupersembahkan buat yang
tercinta mamah, bapak , kakak
dan yang tersayang dudi,
Panji serta Fikri.

F/MP/1992/063

MEMPELAJARI PENGARUH PEMANASAN DAN PENGEMASAN TERHADAP LAJU KETENGIKAN BEKATUL (RICE BRAND) SELAMA PENYIMPANAN

Oleh

DANI HENDARISMAN

F 24. 1217



1992

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

Dani Hendarisman F24.1217. Mempelajari Pengaruh Pemanasan dan Pengemasan Terhadap Laju Ketengikan Bekatul (Rice Bran) Selama penyimpanan. Dibawah bimbingan Ir.Putiati M. MApp.Sc dan Dr. Ir. Bambang Pramudya, M.Eng.

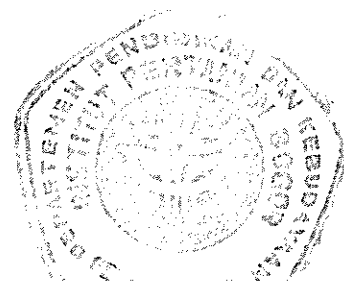
RINGKASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemanasan dan pengemasan hampa udara terhadap pertambahan kandungan asam lemak bebas (FFA) selama penyimpanan serta membuat simulasi untuk pendugaan masa simpan bekatul tersebut.

Pengamatan dilakukan terhadap kadar air dan kandungan asam lemak bebas (FFA) selama penyimpanan.

Dari hasil penelitian menunjukan bahwa adanya pengaruh pemanasan dan pengemasan terhadap pertambahan kandungan asam lemak bebas bekatul. Bekatul dengan pemanasan 110°C menggunakan kemasan terbuka dan kemasan hampa udara dapat bertahan sampai 15 hari. Sedangkan dengan pemanasan 120°C menggunakan kemasan terbuka dapat bertahan 4 sampai 9 hari. Bekatul dengan pemanasan 120°C menggunakan kemasan hampa udara hanya bertahan sampai 4 hari. Ini disebabkan terjadinya kerusakan pada laminating kemasan sehingga ada kebocoran udara ke dalam kemasan.

Model pendugaan dengan menggunakan persamaan differensial dari Labuza yang merupakan fungsi dari perlakuan



bekatul mempunyai konstanta laju kenaikan asam lemak bebas (FFA) $K = -2.7072E-3 + 4.5 E-3 * PB$.

Pengujian hasil pendugaan model mempunyai koefesien korelasi (R) antara 0.823 - 0.974 untuk model pertama, sedangkan untuk model kedua antara 0.821 - 0.979. Untuk uji Beda Nyata Terkecil terlihat bahwa tidak ada perbedaan yang nyata antara kandungan FFA hasil pendugaan dengan kandungan FFA hasil percobaan.

Berdasarkan model yang dibuat perlakuan bekatul dengan pemanasan 110°C dan menggunakan kemasan hampa udara merupakan perlakuan terbaik.

BOGOR

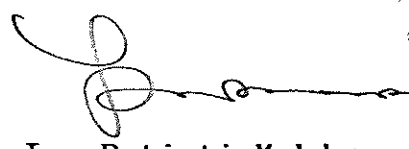
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

MEMPELAJARI PENGARUH PEMANASAN DAN PENGEMASAN TERHADAP
LAJU KETENGIKAN BEKATUL (RICE BRAN) SELAMA PENYIMPANAN

Oleh
Dani Hendarisman
F24.1217

SKRIPSI
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Lulus tanggal 14 Januari 1992

Disetujui,
Bogor, 1992

Ir. Putiati Mahdar, M.App.Sc. DR. Ir. Bambang Pramudya, M.Eng
Dosen Pembimbing I Dosen Pembimbing II



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke Hadirat Allah SWT, karena hanya dengan rahmat-Nyalah skripsi ini dapat terselesaikan sesuai dengan yang diharapkan.

Skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang dilakukan selama kurang lebih satu bulan di Laboratorium yang ada di Fakultas Teknologi Pertanian.

Pada kesempatan ini tak lupa penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ir. Putiati Mahdar, M.App.Sc, selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan selama penulis melakukan penelitian sampai pembuatan skripsi ini.
2. DR. Ir. Bambang Pramudya, M.Eng, selaku dosen pembimbing pendamping atas saran-sarannya yang sangat berguna sekali bagi penulis.
3. Staf Laboratorium yang banyak membantu penulis selama penelitian.
4. Ibu, bapak, kakak dan adik-adik tercinta yang senantiasa mendoakan penulis selama belajar di IPB.
5. Teman - teman sejawat yang memberikan dorongan moril selama penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari akan kekurangan dari isi skripsi ini, oleh karena itu segala kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Bogor,

1992

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. BEKATUL	4
B. KOMPOSISI KIMIA BEKATUL	6
C. PENGEMASAN	10
D. PENGARUH PANAS	12
III. PENDEKATAN MASALAH	16
A. PENDEKATAN TEORITIS	16
B. PENDUGAAN MASA SIMPAN	17
IV. BAHAN DAN METODA PENELITIAN	20
A. BAHAN	20
B. ALAT	20
C. TEMPAT DAN WAKTU	20
D. METODA PENELITIAN	20
1. Perlakuan	20
2. Penyusunan model	21
3. Pengujian model	22
V. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. KADAR AIR SELAMA PENYIMPANAN	25

	Halaman
B. KENAIKAN KANDUNGAN FFA	30
C. PENDUGAAN MASA SIMPAN	40
1. Model Pendugaan Masa Simpan	40
2. Pengujian Model	44
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	47
A. KESIMPULAN	47
B. SARAN	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Produksi padi dan bekatul tahun 1981 sampai tahun 1988.....	2
Tabel 2 Komposisi kimia bekatul.....	9
Tabel 3 Komposisi kimia butiran kasar.....	9
Tabel 4 Analisa tipikal dari produk bekatul Calbran.....	10
Tabel 5 Daya tembus dari plastik tipis yang fleksibel terhadap O_2 , CO_2 dan H_2O	14
Tabel 6 Kadar air bekatul selama penyimpanan....	26
Tabel 7 Persamaan regresi kadar air bekatul selama penyimpanan.....	28
Tabel 8 Hasil regresi kadar air bekatul selama penyimpanan.....	28
Tabel 9 Rata-rata kandungan FFA bekatul selama penyimpanan.....	33
Tabel 10 Persamaan regresi kandungan FFA bekatul sampai penyimpanan hari ke 15.....	35
Tabel 11 Kandungan FFA bekatul hasil regresi.....	35
Tabel 12 Konstanta laju kenaikan FFA bekatul untuk lima perlakuan yang berbeda.....	39
Tabel 13 Konstanta untuk model dari Fernando dan Hewavitharana.....	42
Tabel 14 Data pendugaan kandungan FFA bekatul selama penyimpanan.....	43
Tabel 15 Hasil pengujian model dengan uji statistik BNT dan nilai korelasi.....	45
Tabel 16 Hasil pengujian statistik untuk model kedua.....	45

DAFTAR GAMBAR

		Halaman
Gambar 1	Proses penggilingan padi menjadi beras.....	6
Gambar 2	Butiran padi dengan bagian-bagiannya....	8
Gambar 3	Pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim..	13
Gambar 4	Waktu penyimpanan maksimal bekatul dengan kadar air 12% bk dan 2% FFA pada penyimpanan 30°C yang telah mengalami berbagai tingkat pemanasan pada waktu tertentu.....	15
Gambar 5	Waktu penyimpanan maksimal bekatul dengan kadar air 14% bk dan 2% FFA pada penyimpanan 30°C yang telah mengalami berbagai tingkat pemanasan pada waktu tertentu.....	16
Gambar 6	Waktu penyimpanan maksimal bekatul dengan kadar air 16% bk dan 2% FFA pada penyimpanan 30°C yang telah mengalami berbagai tingkat pemanasan pada waktu tertentu.....	16
Gambar 7	Bagan alir pendugaan masa simpan bekatul.....	24
Gambar 8	Bekatul dengan pengemasan hampa udara..	25
Gambar 9	Bekatul dengan pengemasan terbuka.....	25
Gambar 10	Grafik perubahan kadar air bekatul.....	29
Gambar 11	Grafik perubahan kadar air bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa udara.....	29
Gambar 12	Grafik perubahan kadar air bekatul dengan pemanasan dan kemasan terbuka...	30
Gambar 13	Grafik perubahan kandungan FFA bekatul kontrol.....	34
Gambar 14	Grafik perubahan kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa udara.....	34

Gambar 15	Grafik perubahan kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan pengemasan terbuka.....	34
Gambar 16	Grafik hasil regresi kandungan FFA bekatul kontrol.....	36
Gambar 17	Grafik hasil regresi kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa udara.....	37
Gambar 18	Grafik hasil regresi kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan kemasan terbuka.....	37
Gambar 19	Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan hasil dugaan untuk bekatul kontrol.....	39
Gambar 20	Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan hasil dugaan untuk bekatul dengan pemanasan 110 ^o C dan kemasan hampa udara.....	40
Gambar 21	Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan hasil dugaan untuk bekatul dengan pemanasan 120 ^o C dan kemasan hampa udara.....	40
Gambar 22	Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan hasil dugaan untuk bekatul dengan pemanasan 110 ^o C dan kemasan terbuka.....	41
Gambar 23	Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan hasil dugaan untuk bekatul dengan pemanasan 120 ^o C dan kemasan terbuka.....	41

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1a Data hasil pengukuran kadar air bekatul kontrol.....	53
Lampiran 1b Data hasil pengukuran kadar air bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa udara.....	53
Lampiran 1c Data hasil pengukuran kadar air bekatul dengan pemanasan dan pengemasan terbuka.....	54
Lampiran 2a Data hasil pengukuran kandungan FFA bekatul kontrol.....	54
Lampiran 2b Data hasil pengukuran kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa udara.....	55
Lampiran 2c Data hasil pengukuran kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan pengemasan terbuka.....	55
Lampiran 3 Data hasil pengukuran suhu ruang.....	56
Lampiran 4 Contoh perhitungan regresi linier menggunakan spread sheet quattro.....	57
Lampiran 5 Contoh perhitungan koefisien korelasi.	58
Lampiran 6 Contoh perhitungan uji Beda Nyata Terkecil.....	59
Lampiran 7 Daftar program komputer pendugaan kandungan FFA bekatul dengan model Fer - nando dan Hewavitharana.....	60
Lampiran 8 Daftar program komputer pendugaan kandungan FFA bekatul dengan model differensial.....	61
Lampiran 9 Contoh keluaran program komputer untuk pendugaan kandungan FFA bekatul dengan pemanasan 120 ^o C menggunakan kemasan terbuka.....	62

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini masalah limbah, baik limbah pertanian, limbah pangan maupun limbah industri masih merupakan masalah yang cukup rumit di Indonesia. Begitu pula dengan bekatul yang merupakan limbah atau produk samping dari proses penggilingan padi masih kurang mendapat perhatian dalam pemanfaatannya. Bekatul merupakan makanan bergizi tinggi tetapi kurang disukai dan kurang populer sebagai bahan makanan karena mudah rusak dalam penyimpanan. Kerusakan di sebabkan oleh terjadinya ketengikan hidrolis dan oksidatif. Sebagai limbah pertanian, bekatul merupakan bahan pangan yang baik untuk dikembangkan karena saat ini bekatul hanya digunakan sebagai makanan ternak dan bahan baku obat nyamuk bakar (Sulistya A.D, 1983).

Sekarang ini bekatul dipopulerkan karena merupakan sumber utama dari serat yang dapat mengurangi kadar kolesterol dalam tubuh. Bekatul yang mempunyai kandungan minyak cukup besar yaitu 6 - 18% dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuat sabun, minyak makan, minyak industri dan bahan pembuat vitamin B (Nancy, 1981).

Permintaan bekatul di luar negeri saat ini cukup tinggi sehubungan dengan keampuannya menurunkan kadar kolesterol. Selain itu bahan pangan ini juga bisa dimanfaatkan untuk campuran roti dan makanan snack. Bekatul juga mengandung sejenis malam (wax) bermutu tinggi. Jika ini dapat

dikembangkan akan menjadi barang dagangan yang dapat bersaing dengan jenis malam lainnya sebagai bahan baku industri plitur dan bahan pengemulsi.

Masalah pokok yang dihadapi dalam pemanfaatan bekatul adalah sulitnya mendapatkan bekatul segar secara kontinyu, mengingat saat panen yang musiman. Akan tetapi kalau kita lihat produksi padi dan bekatul dari tahun 1981 - 1988 menunjukkan peningkatan, seperti terlihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Produksi padi dan bekatul tahun 1981 - 1988^a

Tahun	Padi (ribuan ton)	Bekatul (ribuan ton) ^b
1981	32 774	2 621.92
1982	33 584	2 686.72
1983	35 303	2 824.24
1984	38 136	3 050.88
1985	39 033	3 122.64
1986	39 727	3 178.16
1987	40 078	3 206.24
1988	41 676	3 334.08

^a Biro Pusat Statistik

^b Konversi padi ke bekatul 8% (Somaatmaja 1981)

Teknik pengawetan yang tepat dengan cara pemanasan memungkinkan memperoleh bahan yang tetap segar, sehingga diharapkan dapat mengatasi masalah kontinyuitas penyediaan bahan baku.

Cara pemanfaatan bahan-bahan limbah seperti ini perlu dikembangkan guna menaikkan nilai tambah ataupun demi pendayagunaan sumber alam secara maksimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemanasan dan pengemasan hampa udara terhadap pertambahan kandungan asam lemak bebas (FFA) selama penyimpanan serta membuat simulasi untuk pendugaan masa simpan bekatul tersebut.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. BEKATUL

Bekatul merupakan hasil samping proses penggilingan padi yang terdiri dari lapisan dedak sebelah luar butir padi, dan sebagian lembaga biji (Houston 1972). Sedangkan menurut Soemardi (1975) pengertian bekatul adalah merupakan bagian luar dari butiran beras setelah kulit dan kulit ari dihilangkan dalam proses pengolahan padi menjadi beras dan merupakan hasil samping dari proses penyosohan beras pecah kulit (brown rice). Menurut Grist (1965) bekatul terdiri dari perikarp, lapisan aluron, embrio dan sebagian endosperm serta mengandung sebagian besar vitamin dari biji.

Menurut Somaatmaja (1981) dari gabah kering giling setelah mengalami pengupasan kulit dan penyosohan dihasilkan bekatul 8%, sekam 20%, beras 65% dan hilang 7%. Sedangkan menurut Sulistya (1987) bekatul yang dihasilkan sebanyak 8.5% berat.

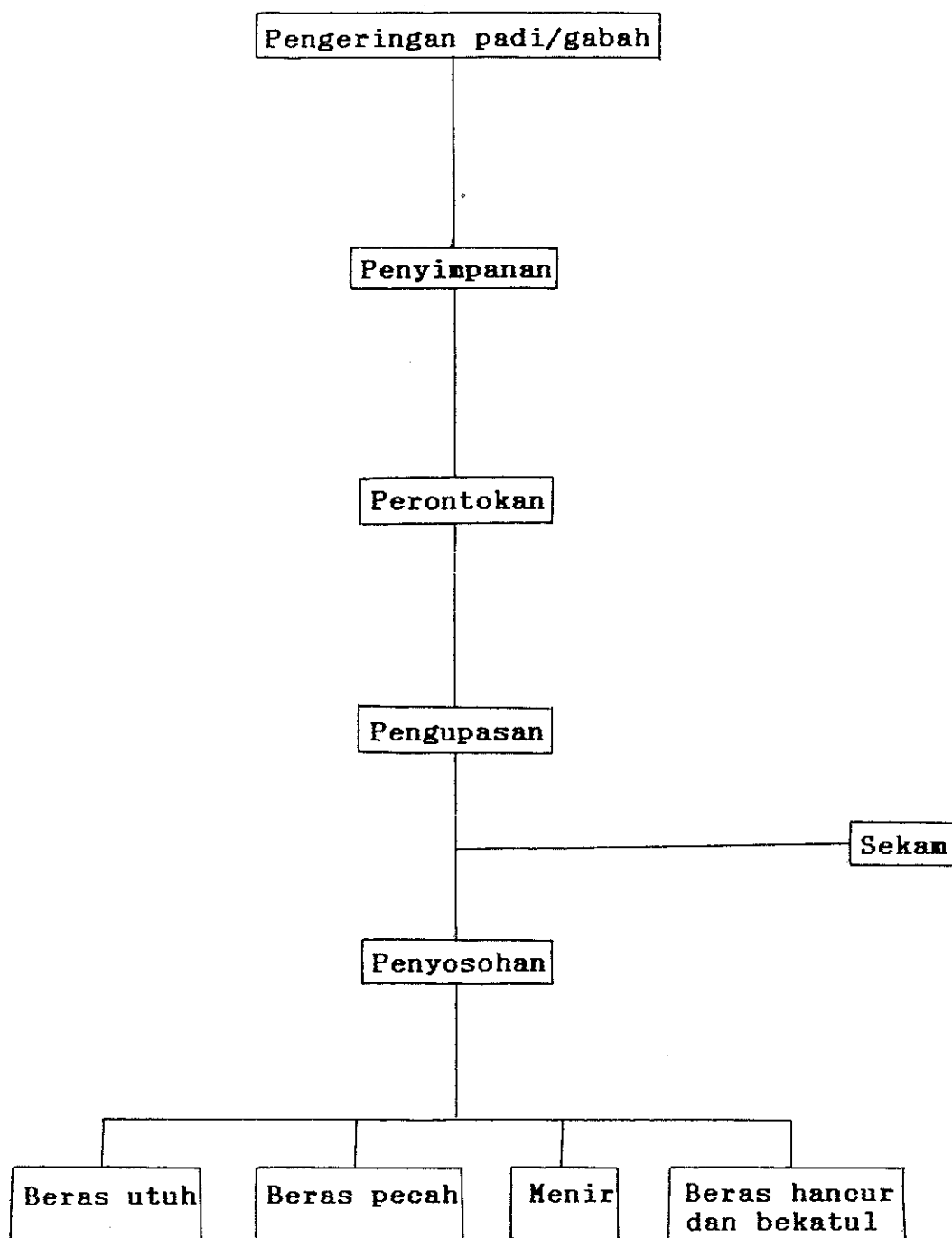
Proses penggilingan padi menjadi beras beserta ikutannya yang berupa bekatul dapat dilihat pada Gambar 1.

Rendemen dedak dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain derajat penyosohan, derajat masak padi atau gabah, kadar air gabah, jenis alat penyosoh dan lubang alat pemisah (Soemardi 1975).

Soemardi (1975) juga mengatakan bahwa mutu bekatul yang dihasilkan bermacam-macam. Umumnya tidak tahan disimpan, cepat berbau dan basah berminyak. Kandungan minyak akan berkurang selama waktu penyimpanan karena adanya enzim lipase yang menghidrolisis minyak, akibatnya kadar asam lemak bebas akan bertambah dengan cepat, disamping juga bekatul mengandung air yang dapat melarutkan vitamin, protein dan phosphatida. Pertambahan FFA yang cepat menyebabkan terjadinya ketengikan yang disebabkan oleh aktifitas enzim oksidatif terhadap lemaknya (Houston dalam Roestopo 1981).

Kandungan air dalam bekatul dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara sekitarnya, yang secara keseluruhan berpengaruh pada pembentukan asam lemak. Kandungan air dalam bekatul ini akan mengaktifkan enzim pemecah lemak (enzim lipolitik) yang berfungsi sebagai katalis dalam proses hidrolisa lemak.

Morrison (1958) mengatakan bekatul yang baik kualitasnya rata-rata mengandung 12.4% protein, 13.6% lemak dan 11.6% serat kasar. Lubis (1958) mengatakan bekatul biasanya masih bercampur dengan sedikit sekam dan menir. Pada penggilingan, bekatul diperoleh dari endosperm. Bekatul ini paling tinggi koefisien cernanya. Bahan pangan ini umumnya digunakan sebagai makanan



Gambar 1. Proses penggilingan padi menjadi beras.
(Soemaatnaja 1975).

penguat untuk ternak karena mengandung energi, protein dan vitamin yang cukup tinggi terutama sumber vitamin B.

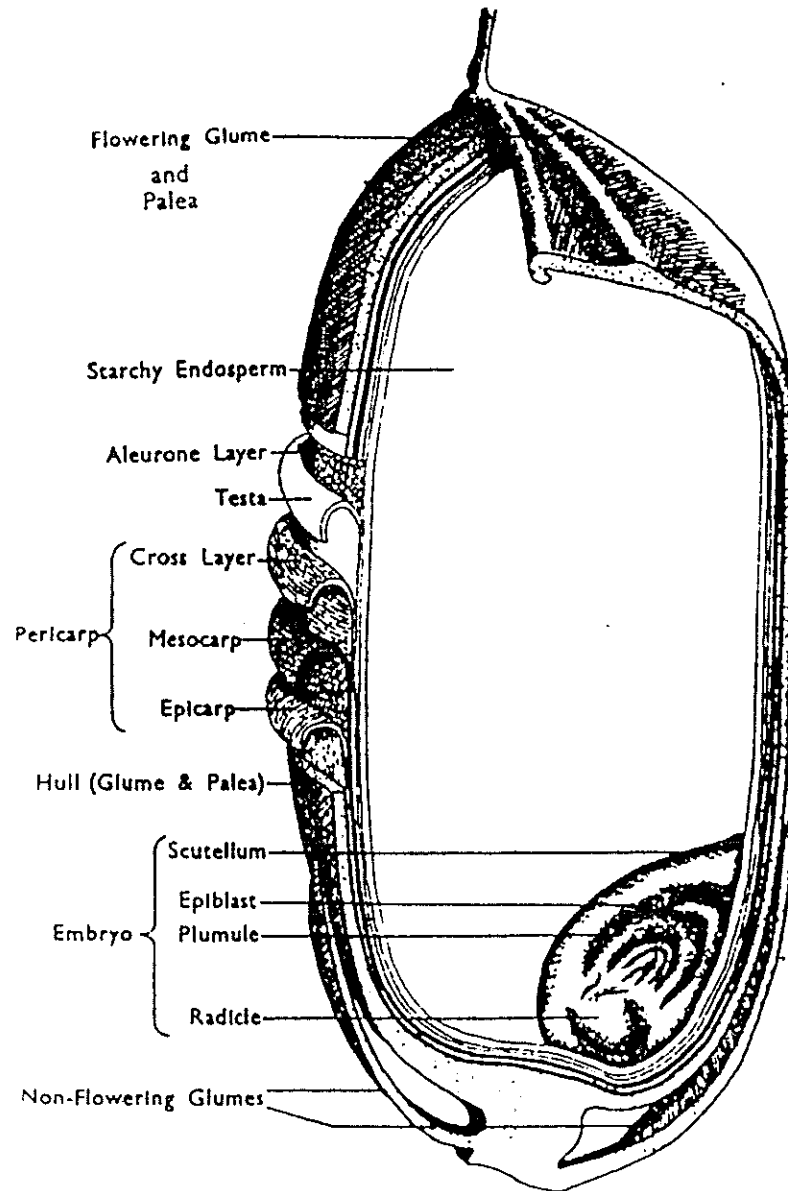
Selanjutnya Lubis (1958) mengatakan bahwa kualitas bekatul tergantung dari keadaan bahan-bahan pembentuknya, yakni kulit gabah, selaput beras dengan alurannya, lembaga dan endosperm.

Sampai saat ini bekatul masih merupakan komponen terbesar dalam ransum ternak padahal bahan pangan ini potensial sekali untuk dikembangkan sebagai bahan substitusi bahan baku roti, biskuit dan kue kering.

Gambar butiran beras dengan bagian-bagiannya dapat dilihat pada Gambar 2.

B. KOMPOSISI KIMIA BEKATUL

Komposisi kimia bekatul sangat bervariasi tergantung pada varietas, proses penggilingan, keadaan lingkungan tempat padi tumbuh, penyebaran kandungan-kandungan kimia dalam butir padi, ketebalan lapisan-lapisan luar, ukuran dan bentuk butir, ketahanan butir padi terhadap kerusakan dan penggoresan (abrasion) serta teknik analisa yang digunakan (Barber dalam Houston, 1972).



Gambar 2. Butiran beras dengan bagian-bagiannya (Grist 1965).

Komposisi kimia bekatul berdasarkan berbagai penelitian dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Komposisi kimia bekatul (Matz 1970)

Komponen	% berat	gr/gr bekatul
karbohidrat ^a	46.6	
protein ^a	14.6	
lemak	13.4	
vitamin B		
thiamin		27.9
niasin		408.6
pirikdoksin		32.1
asam panthothenat		71.3

^a Dasar bebas air untuk karbohidrat adalah % ekstrak bebas nitrogen.

Tabel 3. Komposisi kimia bekatul butiran kasar (Tjarim Tjakradimerta et al, 1966).

Komponen	% Berat
protein	6.1
Air	10.9
serat kasar	26.6
lemak	2.8
mineral	18.0

Tabel 4. Analisa tipikal dari produk bekatul calbran (Carol. E 1990).

Komponen	Bekatul distabilkan secara alami (%)	Bekatul kandungan lemak rendah (%)	bekatul dikurangkan lemaknya (%)
Protein	13.0-16.0	15.0-18.0	16.0-20.0
Oil	18.0-22.0	6.0- 9.0	0.5- 1.5
Moisture	5.0- 8.0	4.0- 7.0	5.0- 8.0
Ash	6.0- 9.0	7.0-10.0	7.0-11.0
Conde Fiber	6.0- 9.0	7.0-10.0	7.0-11.0
Dietary fiber*	25.0-30.0	27.5-37.5	30.0-40.0
FFA	1.5- 3.5	1.5- 2.5	1.5- 2.5

* serat larut dan tidak larut.

C. PENGEMASAN

Purnomo (1988) mengatakan pengemasan merupakan suatu cara dalam memberikan kondisi sekeliling yang tepat bagi bahan pangan. Sedangkan Hambali et al (1989) mengatakan bahwa pengemasan merupakan salah satu cara untuk melindungi atau mengawetkan produk pangan maupun produk non pangan. Selanjutnya Hambali et al (1989) mengatakan tujuan pokok dari pengemasan yaitu 1) mengawetkan produk , 2) penunjang bagi transportasi, distribusi dan 3) merupakan bagian penting dari usaha untuk mengatasi persaingan dalam pemasaran.

Sebagian bahan pangan mungkin menjadi matang atau tua setelah dikemas dan memang ada perbaikan dalam waktu singkat, tetapi kemudian diikuti oleh kerusakan. Kerusakan yang terjadi sering disebabkan keadaan diluar sehingga pengemasan umumnya digunakan untuk membatasi antara bahan pangan dan keadaan normal sekelilingnya untuk menunda proses kerusakan dalam jangka waktu yang diinginkan (Purnomo, 1988).

Beberapa vitamin yang terdapat pada bahan pangan misalnya karoten (pro vitamin A) dan asam askorbat (vitamin c) merupakan contoh bahan yang peka terhadap oksigen. Karel (1973) mengatakan bahwa mutu gizi bahan pangan dipengaruhi oleh oksigen.

Hambali et al (1989) mengatakan kemasan plastik merupakan bagian yang sangat penting dalam industri pengemasan. Keuntungan pengemasan dengan plastik ini antara lain relatif lebih murah, dapat dibentuk berbagai rupa, warna dan bentuk relatif lebih disukai konsumen serta mengurangi biaya transportasi. Selanjutnya ia mengatakan plastik polyethilen mempunyai ketahanan yang baik terhadap air dan uap air tetapi bukan pembawa oksigen dan karbon dioksida yang baik. Menurut Karel (1973) kisaran daya tembus polyethilen biasa terhadap uap air antara $0.8 - 1.5 \text{ (g) (mil) (hari}^{-1}) (100 \text{ cm}^2)^{-1}$. Plastik polyethilen menguntungkan karena sangat lentur,

murah dan banyak digunakan sebagai kantong atau lembar pembungkus.

Secara teori diharapkan bahwa kebutuhan oksigen pada bahan pangan yang peka terhadap oksigen dapat dikurangi atau dihindari. Pengurangan atau penghambatan masuknya oksigen ini dapat dilakukan dengan mengeluarkan oksigen dari dalam kemasan yaitu pengemasan secara hampa udara atau mengganti gas dalam kemasan dengan gas lain (Winarno 1990).

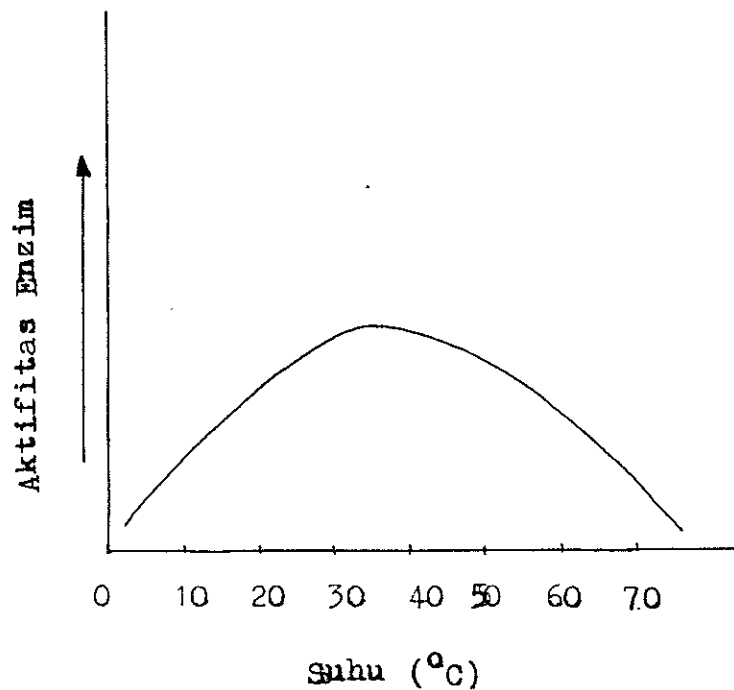
D. PENGARUH PANAS

Kerusakan bekatul yang disebabkan oleh ketengikan hidrolik dan oksidatif merupakan masalah dalam pemanfaatan sebagai sumber makanan. Ketengikan ini disebabkan oleh kerja dari enzim-enzim.

Enzim merupakan protein yang mempunyai daya katalitik karena aktivitas spesifiknya, serta berperan sangat penting dalam proses biologis (Judoamidjoyo, et al, 1989). Sedangkan Chibata (1978) mengatakan bahwa enzim merupakan katalis biologis mengandung protein dan berperan dalam berbagai reaksi yang terjadi dalam benda hidup. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pH, temperatur, konsentrasi substrat, konsentrasi aktivator dan konsentrasi inhibitor.

Pemanasan merupakan salah satu cara untuk menghentikan atau mengurangi aktivitas enzim. Gambar 3

memperlihatkan pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim. Mulai dari suhu rendah aktivitas enzim bertambah dengan naiknya suhu sampai aktivitas optimumnya dicapai. Kenaikan suhu lebih lanjut berakibat berkurangnya aktivitas dan pada akhirnya kerusakan enzim. Selanjutnya ia mengatakan bahwa tidak semua enzim memperlihatkan aktivitas pada suhu yang sama seperti enzim lipase dan lipoksidase dapat rusak akibat pemanasan secara ekstrusi pada suhu $104 - 144^{\circ}\text{C}$ di dalam Brody Crop Cooker.



Gambar 3. Pengaruh suhu terhadap aktivitas enzim (Pelczar, 1986).

Tabel 5. Daya tembus dari plastik tipis yang fleksibel terhadap N₂, O₂, CO₂ dan H₂O. (Purnomo 1988).

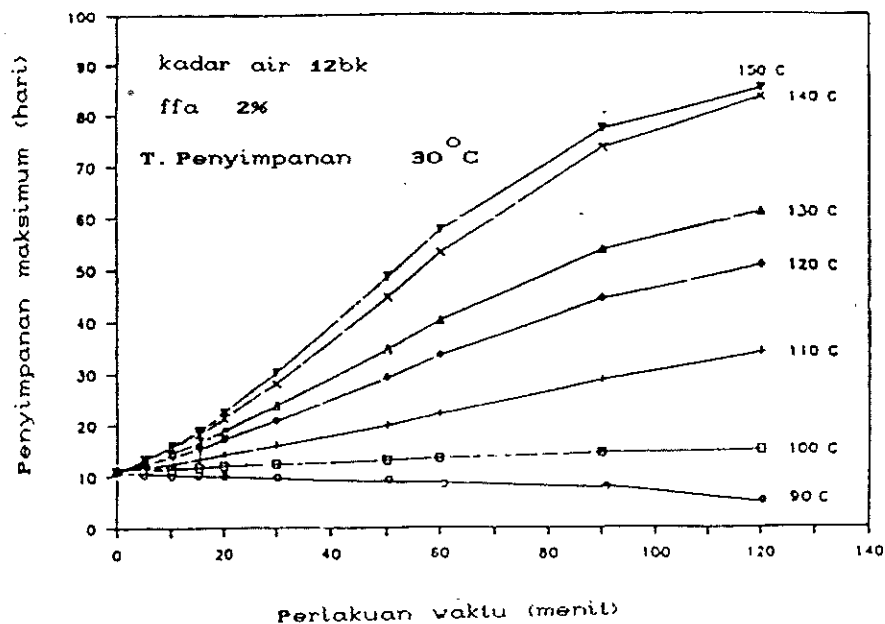
Pelastik tipis	Daya tembus ($\text{cm}^3/\text{cm}^2/\text{mm}/\text{dt}/\text{cmHg}$) * 10^{10}			
	N ₂	30°C O ₂	CO ₂	25°C 90% RH
Polyethilene ⁺	19	55	352.0	800
Polyethilene [*]	2.7	10.6	35.0	130
Polystyrene	2.9	11.0	88.0	12000
Polyamida	0.1	0.38	1.6	7000
Polypropylene	-	23.0	92.0	680
Polyvinyl chl	0.4	1.2	10.0	1560
Polyester polyvinylidene	0.005	0.22	1.53	1300
Chlorida	0.0094	0.053	0.29	14
Rubber Hydro chlorida	0.08	0.3	1.7	240
Polyvinil asetat	-	0.5	-	1000000
Ethyl cellulosa	84.0	265.0	2000.0	130000
Cellulosa asetat	2.6	7.8	68.0	75000

⁺ = kerapatan rendah

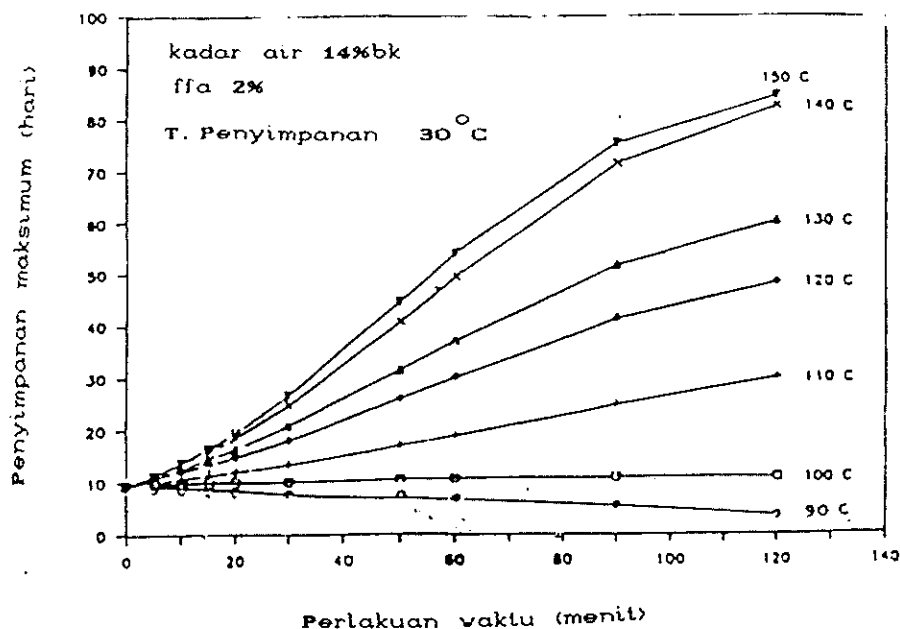
^{*} = kerapatan tinggi

Dalam proses pemanasan ada hubungan antara panas dan waktu, yaitu jika suhu yang digunakan rendah maka waktu pemanasan harus lebih lama, sedangkan jika suhu tinggi pemanasan harus singkat. Pemanasan bekatul dengan suhu di bawah 100°C tidak meningkatkan kemampuan

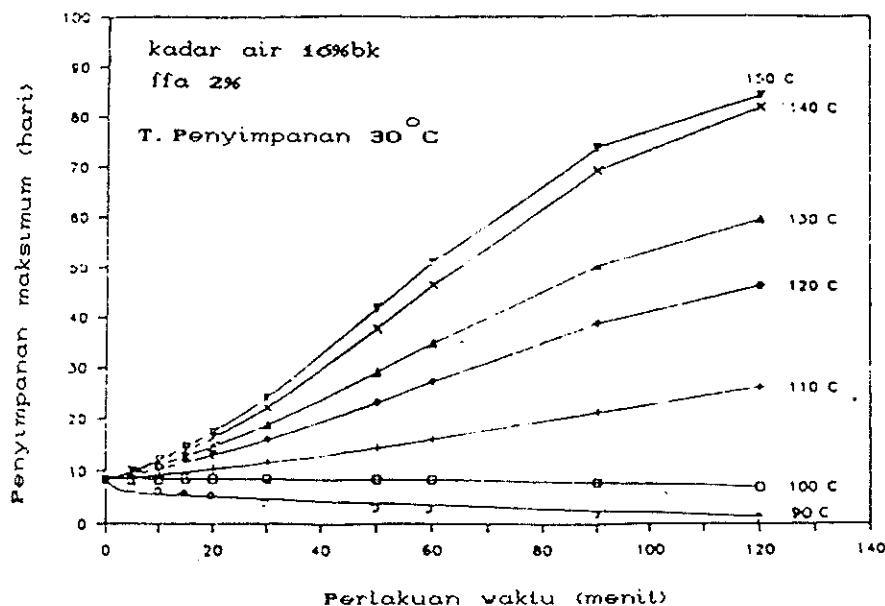
penyimpanan, sedangkan perlakuan panas diatas 140°C tidak dianjurkan karena dapat merusak mutu dari bekatul tersebut (Arnold dan Linn dalam KSN Fernando dan L.G. Hewarithama 1990). Variasi periode penyimpanan maksimum dengan perlakuan waktu dan panas serta kadar air dapat dilihat pada Gambar 4 sampai 6.



Gambar 4. Waktu penyimpanan maksimum bekatul dengan kadar air 12% bk dan 2% FFA pada penyimpanan 30°C yang telah mengalami berbagai tingkat pemanasan pada waktu tertentu. (Fernando dan Hewavitharana, 1990).



Gambar 5. Waktu penyimpanan maksimum bekatul dengan kadar air 14% bk dan 2% FFA pada penyimpanan 30°C yang telah mengalami berbagai tingkat pemanasan pada waktu tertentu (Fernando dan Hewavitharana, 1990).



Gambar 6. Waktu penyimpanan maksimum bekatul dengan kadar air 16% bk dan 2% FFA pada penyimpanan 30°C yang telah mengalami berbagai tingkat pemanasan pada waktu tertentu (Fernando dan Hewavitharana, 1990).

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa semakin tinggi temperatur pemanasan, maka daya tahan bekatul juga semakin lama. Sedangkan kadar air penyimpanan 12%, 14% dan 16% tidak menunjukkan pengaruh terhadap ketahanan bekatul pada suhu penyimpanan 30°C.



III. PENDEKATAN MASALAH

A. PENDEKATAN TEORITIS

Laju pembentukan asam lemak bebas (FFA) dengan beberapa kondisi suhu dan kadar air di deskripsikan dengan persamaan dari Fernando dan Hewavitharana 1990 sebagai berikut:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{K_p K_1 K_2 K_t E Y x}{K_p K_2 x + K_1 Y (K_p + K_2 x)} \quad (1)$$

Persamaan (1) dapat disederhanakan untuk menduga laju pembentukan FFA dalam bekatul selama penyimpanan setelah perlakuan dimana selama penyimpanan kadar air dipertahankan konstan.

Persamaan (1) disederhanakan menjadi:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{K_p K_1 K_2 E_t Y x}{K_p K_1 Y} \quad (2)$$

$$dz/dt = K^* x \quad (3)$$

dimana:

$$K^* = k E \quad (4)$$

Integrasi persamaan (2) menjadi

$$Z = K^* (x) t + Z' \quad (5)$$

dimana:

- K_t = Total jumlah enzim.
- K_1 = Konstanta laju (detik^{-1}).
- K_p = Konstanta laju katalis (detik^{-1}).
- K^* = Konstanta tergantung dari suhu (detik^{-1}).
- t = Perlakuan waktu.
- X = Konsentrasi air (moles/lt).
- x = Kadar air penyimpanan (% basis kering).
- Y = Konsentrasi minyak (moles/lt).
- Z = Kandungan FFA (% oleic acid).
- Z' = Kadar FFA awal sebelum penyimpanan (% oleic acid).

Kandungan FFA akhir dengan perlakuan panas dapat dicari dengan menggunakan model matematik dari Fernando dan Hewavitharana (1980). Nilai ini dapat dicari dengan menggunakan persamaan (5) dengan memperlihatkan hubungan antara Z dengan t , oleh karena persamaan (5) cukup baik digunakan untuk memprediksi perubahan FFA terhadap waktu selama penyimpanan bekatul dimana kadar air rata-rata penyimpanan dianggap konstan.

B. PENDUGAAN MASA SIMPAN

Labuza (1969) mengatakan bahwa apabila perubahan mutu dipandang sebagai reaksi kimia dalam sistem makanan, maka perubahan mutu tersebut umumnya mengikuti

persamaan diferensial ordo pertama . Apabila perubahan zat A menjadi zat B (A ---- B), maka persamaan differensial ordo pertama dapat ditulis :

$$\frac{dA}{dt} = kA$$

Apabila nilai kadar asam lemak bebas (FFA) sebesar F %, maka persamaan ordo pertama dapat ditulis:

$$\frac{dF}{dt} = k F$$

dimana:

F = nilai FFA (%)

t = lama penyimpanan (hari)

k = konstanta laju kenaikan FFA (hari^{-1})

Dengan mengintegrasikan persamaan di atas dan dengan memasukkan kondisi batas $t = 0$, dan $F = F_0$ maka di dapat :

$$F = F_0 \text{ EXP } (kt)$$

Dalam hal ini F_0 adalah nilai FFA awal (%).

Besarnya konstanta laju FFA (k) merupakan slope dari grafik antara kadar FFA dan lama penyimpanan. Namun secara matematik besarnya konstanta laju kenaikan FFA adalah koefisien dari suatu persamaan regresi.

IV. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

A. BAHAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bekatul beras (rice bran) jenis Cisadane, plastik polyethilen dan bahan - bahan kimia untuk analisa kandungan asam lemak bebas (FFA).

B. ALAT

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, oven pemanas , alat pengemas hampa udara (vakuum packer), saringan Ø.425 mm , autoclave, cawan dan alat-alat untuk analisa FFA.

C. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bangsal Percontohan Pengolahan Hasil Pertanian dan Laboratorium Pengemasan Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor selama satu bulan terhitung mulai bulan Agustus sampai September 1991.

D. METODE PENELITIAN

1. Perlakuan

Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1) Bekatul segar yang telah diseragankan ukuran partikelnya menggunakan saringan dengan ukuran partikelnya $\emptyset.425$ mm langsung disimpan pada suhu ruang ($28 - 30^{\circ}\text{C}$) sebagai kontrol.

2) Bekatul dipanaskan pada suhu 110°C selama satu jam, kemudian disimpan pada suhu ruang ($28 - 30^{\circ}\text{C}$).

3) Bekatul dipanaskan pada suhu 120°C selama satu jam, kemudian disimpan pada suhu ruang ($28 - 30^{\circ}\text{C}$).

4) Bekatul dipanaskan pada suhu 110°C selama satu jam, kemudian dikemas hampa udara dan disimpan pada suhu ruang ($28 - 30^{\circ}\text{C}$).

5) Bekatul dipanaskan pada suhu 120°C selama satu jam, kemudian dikemas hampa udara dan disimpan pada suhu ruang ($28 - 30^{\circ}\text{C}$).

Pengamatan dilakukan terhadap perubahan kadar air dan perubahan kandungan asam lemak bebas (FFA) selama penyimpanan.

2. Penyusunan model

Sebelum dilakukan penyusunan model, maka dilakukan penentuan batas masa simpan bekatul berdasarkan kandungan maksimum asam lemak bebasnya. Penentuan ini didasarkan pada pustaka atau penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

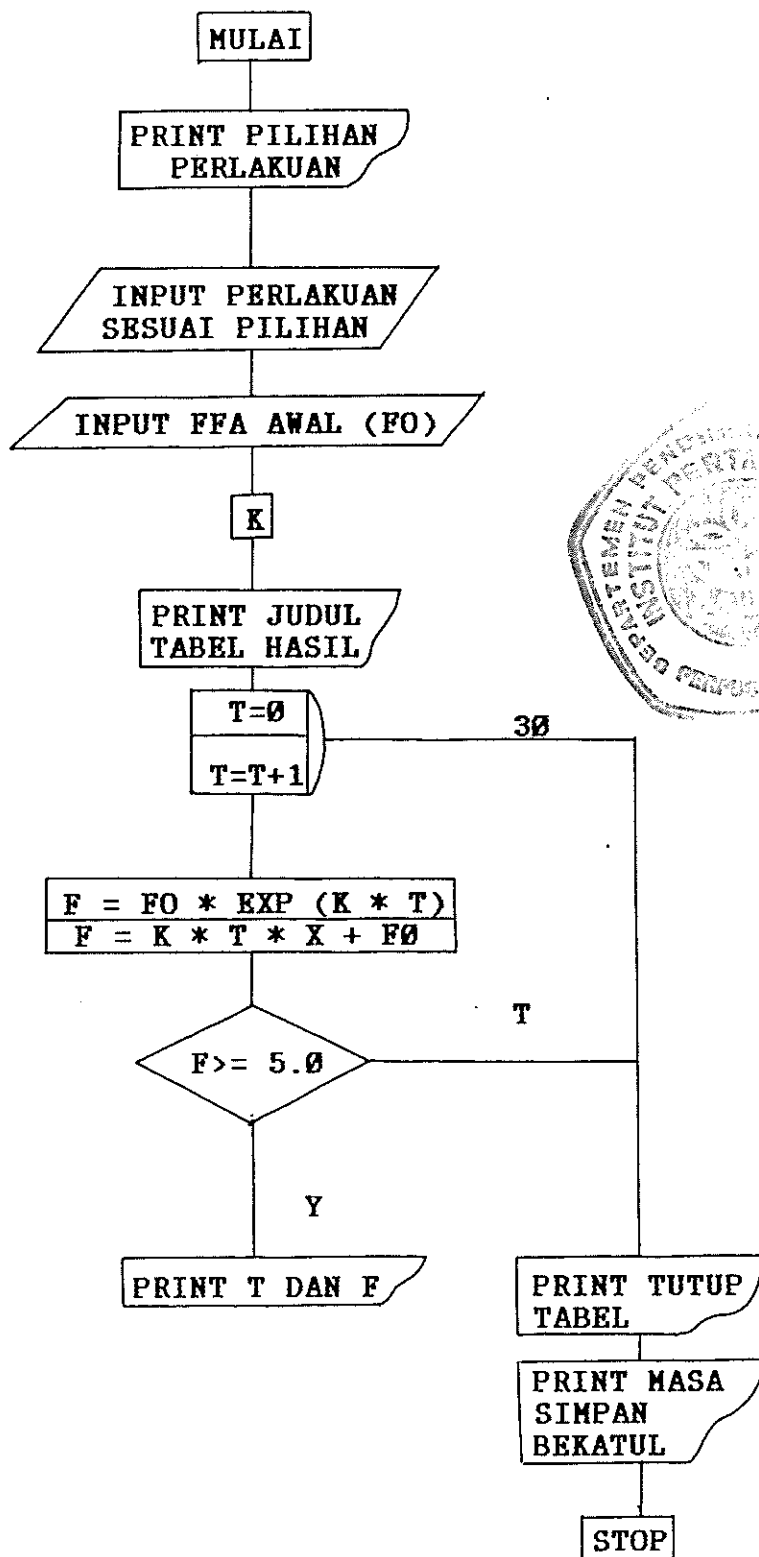
Penyusunan model didasarkan pada data-data yang telah diperoleh. Data-data yang telah diperoleh

tersebut digunakan untuk menyusun simulasi model pendugaan masa simpan bekatul berdasarkan perlakuan selama penelitian. Model dibuat sampai bekatul mengalami kerusakan fisik atau setelah penyimpanan hari ke 15.

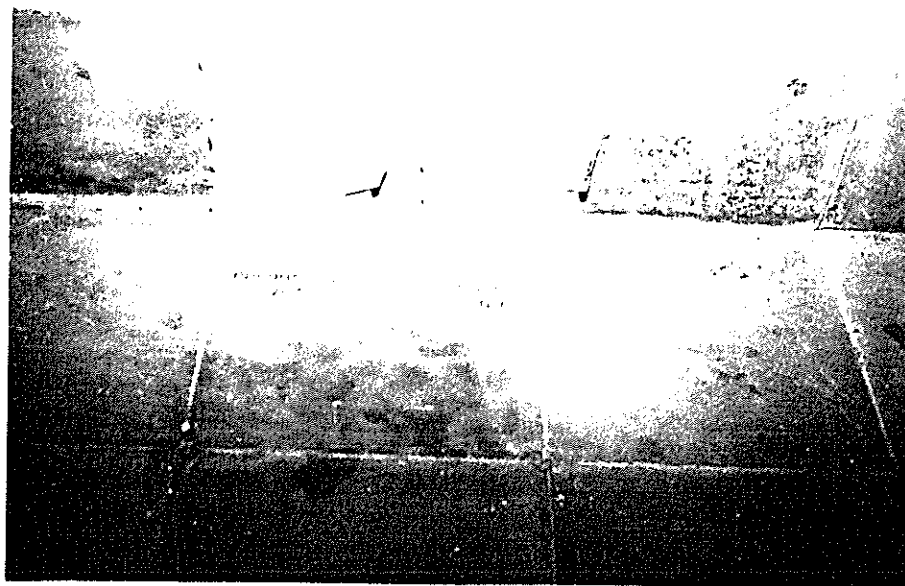
Penyusunan model tersebut berdasarkan laju kenaikan asam lemak bebas (FFA) merupakan fungsi dari perlakuan penelitian. Gambar 7 menunjukkan bagan alir pendugaan masa simpan bekatul.

3. Pengujian model

Pengujian model dilakukan untuk mengetahui apakah model yang digunakan tersebut dapat menggambarkan keadaan sesungguhnya atau tidak, maka dilakukan perbandingan antara kandungan asam lemak bebas (FFA) hasil simulasi dengan data asam lemak bebas hasil pengamatan. Pengujian dilakukan terhadap nilai tengah dari kedua data tersebut dengan uji statistik, selain itu juga dilihat koefisien korelasinya (R).



Gambar 7. Bagan alir pendugaan masa simpan bekatul



Gambar 8. Bekatul dengan pengemasan hampa udara



Gambar 9. Bekatul dengan pengemasan terbuka

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. KADAR AIR SELAMA PENYIMPANAN

Perubahan kadar air bekatul terhadap waktu penyimpanan pada berbagai perlakuan penelitian dapat dilihat pada Gambar 10 sampai 12, sedangkan rata-rata hasil pengukuran kadar air bekatul selama penyimpanan disajikan pada Tabel 6, hasil regresinya dapat dilihat pada Tabel 8, dan persamaan regresinya pada Tabel 7.

Tabel 6. Kadar air bekatul selama penyimpanan

WKT	Perlakuan									
	kontrol		panas + hampa 110		panas + hampa 120		panas + buka 110		panas + buka 120	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
1	10.4	11.6	10.4	11.6	10.4	11.6	10.4	11.6	10.4	11.6
4	12.4	14.2	12.5	14.3	10.8	12.1	10.4	11.6	10.4	11.6
9	12.5	14.3	12.2	13.9	10.6	11.9	10.8	12.1	10.4	11.6
15	12.2	13.9	12.3	14.0	11.5	13.0	8.8	10.9	9.0	9.9
22	12.4	14.2	12.7	14.6	12.7	14.6	10.0	11.1	9.6	10.6
31	10.3	11.5	11.6	13.1	11.1	12.5	8.8	9.6	8.8	9.6

a= Kadar air basis basah

b= Kadar air basis kering

Rata-rata kadar air mengalami kenaikan sampai penyimpanan hari ke 22, kecuali bekatul dengan pemanasan 110°C dan 120°C menggunakan kemasan terbuka. Bekatul

dengan pemanasan 120°C menggunakan kemasan terbuka kadar air relatif tetap untuk penyimpanan sampai hari ke 15, sedangkan kadar air rata-rata pada akhir penyimpanan relatif mengalami penurunan. Ini disebabkan telah tercapainya kadar air keseimbangan sehingga bekatul tidak mampu lagi menyerap air. Hal ini mengikuti pola absorpsi pada kurva sorpsi isotermis, yaitu kadar air rendah mencapai keseimbangan pada kadar air yang lebih tinggi.

Dari hasil pengukuran terlihat bahwa perubahan kadar air mencapai nilai terendah sebesar 8.8% bb, yaitu kadar air penyimpanan hari ke 31 pada bekatul dengan pemanasan 110°C dan 120°C menggunakan kemasan terbuka. Sedangkan kadar air tertinggi sebesar 12.7% bb yaitu penyimpanan hari ke 22 pada bekatul dengan pemanasan 110°C dan 120°C menggunakan kemasan hampa udara.

Kadar air tertinggi dicapai oleh bekatul dengan menggunakan kemasan plastik yang dibuat hampa. Hal ini erat hubungannya dengan migrasi uap air ke dalam kemasan yang menggunakan plastik polyethilen dengan daya tembus terhadap uap air sebesar $800 * 10^{10} \text{ (cm}^3/\text{cm}^2/\text{mm}/\text{dt}/\text{cmHg})$ (Purnomo 1988). Sedangkan kadar air terendah dicapai oleh bekatul dengan kemasan terbuka. Hal ini disebabkan sirkulasi uap air dalam kemasan berjalan lancar.

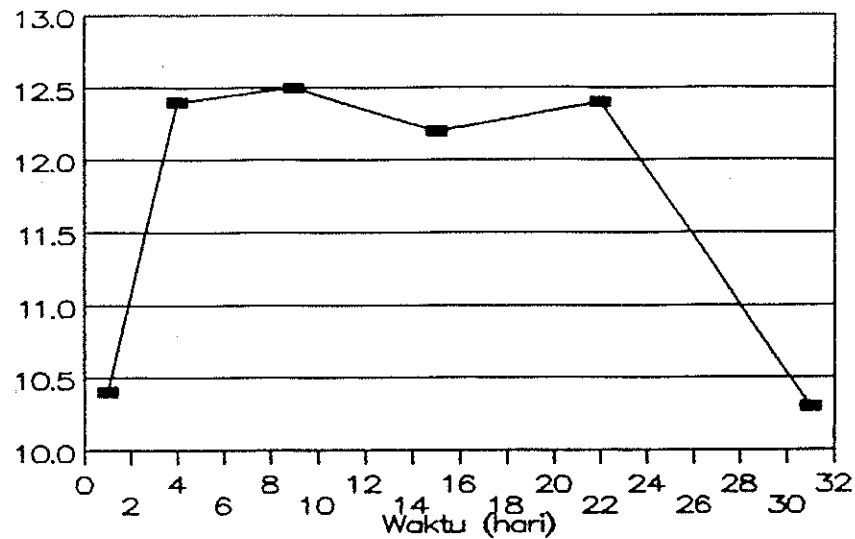
Tabel 7. Persamaan regresi kadar air bekatul selama penyimpanan.

Perlakuan	Persamaan regresi	R^2
Kontrol	$KA = 11.94912 - 0.01823 * T$	0.7
Panas+Hampa 110°C	$KA = 11.65865 + 0.021318 * T$	0.7
Panas+Hampa 120°C	$KA = 10.59289 + 0.643203 * T$	0.7
Panas+Buka 110°C	$KA = 10.53234 - 0.05211 * T$	0.8
Panas+Buka 120°C	$KA = 10.53234 - 0.05602 * T$	0.8

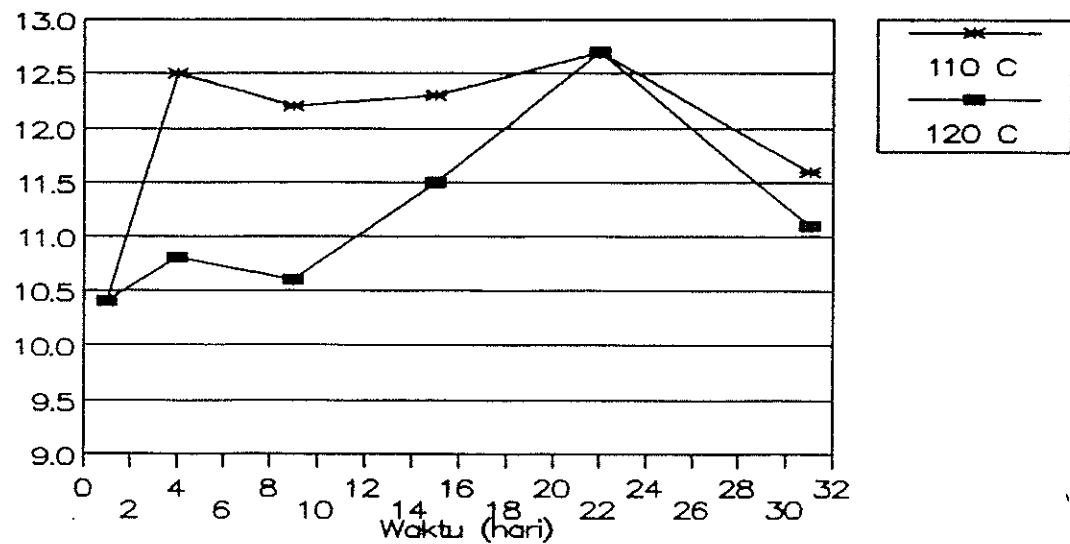
c) = Berdasarkan kadar air basis basah.

Tabel 8. Hasil regresi kadar air bekatul selama penyimpanan.

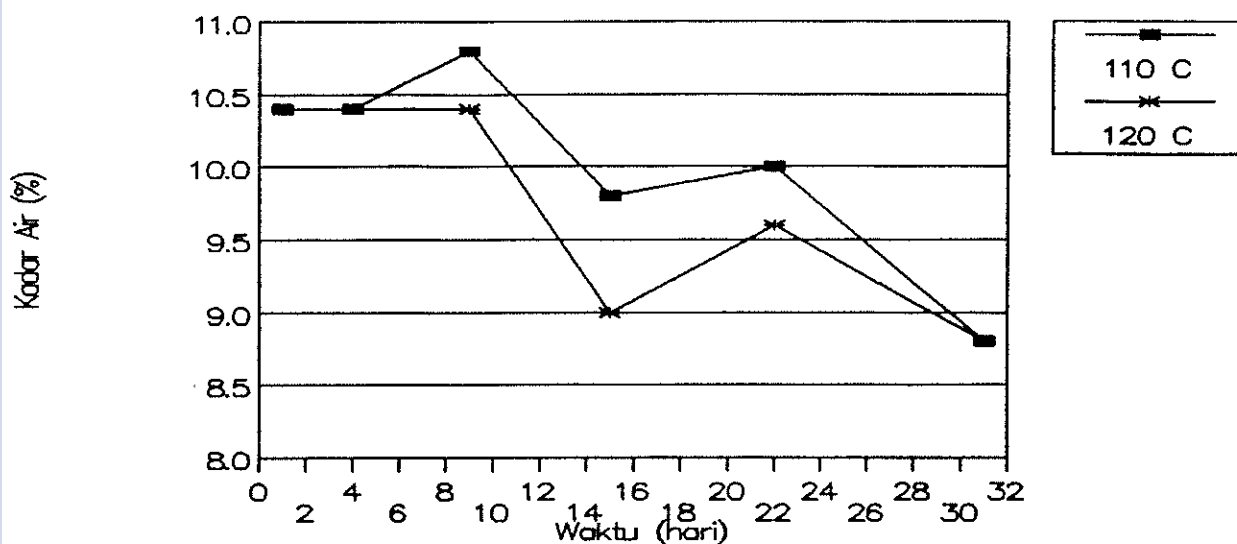
WKT	kadar air (%bb)				
	kontrol	panas+ hampa 110	panas+ hampa 120	panas+ buka 110	panas+ buka 120
1	11.9	11.7	10.6	10.7	10.5
4	11.9	11.7	10.8	10.5	10.3
9	11.8	11.8	11.0	10.3	10.0
15	11.7	12.0	11.2	10.0	9.7
22	11.6	12.1	11.5	9.6	9.3
31	11.4	12.3	11.9	9.1	8.8



Gambar 10. Grafik perubahan kadar air bekatul kontrol



Gambar 11. Grafik perubahan kadar air bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa udara.



Gambar 12. Grafik perubahan kadar air bekatul dengan pemanasan dan kemasan terbuka.

B. KENAIKAN KANDUNGAN ASAM LEMAK BEBAS (FFA)

Penyimpanan bekatul dengan perlakuan panas dan pengemasan hampa udara memberikan kondisi yang baik, sehingga bekatul menjadi lebih tahan lama disimpan. Ini terjadi karena dengan pemanasan, maka aktivitas enzim lipase dan lipoksidase menjadi terhambat atau rusak. Dengan kata lain pemanasan menginaktifkan enzim lipase dan lipoksidase. Selain itu kerusakan bekatul dapat juga terjadi oleh proses oksidasi. Pengemasan hampa udara ditunjukkan untuk menghindari proses oksidasi tersebut.

Kerusakan bekatul menimbulkan bau tengik yang tidak enak. Ketengikan ini ditunjukkan dengan adanya kenaikan asam lemak bebas (FFA) sampai batas tertentu, kemudian diikuti oleh kerusakan fisik bekatul yang ditandai dengan tumbuhnya jamur pada bekatul, kecuali bekatul dengan pengemasan hampa udara, serta mulai turunnya kandungan asam lemak bebas. Data rata-rata hasil pengukuran kandungan asam lemak bebas pada berbagai perlakuan disajikan pada Tabel 9, sedangkan grafiknya disajikan pada Gambar 13 sampai 15.

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa pertambahan kandungan asam lemak bebas bekatul kontrol lebih tinggi dibandingkan kenaikan asam lemak bebas bekatul lainnya. Dari hasil pengamatan tersebut terlihat bahwa bekatul kontrol mencapai nilai tertinggi pada penyimpanan hari ke 31 yaitu sebesar 12.98 %. Sedangkan untuk bekatul dengan perlakuan lainnya rata-rata terjadi kenaikan yang sedikit sampai penyimpanan hari ke 15. Kandungan asam lemak bebas tertinggi dicapai oleh bekatul dengan pemanasan 110°C menggunakan kemasan terbuka yaitu sebesar 5.80 %. Setelah penyimpanan hari ke 15 kandungan asam lemak bebas rata-rata mengalami penurunan. Penurunan ini diikuti oleh tumbuhnya jamur kecuali bekatul dengan pemanasan 110°C dan 120°C yang dikemas hampa udara serta bekatul kontrol yang mulai ditumbuhi jentik-jentik. Kandungan asam lemak bebas

terkecil dicapai oleh bekatul dengan pemanasan 110°C menggunakan kemasan hampa udara yaitu sebesar 2.72 %.

Dengan mengetahui kenaikan kandungan asam lemak bebas, maka dapat diketahui batas maksimal penyimpanan bekatul dan perlakuan yang cocok untuk memperpanjang masa simpan bekatul tersebut. Menurut Fernando dan Hewavitharana (1980) batas maksimum kandungan FFA untuk penyimpanan bekatul secara komersial yaitu sebesar 5% oleat.

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa bertambahnya kandungan asam lemak bebas baik bekatul dengan perlakuan ataupun bekatul kontrol (tanpa perlakuan) merupakan fungsi linier terhadap waktu sampai penyimpanan (T) tertentu. Hasil penelitian serupa telah dilaporkan oleh Fernando dan Hewavitharana (1980), Duita (1982), Tjarim Tjakradimerta, et al (1966).

Bekatul kontrol pada penyimpanan suhu ruang kandungan FFA berubah secara linier sampai kandungan FFA sekitar 12.04 % atau setelah penyimpanan 15 hari. Bekatul dengan pemanasan 110°C dan dikemas hampa udara berubah secara linier sampai kandungan FFA sebesar 5.44 %, sedangkan bekatul dengan pemanasan 120°C berubah secara linier sampai kandungan FFA sebesar 5.59 %. Pada bekatul dengan pemanasan 120°C menggunakan kemasan hampa udara terjadi kerusakan pada bagian laminating sehingga memungkinkan adanya kebocoran udara ke dalam kemasan. Bekatul dengan pemanasan 110°C menggunakan

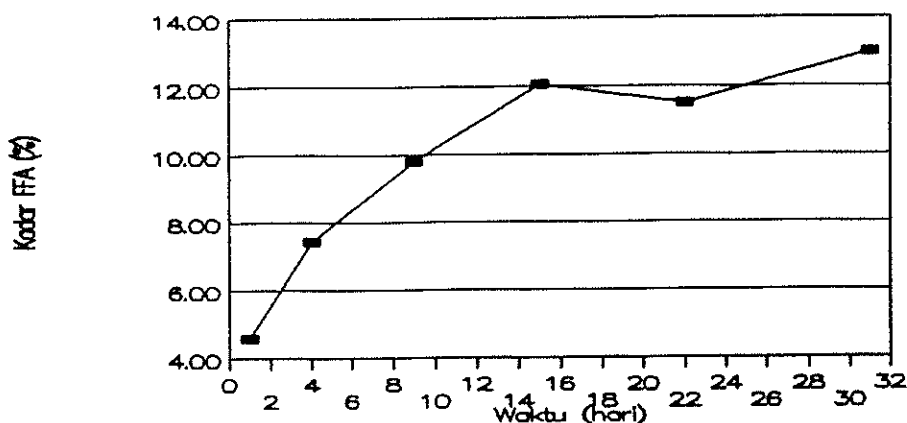
kemasan terbuka kandungan FFA-nya berubah secara linier sampai 5.8 %, sedangkan dengan pemanasan 120°C berubah secara linier sampai kandungan FFA-nya sebesar 5.72 %.

Persamaan regresinya dapat dilihat pada Tabel 10 dan hasilnya pada Tabel 11, sedangkan grafik hasil perhitungan regresi dapat dilihat pada Gambar 15 sampai 17. Nilai laju kenaikan kandungan FFA (laju ketengikan) merupakan nilai gradien dari persamaan regresi linier.

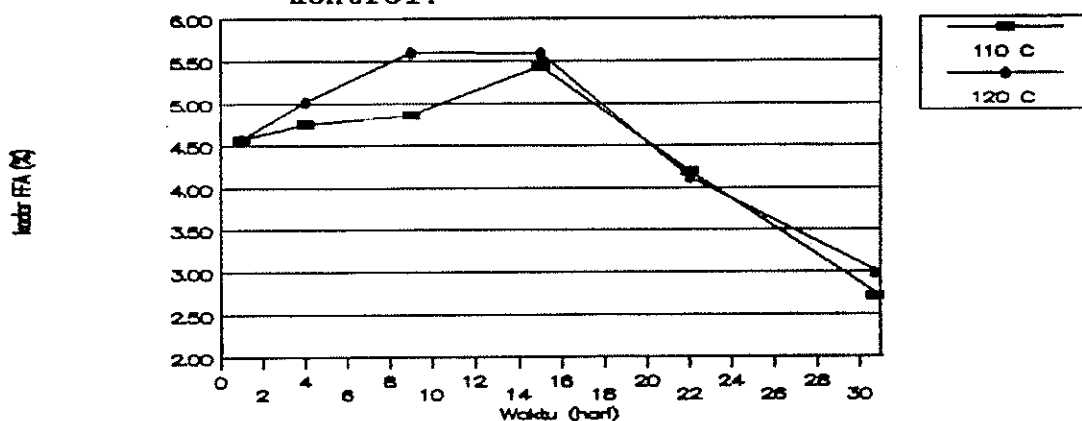
Tabel 9. Rata-rata kandungan FFA bekatul selama penyimpanan

Hari	Kandungan FFA (% oleat)				
	kontrol	hampa 110	hampa 120	buka 110	buka 120
1	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58
4	7.42	4.75	5.02	4.30	4.94
9	9.78	4.86	5.61	4.52	5.65
15	12.04	5.44	5.59	5.80	5.72
22	11.48	4.20	4.12	3.88	4.12

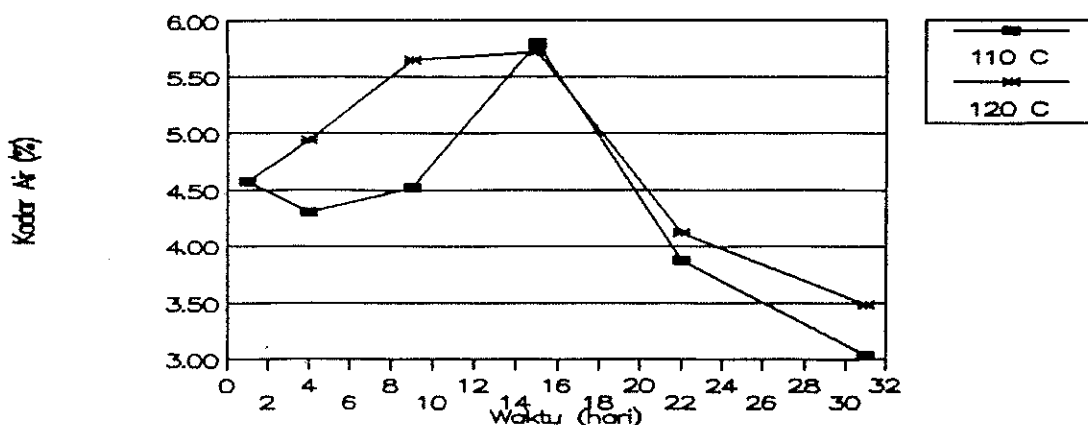
Pola kenaikan kandungan asam lemak bebas bekatul menunjukkan kecenderungan naik sampai batas penyimpanan tertentu, dan setelah itu menunjukkan nilai yang cenderung menurun. Dengan demikian dapat diduga bahwa kandungan asam lemak bebas bekatul ini lebih ditentukan oleh aktifitas bakteri yang menghasilkan enzim lipase dan lipoksidase dibandingkan dengan pengaruh perubahan kadar airnya terhadap kenaikan kandungan FFA-nya.



Gambar 13. Grafik perubahan kandungan FFA bekatul kontrol.



Gambar 14. Grafik perubahan kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa.



Gambar 15. Grafik perubahan kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan kemasan terbuka.

Tabel 10. Persamaan regresi kandungan FFA bekatul sampai penyimpanan hari ke 15.

Perlakuan	Persamaan regresi	R^2
Kontrol	$\text{Log FFA} = 0.698091 + 0.027927 * T$	0.9
Panas+hampa 110	$\text{Log FFA} = 0.653114 + 0.005081 * T$	0.9
Panas+hampa 120	$\text{Log FFA} = 0.669769 + 0.006168 * T$	0.8
Panas+buka 110	$\text{Log FFA} = 0.622033 + 0.007751 * T$	0.7
Panas+buka 120	$\text{Log FFA} = 0.664511 + 0.007103 * T$	0.9

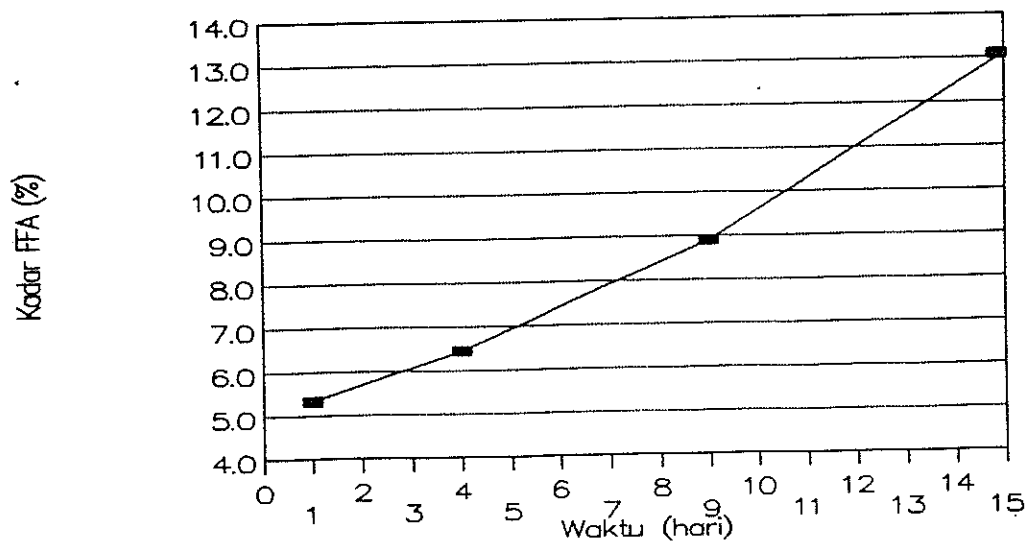
Tabel 11. Kandungan FFA bekatul hasil regresi

Hari	Kandungan FFA (% oleat)				
	kontrol	hampa 110	hampa 120	buka 110	buka 120
1	5.32	4.55	4.74	4.26	4.70
4	6.45	4.71	4.95	4.50	4.93
9	8.90	5.00	5.31	4.92	5.35
15	13.09	5.36	5.78	5.47	5.90

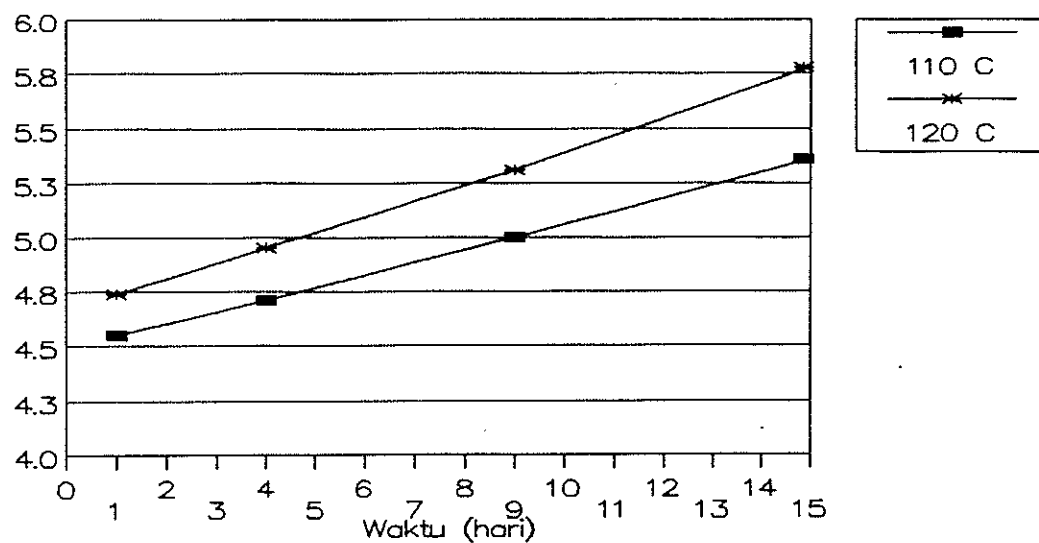
Dari tabel regresi kandungan FFA bekatul (Tabel 11), penyimpanan bekatul sampai hari ke 4 memiliki nilai FFA yang lebih kecil dari 5% untuk masing-masing perlakuan kecuali bekatul kontrol. Dengan demikian penyimpanan bekatul sampai 9 hari memiliki ketahanan yang lebih baik karena tingkat kandungan FFA yang kecil kecuali bekatul kontrol yang hanya bertahan kurang dari

satu hari, sehingga bekatul kontrol ini berdasarkan kandungan FFA-nya tidak layak lagi dikonsumsi setelah penyimpanan lebih dari satu hari.

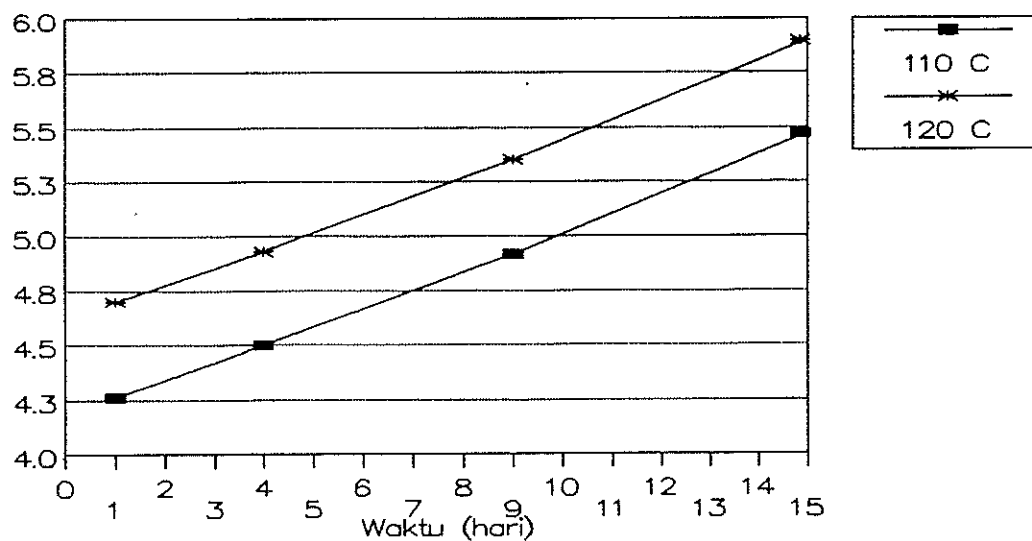
Hasil regresi pada hari ke 9 menunjukkan kandungan FFA bekatul yang masih baik bertahan hanya bekatul dengan perlakuan panas 110°C menggunakan kemasan terbuka dan kemasan hampa udara. Ini menunjukkan bahwa perlakuan bekatul dengan pemanasan 110°C menggunakan kemasan polyethilen terbuka dan kemasan hampa udara masih layak untuk dikonsumsi.



Gambar 16. Grafik hasil regresi kandungan FFA bekatul kontrol.



Gambar 17. Grafik hasil regresi kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa udara.



Gambar 18. Grafik hasil regresi kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan kemasan terbuka.

C. PENYUSUNAN MODEL PENDUGAAN MASA SIMPAN

1. Model Pendugaan Masa Simpan

Menurut Fernando dan Hewavitharana (1990) batas maksimum kandungan FFA bekatul adalah 5%. Pengamatan dilakukan selama 30 hari penyimpanan, dimana pada hari ke 15 bekatul tersebut sudah tidak layak lagi dikonsumsi karena sudah terjadi ketengikan.

Laju kenaikan kandungan FFA bekatul diasumsikan mengikuti model persamaan differensial ordo pertama. Apabila nilai kandungan FFA bekatul sebesar $F\%$ oleat, maka persamaan ordo pertama dapat dituliskan

$$-\frac{dF}{dT} = -KF$$

dimana : F = Nilai kandungan FFA (% oleat).

T = Lama penyimpanan (hari).

K = Konstanta laju kenaikan FFA. (hari^{-1})

Dengan mengintegrasikan persamaan di atas dan memasukkan kondisi batas $T = 0$ dan $F = F_0$, maka didapat persamaan sebagai berikut:

$$F = F_0 \exp(-KT)$$

Dalam hal ini F_0 adalah nilai FFA awal bekatul.

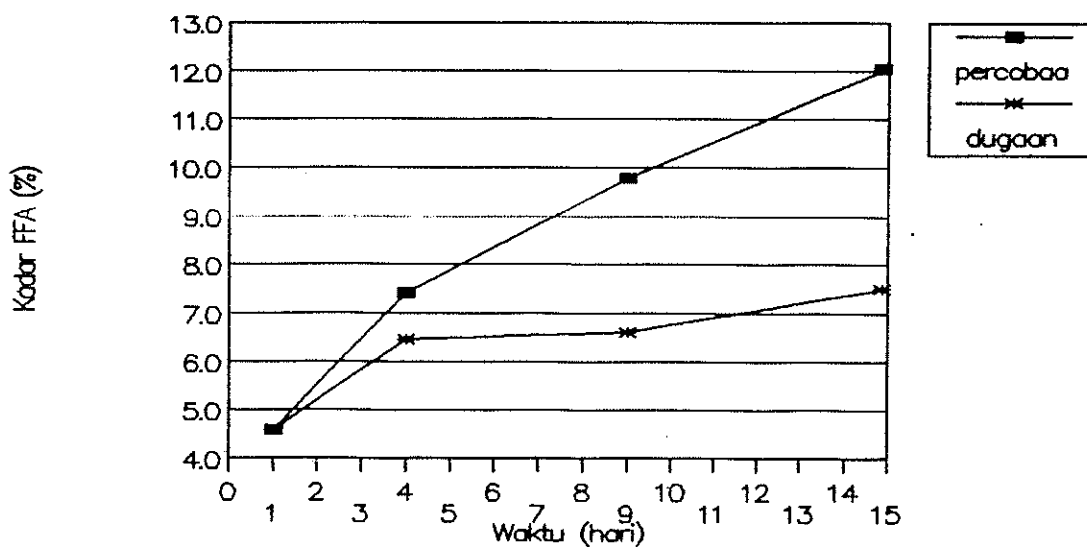
Besarnya konstanta laju kenaikan FFA (K) merupakan slope dari grafik antara kandungan FFA dan

lama penyimpanan. Namun secara matematik besarnya koefisien dari suatu persamaan regresi.

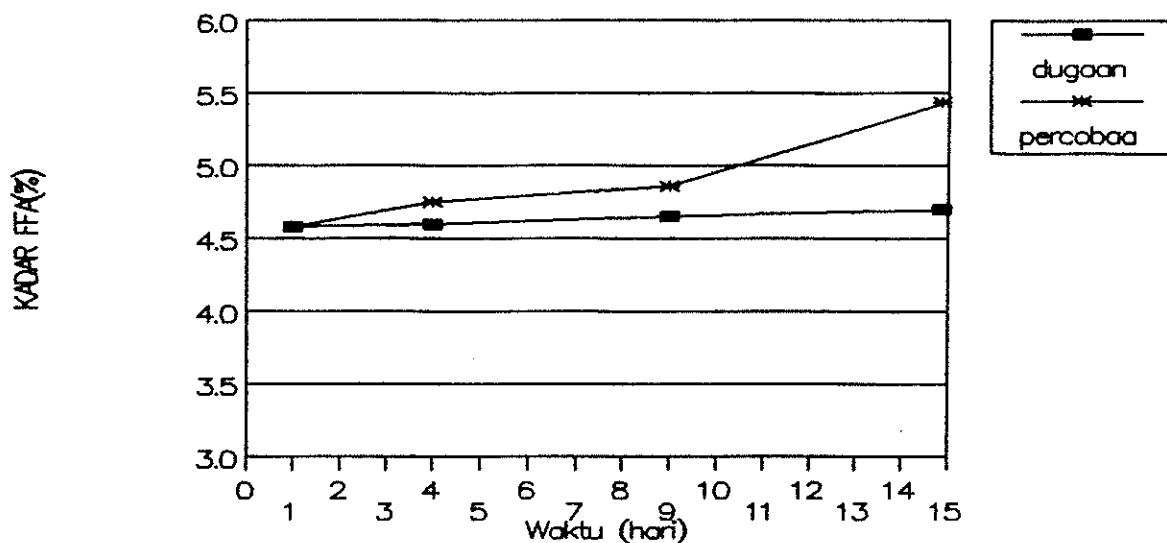
Besarnya konstanta laju kenaikan FFA untuk lima perlakuan bekatul yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Konstanta laju kenaikan FFA bekatul untuk lima perlakuan bekatul yang berbeda.

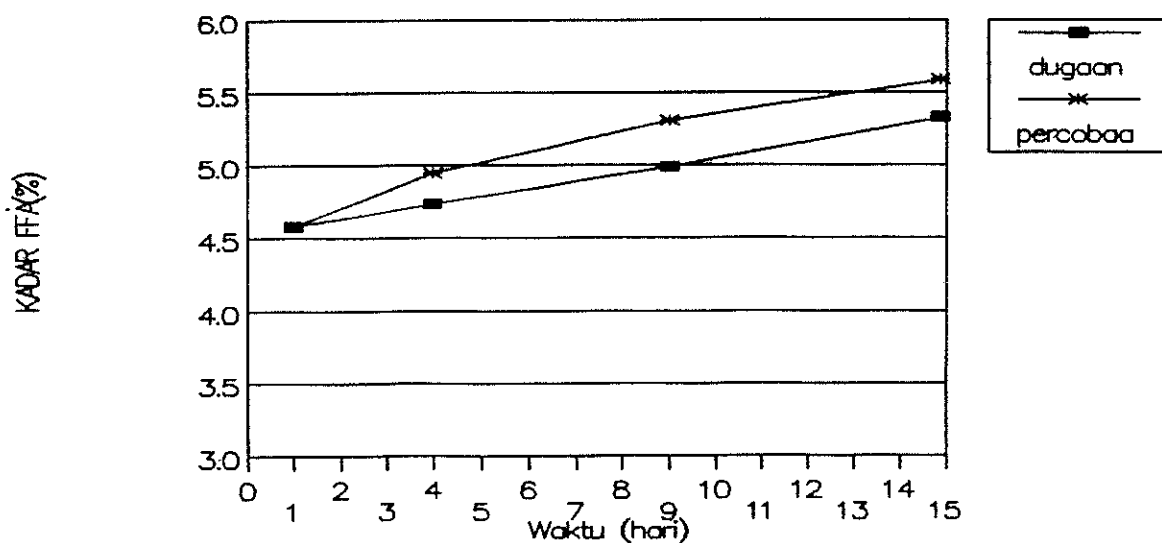
Perlakuan	Grad (PB)	Konstanta laju kenaikan FFA
Hampa 110	1	0.005081
Buka 110	2	0.007751
Hampa.120	3	0.006168
Buka 120	4	0.007103
Kontrol	5	0.027927



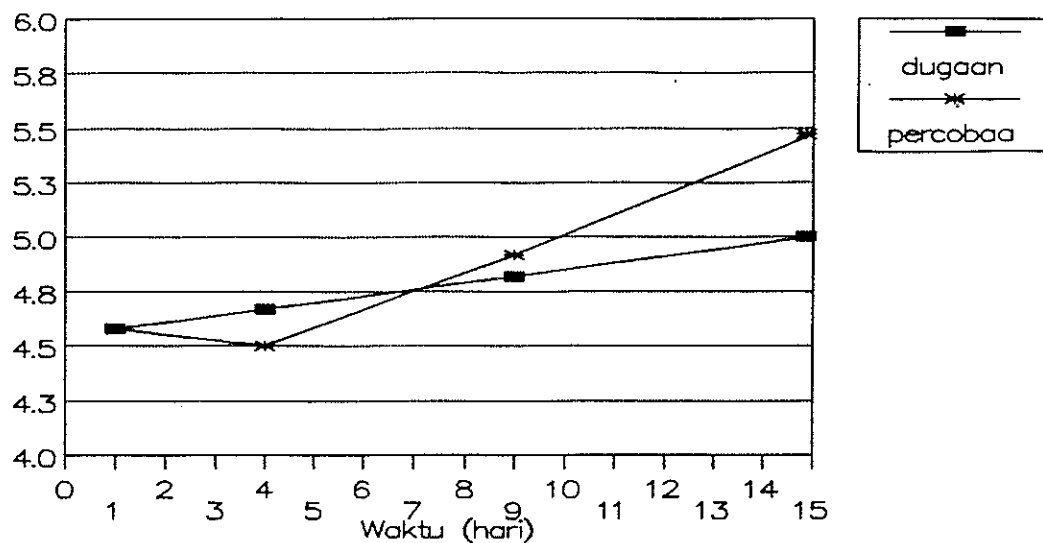
Gambar 19. Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan hasil pendugaan untuk bekatul kontrol.



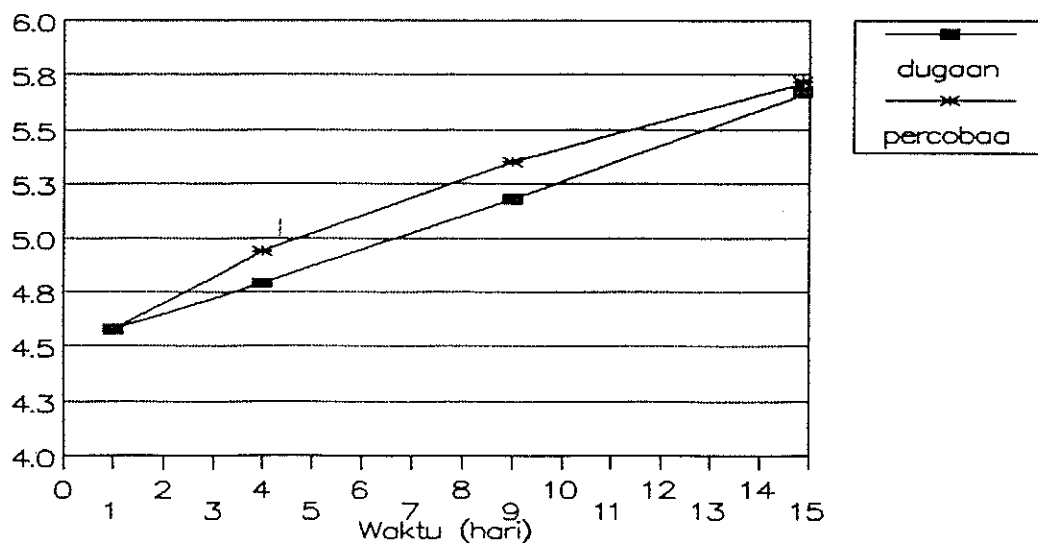
Gambar 20. Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan FFA hasil pendugaan untuk bekatul dengan pemanasan 110°C dan pengemasan hampa udara.



Gambar 21. Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan FFA hasil pendugaan untuk bekatul dengan pemanasan 120°C dan pengemasan hampa udara.



Gambar 22. Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan FFA hasil pendugaan untuk bekatul dengan pemanasan 110°C dan kemasan terbuka.



Gambar 23. Grafik kandungan FFA hasil percobaan dengan FFA hasil pendugaan untuk bekatul dengan pemanasan 120°C dan kemasan terbuka.

Berdasarkan data pada Tabel 12, maka diperoleh harga konstanta laju kenaikan FFA sebagai fungsi dari perlakuan bekatul sebagai berikut:

$$K = -0.0027072 + 0.00450 * PB$$

Berdasarkan batas masa simpan bekatul dan laju kenaikan FFA, maka bagan alir model pendugaan masa simpan bekatul dapat dilihat pada Gambar 8, sedangkan program komputernya disajikan pada Lampiran 7.. Data kandungan FFA hasil pendugaan untuk lima perlakuan bekatul disajikan pada Tabel 14, sedangkan grafiknya yang dibandingkan dengan kandungan FFA hasil penelitian disajikan pada Gambar 19 sampai 23.

Model pendugaan masa simpan yang lainnya menggunakan model matematik hasil penelitian Fernando dan Hewavitharana (1990). Konstanta untuk model ini merupakan konstan dari persamaan regresi untuk masing-masing perlakuan (Tabel 13).

Tabel 13. Konstanta untuk model dari Fernando dan Hewavitharana.

Perlakuan	Konstanta
Kontrol	0.698
Hampa 110	0.653
Hampa 120	0.700
Buka 110	0.622
Buka 120	0.664

Tabel 14. Data pendugaan kandungan FFA bekatul selama penyimpanan.

Hari	Kandungan FFA (% oleat)									
	kontrol		hampa 110		hampa 120		buka 110		buka 120	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
0	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58	4.58
1	4.67	4.67	4.60	4.67	4.63	4.66	4.61	4.65	4.65	4.65
2	4.76	4.77	4.62	4.76	4.68	4.75	4.64	4.72	4.72	4.73
3	4.86	4.86	4.64	4.84	4.73	4.84	4.67	4.80	4.79	4.80
4	4.96	4.96	4.64	4.93	4.78	4.92	4.70	4.87	4.87	4.88
5	5.06	5.05	4.65	5.02	4.83	5.01	4.73	4.94	4.94	4.95
6	5.16	5.14	4.64	5.11	4.89	5.09	4.76	5.01	5.02	5.02
7	5.26	5.24	4.66	5.20	4.94	5.18	4.79	5.08	5.10	5.10
8	5.37	5.33	4.68	5.28	4.99	5.26	4.82	5.16	5.18	5.17
9	5.47	5.43	4.70	5.37	5.05	5.34	4.85	5.23	5.26	5.25
10	5.58	5.52	4.72	5.46	5.10	5.43	4.88	5.30	5.34	5.32
11	5.69	5.62	4.74	5.55	5.16	5.52	4.91	5.37	5.42	5.40
12	5.81	5.71	4.76	5.63	5.21	5.60	4.94	5.44	5.50	5.47
13	5.92	5.80	4.78	5.72	5.23	5.69	4.97	5.51	5.59	5.54
14	6.04	5.90	4.80	5.81	5.33	5.77	5.00	5.59	5.67	5.62
15	6.16	6.00	4.82	5.90	5.38	5.86	5.03	5.66	5.76	5.69

a= Berdasarkan model dari persamaan diferensial.

b= Berdasarkan model Fernando dan Hewavitharana.

Untuk model pertama berdasarkan Tabel 14, lama penyimpanan pada perlakuan bekatul dengan pemanasan 110°C menggunakan kemasan hampa udara relatif lebih lama dibandingkan perlakuan bekatul lainnya, karena pada penyimpanan hari ke 15 kandungan FFA-nya baru mencapai 4.82 % sedangkan bekatul lainnya lama penyimpanan berkisar antara 3 - 12 hari. Untuk model kedua, hasil pendugaan pada penyimpanan bekatul tidak menunjukkan perbedaan untuk masing-masing perlakuan.

Hasil pendugaan kandungan FFA bekatul menggunakan kedua model di atas untuk bekatul kontrol pada penyimpanan hari ke 15 sebesar 6%, sedangkan hasil percobaan sudah mencapai 13%. Ini menunjukkan bahwa model di atas kurang cocok untuk pendugaan kandungan FFA bekatul tanpa perlakuan.

2. Pengujian Model

Pengujian model dilakukan dengan uji statistik yaitu uji beda nyata terkecil (BNT) dan nilai koefisien korelasi. Hasil uji statistik disajikan pada Tabel 15.

Pengujian hasil pendugaan simulasi untuk kandungan FFA bekatul pada berbagai perlakuan memiliki koefisien korelasi (R) antara 0.823 - 0.974 untuk model pertama, sedangkan untuk model kedua antara 0.821 - 0.979. Besarnya nilai koefisien

Tabel 15. Hasil pengujian model dengan uji statistik BNT dan nilai koefisien korelasi (R).

Perlakuan	Nilai koefisien korelasi (R)	t hitung	t tabel $\alpha=0.05\%$
Kontrol	0.974	3.2425	3.9910
Hampa 110	0.961	0.2750	0.4613
Hampa 120	0.887	0.2925	0.7276
Buka 110	0.823	0.0325	0.8520
Buka 120	0.927	0.1675	0.7433

Tabel 16. Hasil pengujian statistik untuk model kedua.

Perlakuan	Nilai koefisien korelasi (R)	t hitung	t tabel $\alpha=0.05\%$
Kontrol	0.979	3.2875	3.977
Hampa 110	0.962	0.2200	0.802
Hampa 120	0.900	0.0875	0.879
Buka 110	0.821	0.2325	0.989
Buka 120	0.933	0.1800	0.878

korelasi tersebut menunjukkan hubungan antara nilai kandungan FFA hasil pendugaan dengan kandungan FFA hasil percobaan adalah erat. Nilai koefisien korelasi yang semakin mendekati 1, maka korelasi antara dua variabel dikatakan semakin kuat.

Pengujian dengan uji statistik uji BNT menunjukkan bahwa nilai selisih rata-rata (t hitung) dari masing-masing perlakuan menunjukkan lebih kecil dari nilai t tabel pada selang kepercayaan 95% dan taraf nyata 0.05. Hal ini menunjukkan nilai kandungan FFA bekatul hasil dugaan sampai penyimpanan hari ke 15 dengan nilai kandungan FFA hasil percobaan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Berdasarkan model pertama yang telah disusun untuk masa simpan bekatul sampai hari ke 15, maka perlakuan bekatul dengan pemanasan 110°C dan dikemas hampa udara relatif lebih lama dibandingkan dengan masa simpan pada perlakuan lainnya.

Bekatul yang telah disimpan selama 15 hari, dari hasil pengamatan menunjukkan sebagian kecil sudah ditumbuhi jamur berwarna hijau. Untuk bekatul yang dikemas hampa udara serangan jamur terutama disebabkan oleh rusaknya kemasan pada bagian laminating.



VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Bekatul dengan pemanasan 110°C dengan kemasan terbuka dan hampa udara dapat bertahan sampai 15 hari, sedangkan dengan pemanasan 120°C menggunakan kemasan terbuka dapat bertahan 4 sampai 9 hari dan bekatul dengan pemanasan 120°C menggunakan kemasan hampa udara hanya bertahan 4 hari. Ini disebabkan terjadinya kerusakan pada bagian laminating kemasan.
2. Kadar air sedikit pengaruhnya terhadap perubahan kandungan asam lemak bebas bekatul pada penyimpanan suhu ruang.
3. Bekatul kontrol (tanpa perlakuan) pada penyimpanan hari ke 10 selain ditumbuhi jamur berwarna hijau juga telah ditumbuhi jentik-jentik.
4. Berdasarkan model yang dibuat perlakuan bekatul dengan pemanasan 110°C dan menggunakan kemasan hampa udara merupakan perlakuan terbaik karena dapat meningkatkan ketahanan bekatul sampai 15 hari.
5. Model pendugaan dengan menggunakan persamaan differensial dari Labuza yang merupakan fungsi dari perlakuan bekatul mempunyai konstanta laju kenaikan asam lemak bebas (FFA) $K = -2.7072 \text{ E-}3 + 4.5 \text{ E-}3 * \text{PB}$ relatif lebih baik dibandingkan dengan model dari Fernando dan Hewavitharana sampai penyimpanan hari ke

15. Ini disebabkan pengaruh kadar air sedikit sekali terhadap perubahan kandungan asam lemak bebas bekatul pada penyimpanan suhu ruang.

6. Berdasarkan uji nilai korelasi dan uji beda nyata terkecil, hasil pendugaan kandungan FFA bekatul dengan hasil percobaan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

B. SARAN

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh pemanasan dan pengemasan terhadap mutu bekatul.
2. Laminating kemasan diusahakan sebaik mungkin supaya tidak terjadi kerusakan selama penyimpanan.
3. Untuk lebih menjamin keakuratan dari model yang dibuat, maka perlu diteliti pengaruh suhu penyimpanan terhadap laju kenaikan FFA bekatul.



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1980. Effect of Processing on the Dietry Fiber Content of Wheat bran . Purced Greateams and Carrots. J Food Sci 45 : 1533.
- Anonim. 1989. Rice Bran Reduces Cholesterol Levels. J Rice.
- Arnold dan Linn dalam K.S.N. Fernando dan L.G. Hewavitharana. 1990. Influence of Drying on the Storage ability of Rice Bran . J. Drying Tech.
- Barber, S. 1972. Milled Rice and Change During Aging di dalam D.F. Houston (ed). Rice Chemistry and Tech Ame. Ass. J. Cereal Chemists Inc. St Paul Minnesota.
- Betschart, A.A. R.Y. Fong dan R.M. Samiden. 1977 Rice by product Comparative extraction and precipitation of Nitrogen from U.S. and Spanish brant and Germ. 42 : 1088 - 1093. J. Food Sci.
- Biro Pusat Statistik. 1990. Buletin statistik Bulanan Indikator Ekonomi. BPS. Jakarta.
- Carrol, E dan Linda. 1990. Functional properties and Application of Stabilized Rice Bran in Bakery Product. Food Tech.
- Ciptadi, W dan Z. Nasution. 1976. Padi dan Pengolahannya. Departemen Teknologi Hasil Pertanian. IPB. Bogor.
- Fernando, W.J.N dan Hewavitharana, L.G. 1990. Influence of Drying on the Storage Ability of Rice Bran . J. Dry Tech.
- Grist, D.H. 1965. Rice 3 th ed. Lowe and Boydine Ltd. London.
- Houston, D.F. 1972. Rice Bran and Polish. America. Ass. of Cereal Chemistc Inc. St. Paul Minnesota.
- Judoamidjoyo, et al. 1989. Biokonversi. PAU. IPB. Bogor.
- Karel, M. 1973. Quantitative analysis of Food Packaging and Storage Problem. AICHE Symp Ser 69. no 132.

- Ketaren, S. 1986. Minyak dan Lemak Pangan. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.
- Labuza, F.P. 1969. Kinetick of Linoleat Oxidation in Model System. J. Am. Oil Clem. Sci. 46 (8): 409.
- Lubis. 1958. Kepentingan Dedak Padi dalam Ransum Makanan Ternak Indonesia. UI- Press. Jakarta.
- Matz, S.A. 1970. Cereal Teknologi. Avi Publ. Co. Inc. Wesport Connecticut.
- Miraty, S.T.P Labuza dan M. Karel. 1970. Computer Aided Prediction of Exten of Browning in Dehydrated Cabbage. J. Food. Sci 35. 799.
- Morrison, F.B. 1959. Feed and Feeding. The Morrison Publ. Company. Clinton. IUWA.
- Nancy, U. Solechudin. 1981 Rancangan dan Pengujian Ekstraktor Dedak Padi. TK-ITB.
- Pelczar, J.R dan E.C.S Clan. 1986. Dasar-dasar Mikrobiologi (terjemahan). UI-Press. Jakarta.
- Purnomo, H dan Adiono. 1988. Ilmu Pangan. Dikti . Depdikbud. Jakarta.
- Quast, D.G. dan M. Karel. 1972. Computer Simulation of Storage Life of Food Undergoing Spoilage by Two enteracting Mechanisme. J. Food. Sci 37. 679.
- Rahmad. S.B. 1990. Model Pendugaan Masa Simpan Salak dalam Sistem Penyimpanan Modified Atmosfir. Skripsi Jurusan Mekanisasi Pertanian. IPB. Bogor.
- Ralet, M.C. J.F. Thibault dan G. Della Valle. 1990. Influence of Extrusion Cooking on The Physico-Chemical Properties of Wheat Bran . J. of Cereal Sci.
- Roestopo. Andi. 1986. Pengaruh Penambahan Bekatul sebagai Sumber Dietry Fiber terhadap Mutu Produk Ektrusi Beras Pisang. Skripsi Jurusan Teknologi Pangan dan Gizi. IPB. Bogor.
- Setiawan, Y.Y. 1986. Memperkirakan Masa Simpan Buah-buahan. BBIHP. Bogor.

- Soemardi. 1975. Pendayagunaan Dedak. Seminar Teknologi Pangan II. Balai Penelitian Kimia. Departemen Perindustrian. Bogor.
- Somaatmaja, D. 1981. Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian. Didalam Laporan Seminar Akademik Pemanfaatan Limbah Industri Pertanian di Bogor. Fateta IPB. Bogor.
- Schultz, H.W. 1960. Food Enzymes. The Avi Publ. Company. Inc Westport Connecticut.
- Steel, R.G.D dan James H. Torrie. 1989. Prinsip dan Prosedur Statistika Suatu Pendekatan Biometrik. Penerbit PT Gramedia. Jakarta.
- Sulistya, A.D. 1983. Dedak Padi dan Pemanfaatannya sebagai Sumber Minyak Dedak. Puslitbang Kimia Terapan LIPI. Bandung.
- Tjarim Tjakradinerta, et al. 1966. Penelitian Mutu Dedak Padi Daerah Sulsel. Balai Penelitian Kimia. Ujung Pandang.
- Winarno, F.G. S. Fardiaz dan D. Fardiaz. 1980. Pengantar Teknologi Pangan. Penerbit PT. Gramedia. Jakarta.

Lampiran 1a. Data hasil pengukuran kadar air bekatul kontrol.

Hari	Kadar air (% bb)		
	1	2	rata-rata
1	10.2	10.5	10.4
4	12.0	12.9	12.4
9	12.2	12.8	12.5
15	11.8	12.6	12.2
22	11.8	13.0	12.4
31	10.3	10.3	10.3

Lampiran 1b. Data hasil pengukuran kadar air bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa udara.

Hari	Kadar air (% bb)					
	110°C			120°C		
	1	2	rata	1	2	rata
1	10.2	10.5	10.4	10.2	10.5	10.4
4	12.5	12.6	12.5	11.4	10.2	10.8
9	13.5	10.9	12.2	11.3	9.8	10.6
15	12.1	12.5	12.3	11.9	11.2	11.5
22	12.4	13.0	12.7	12.0	13.4	12.7
31	11.2	12.0	11.6	10.7	11.4	11.1

Lampiran 1c. Data hasil pengukuran kadar air bekatul dengan pemanasan dan kemasan terbuka.

Hari	Kadar air (% bb)					
	110 ^o C			120 ^o C		
	1	2	rata	1	2	rata
1	10.2	10.5	10.4	10.2	10.5	10.4
4	10.4	10.3	10.4	11.1	9.7	10.4
9	11.4	10.1	10.8	11.2	9.7	10.4
15	9.6	10.1	9.8	9.3	8.6	9.0
22	9.4	10.6	10.0	9.1	10.1	9.1
31	8.4	9.5	8.8	8.4	9.1	8.8

Lampiran 2a. Data hasil pengukuran kandungan FFA bekatul kontrol.

Hari	Kandungan FFA (% oleat)		
	1	2	rata-rata
1	4.58	4.57	4.58
4	7.54	7.30	7.42
9	9.50	10.05	9.78
15	11.98	12.11	12.04
22	11.29	11.67	11.48
31	13.03	12.93	12.98

Lampiran 2b. Data hasil pengukuran kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan pengemasan hampa udara.

Hari	Kandungan FFA (% oleat)					
	110 C			120 C		
	1	2	rata	1	2	rata
1	4.58	4.57	4.58	4.58	4.57	4.58
4	4.60	4.81	4.75	5.04	4.99	5.02
9	4.93	4.80	4.86	5.54	5.68	5.61
15	5.16	5.71	5.44	5.65	5.53	5.59
22	4.33	4.08	4.20	3.87	4.37	4.12
31	2.62	2.83	2.72	3.10	2.88n	2.99

Lampiran 2c. Data hasil pengukuran kandungan FFA bekatul dengan pemanasan dan kemasan terbuka.

Hari	Kandungan FFA (% oleat)					
	110 C			120 C		
	1	2	rata	1	2	rata
1	4.58	4.57	4.58	4.58	4.57	4.58
4	4.25	4.36	4.30	4.78	5.09	4.94
9	4.55	4.49	4.52	5.62	5.68	5.65
15	5.64	5.96	5.80	5.39	6.05	5.72
22	3.76	4.01	3.88	3.87	4.37	4.12
31	3.03	3.03	3.03	3.54	3.43	3.48

Lampiran 3. Data hasil pengukuran suhu ruang

Hari	Suhu ruang ($^{\circ}\text{C}$)							
	Termometer bola basah				Termometer bola kering			
	1	2	3	rata	1	2	3	rata
1	24	27	25	25.3	26	31	28	28.3
2	24	27	26	25.6	27	31	31	29.0
3	24	26	26	25.3	27	31	29	29.0
4	24	27	25	25.3	26	30	29	28.3
5	23	27	24	24.7	26	31	28	28.3
6	23	27	25	25.0	27	30	28	28.3
7	24	26	26	25.3	26	31	28	28.3
8	24	26	24	24.7	27	31	28	28.7
9	23	27	24	24.7	27	30	27	28.0
10	24	26	25	25.0	27	31	29	29.0
11	24	26	26	25.3	26	30	29	28.3
12	24	27	25	25.3	28	30	28	29.0
13	23	27	25	25.0	26	31	29	28.7
14	23	27	24	24.7	27	31	27	28.3
15	23	26	26	25.0	27	31	28	28.7
16	24	26	26	25.0	27	30	28	28.3
17	23	26	26	25.0	26	30	29	28.3
18	24	26	26	25.3	27	31	29	29.0
19	24	27	26	26.7	26	31	30	29.0
20	24	26	26	25.3	27	31	30	29.3
21	25	27	26	26.0	27	31	29	29.0
22	24	26	26	25.3	27	31	30	29.3
23	26	26	26	26.0	28	29	29	28.7
24	25	25	27	25.7	28	29	30	29.0
25	25	26	27	26.0	28	30	30	29.7
26	24	25	26	25.0	27	29	30	28.7
27	24	25	26	25.0	28	29	31	29.3
28	25	25	25	25.0	27	31	29	29.0
29	23	24	24	23.7	26	30	29	28.3
30	24	25	24	24.3	28	30	28	29.0
31	23	25	25	24.3	27	31	28	28.7

- 1 = Pengukuran pagi hari
 2 = Pengukuran siang hari
 3 = Pengukuran malam hari

Lampiran 4. Contoh perhitungan regresi linier menggunakan spread sheet quattro

FFA bekatul sebagai kontrol			
Hari	kadar FFA (%)		
	rata2	regresi	log rata
1	4.58	5.257384	0.660865
4	7.42	6.792239	0.870404
9	9.78	8.350333	0.890339
15	12.04	12.42004	1.080626
22	11.48		1.059942
31	12.98		1.113275

Regression Output:

Constant	4.745765
Std Err of Y Est	0.768759
R Squared	0.961492
No. of Observations	4
Degrees of Freedom	2

X Coefficient(s)	0.511619
Std Err of Coef.	0.072399

Lampiran 5. Contoh perhitungan koefisien korelasi

Bekatul dengan pemanasan 110°C dan pengemasan hampa

percobaan	pendugaan	$X - \bar{X}$	$Y - \bar{Y}$	$(X - \bar{X})^2$	$(Y - \bar{Y})^2$
4.58	4.58	-0.328	-0.055	0.108	0.003
4.75	4.60	-0.158	-0.025	0.025	0.001
4.86	4.65	-0.048	0.015	0.003	0.0002
5.44	4.70	0.532	0.065	0.263	0.004

$$R = \frac{[(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})]}{(X - \bar{X})^2 (Y - \bar{Y})^2}$$

$$R = \frac{0.05728}{0.05812} = 0.961$$

Lampiran 6 Contoh perhitungan uji Beda Nyata Terkecil

Bekatul dengan pemanasan 110°C dan pengemasan hampa

percobaan	pendugaan
4.58	4.58
4.75	4.60
4.86	4.65
5.44	4.70
4.9075	4.6325

$db_s = 6$ $FK = 182.0232$
 $JKT = 0.5778$
 $JKP = 0.15125$
 $JKS = JKT - JKP$
 $= 0.42655$
 $KTS = JKS/db_s$
 $= 0.07109$

$$BNT = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2S^2}{r}}$$

$$S^2 = KTS$$

$$t_{\alpha/2} = \text{tabel}$$

derajat bebas sisa (db_s) = $t(r-1)$ $t = \text{perlakuan}$
 $r = \text{pengamatan}$

$$\text{Faktor koreksi (FK)} = \frac{y_p^2}{r \cdot t}$$

$y_p = \text{jumlah total hasil pengamatan}$

$$\text{Jumlah kuadrat Perlakuan (JKP)} = \frac{y_i^2}{r} - FK$$

$y_i^2 = \text{kuadrat dari jumlah masing-masing perlakuan.}$

$$\text{Jumlah kuadrat total} = y_{it}^2 - FK$$

$y_{it} = \text{hasil masing-masing pengamatan.}$

$$BNT = 0.4613$$

selisih dari rata-rata data percobaan dan pendugaan = $0.275 < 0.4613$

Ini menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata.

Lampiran 7. Program komputer pendugaan kandungan FFA bekatul menggunakan model Fernando dan Hewavitharana

PROGRAM PENDUGAAN MASA SIMPAN BEKATUL

DALAM BERBAGAI PERLAKUAN
BERDASARKAN MODEL DARI FERNANDO DAN HEWAVITHARANA
OLEH : DANI HENDARISMAN
F2412.17

```
CLS
print "-----"
print "          PILIHAN PERLAKUAN BEKATUL YG DIINGINKAN          "
print "          1.BEKATUL PANAS 110C + KEMAS HAMPAS              "
print "          2.BEKATUL PANAS 110C + KEMASAN TERBUKA            "
print "          3.BEKATUL PANAS 120C + KEMAS HAMPAS              "
print "          4.BEKATUL PANAS 120C + KEMASAN TERBUKA            "
print "          5.BEKATUL KONTROL                                   "
print "-----"
print
print
INPUT "KONSTAN SESUAI PERLAKUAN (.653/.622/.700/.664/.698)";K
INPUT "KADAR ASAM LEMAK BEBAS (FFA) AWAL (4.58)=";Z0
INPUT "KADAR AIR SESUAI PERLAKUAN (.1345/.1155/.1215/.11175/.135)";X
DIM F(40)
print
print TAB (10);"          HASIL PENDUGAAN KADAR FFA          "
print TAB (10);"          SELAMA PENYIMPANAN          "
print
print TAB (10);"-----"
print TAB (10);"  WAKTU          KADAR FFA          "
print TAB (10);" (HARI)          (% OLEAT)          "
print TAB (10);"-----"
T=0
10  Z = K * X * T + Z0
    IF Z >= 5 THEN
PRINT TAB (10);"-----"
PRINT:PRINT
PRINT TAB (25)"MASA SIMPAN=";T-1;"HARI"
        END
        ELSE
            print TAB (13);T;
            print TAB (35);Z
        END IF
        T=T+1
        GOTO 10
print TAB (10);"-----"
END
```

Lampiran 8. Program komputer pendugaan kandungan FFA bekatul menggunakan model differensial.

```

=====
PROGRAM PENDUGAAN MASA SIMPAN BEKATAL
DALAM BERBAGAI PERLAKUAN
BERDASARKAN GRAD DARI PERLAKUAN
OLEH : DANI HENDARISMAN
F2412.17
=====
CLS
PRINT "-----"
PRINT "          PILIHAN PERLAKUAN BEKATUL YG DIINGINKAN          "
PRINT "          1. BEKATUL PANAS 110C + KEMAS HAMPA              "
PRINT "          2. BEKATUL PANAS 120C + KEMAS HAMPA              "
PRINT "          3. BEKATUL PANAS 120C + KEMASAN TERBUKA            "
PRINT "          4. BEKATUL PANAS 110C + KEMASAN TERBUKA            "
PRINT "          5. BEKATUL KONTROL                                    "
PRINT "-----"
PRINT
PRINT
INPUT "          PERLAKUAN BEKATUL YG DIINGINKAN (1/2/3/4/5)=";PB
INPUT "          KADAR ASAM LEMAK BEBAS (FFA) AWAL (4.58)      =";FO
          K=-0.0027072 + 0.00450 * PB
          PRINT
PRINT TAB (10);"          HASIL PENDUGAAN KADAR FFA
PRINT TAB (10);"          SELAMA PENYIMPANAN
PRINT
PRINT TAB (10);"-----"
PRINT TAB (10);"          WAKTU                      KADAR FFA
PRINT TAB (10);"          (HARI)                      (% OLEAT)
PRINT TAB (10);"-----"
          T=0
          IF PB = 1 THEN
200          F = FO * EXP (-KT)
          END IF
20          F = FO * EXP (K*T)
          IF F >= 5.0 THEN
PRINT TAB (10);"-----"
PRINT:PRINT
PRINT TAB (25)"MASA SIMPAN = ";T-1;"HARI"
          END
          ELSE
          PRINT TAB (13);T;
          PRINT TAB (35);F
          END IF
          T=T+1
          IF PB = 1 THEN
GOTO 200
          END IF
GOTO 20
PRINT TAB (10);"-----"
END

```

Lampiran 9. Contoh keluaran simulasi pendugaan kandungan FFA bekatul dengan model differensial

PILIHAN PERLAKUAN BEKATUL YG DIINGINKAN

1. BEKATUL PANAS 110C + KEMAS VAKUM
2. BEKATUL PANAS 110C + KEMASAN TERBUKA
3. BEKATUL PANAS 120C + KEMAS VAKUM
4. BEKATUL PANAS 120C + KEMASAN TERBUKA
5. BEKATUL KONTROL

HASIL PENDUGAAN KADAR FFA
SELAMA PENYIMPANAN

WAKTU (HARI)	KADAR FFA (% OLEAT)
0	4.579999923706055
1	4.624590396881104
2	4.669614791870117
3	4.71507740020752
4	4.760982990264893
5	4.807335376739502
6	4.85413932800293
7	4.901398658752441
8	4.949118137359619
9	4.997302055358887

MASA SIMPAN = 9 HARI