

Original Research

Pendugaan Umur Simpan Roti *Sourdough* Bekatul Menggunakan Metode ASLT dengan Pendekatan *Arrhenius*

Rachma Yayank Moeztamy¹, Ardhia Deasy Rosita Dewi^{1*}, Yayon Pamula Mukti¹

¹ Fakultas Teknobiologi, Universitas Surabaya, Surabaya-Indonesia

*corresponding author: deasyardhia@staff.ubaya.ac.id

Abstract—*Sourdough bread is a type of bread made with sourdough containing a consortium of Lactobacillus spp bacteria and yeast from the fermentation of flour and water for approximately 7 days. Rice bran sourdough bread was chosen because of its nutritional content, namely protein, fat, carbohydrates, crude fiber, calories and is rich in B vitamins, especially vitamin B1 (thiamin). Rice bran sourdough bread is a functional bakery product that is expected to have a longer shelf life than bread in general. The aim of this research is to determine the shelf life of bran sourdough bread with various types of packaging, namely vacuum and plastic packaging. The method used is the Accelerated Shelf-Life Test (ASLT) method with test parameters used including color test, water activity test, Total Plate Number (ALT) test. The test results showed that on the 8th day, 50% of panelists rejected the bran sourdough bread. The test parameter that has the lowest critical activity energy (EA) value for determining the shelf life of rice bran sourdough bread is the bacterial contaminant test. Based on these results, the EA parameter the bacterial contaminant determines the Arrhenius equation calculation formula for the shelf life of rice bran sourdough bread. The results of calculating the shelf life of rice bran sourdough bread in vacuum packaging at temperatures of 32°C, 42°C and 52°C are 10.2; 8.88; 7.79 days, while in plastic packaging at temperatures of 32°C, 42°C and 52°C it is 8.3; 7.64; 7.07 days. Unpackaged bran sourdough bread at temperatures of 32°C, 42°C, and 52°C, namely 1.57; 1.23; 0.98 days. Rice bran sourdough bread packaged in vacuum plastic has a longer shelf life compared to sourdough bread without the addition of rice bran.*

Keywords: *sourdough bread, rice bran flour, arrhenius, shelf life, vacuum*

Abstrak—Roti *sourdough* merupakan jenis roti yang dibuat dengan adonan asam yang berisi konsorsium bakteri *Lactobacillus spp.* dan ragi dari hasil fermentasi tepung terigu dan air selama kurang lebih 7 hari. Roti *sourdough* bekatul dipilih karena kandungan zat gizi yang dimiliki oleh bekatul yaitu protein, lemak, karbohidrat, serat kasar, kalori serta kaya akan vitamin B, terutama vitamin B1 (thiamin). Roti *sourdough* bekatul merupakan produk bakery fungsional yang diharapkan memiliki umur simpan lebih lama dari roti pada umumnya. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui umur simpan roti *sourdough* bekatul dengan variasi jenis kemasan yaitu dikemas vakum dan plastik. Metode yang digunakan adalah metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) dengan parameter uji yang digunakan meliputi uji warna, uji aktivitas air, uji jumlah kontaminan menggunakan Angka Lempeng Total (ALT). Hasil uji menunjukkan pada hari ke-8, roti *sourdough* bekatul mengalami penolakan panelis sebanyak 50%. Parameter uji yang memiliki nilai energi aktivasi terendah (EA) kritis mutu untuk penentuan umur simpan roti *sourdough* bekatul adalah uji kontaminan bakteri. Berdasarkan hasil tersebut, EA parameter kontaminan bakteri menjadi penentu rumus perhitungan persamaan Arrhenius untuk umur simpan roti *sourdough* bekatul. Hasil perhitungan umur simpan roti *sourdough* bekatul pada kemasan vakum pada suhu 32°C, 42°C, dan 52°C yaitu 10,2; 8,88; 7,79 hari, sedangkan pada kemasan plastik pada suhu 32°C, 42°C, dan 52°C yaitu 8,3; 7,64; 7,07 hari. Roti *sourdough* bekatul tanpa dikemas pada suhu 32°C, 42°C, dan 52°C yaitu 1,57; 1,23; 0,98 hari. Roti *sourdough* bekatul dengan dikemas plastic vakum memiliki umur simpan lebih lama dibandingkan dengan roti *sourdough* tanpa penambahan bekatul.

Kata Kunci: *roti sourdough, tepung bekatul, arrhenius, umur simpan, vakum*

PENDAHULUAN

Roti *sourdough* merupakan jenis roti yang dibuat dengan *wild yeast* dan Bakteri Asam Laktat (BAL). Roti *sourdough* memiliki rasa yang sedikit asam dan tekstur yang lebih lembut dari roti yang dibuat hanya dengan ragi. Metode pembuatan roti dengan memanfaatkan BAL pada *sourdough* banyak digunakan dalam teknologi pembuatan metode roti modern karena roti yang dihasilkan memiliki kualitas sensori yang sangat baik dan memiliki masa simpan yang lebih panjang dibanding roti pada umumnya (Vuyst & Neysen, 2005). Penelitian ini dilakukan karena produk pangan merupakan informasi yang sangat penting bagi konsumen, dan juga terkait dengan keamanan produk pangan sehingga memberikan jaminan mutu pada saat produk sampai ke konsumen. Peningkatan kualitas pada umur simpan ini terkait dengan keberadaan senyawa hasil metabolisme BAL seperti asam laktat, asam asetat, ekpolisakarida dan substansi antimikroba seperti bakteriosin (Saeed, 2014).

Pada penelitian ini, roti *sourdough* dibuat dari campuran tepung terigu dan tepung bekatul padi. Tepung bekatul padi digunakan karena bekatul padi memiliki kandungan gizi yang dapat menambah kandungan gizi pada roti *sourdough*, antara lain vitamin B kompleks, mineral, dan vitamin E yang tidak terdapat pada tepung terigu (Luh, 1991). Kandungan bekatul dan umur simpan roti *sourdough* yang relatif lebih lama dari roti pada umumnya menjadikan potensi untuk dilakukan penelitian ini dengan variasi suhu dan pengemas.

Pengemas yang digunakan adalah plastik berbahan dasar *Polyethylene* (PE) dan nylon, karena plastik tersebut dapat melindungi produk dari oksigen atau udara, cahaya, kontak dengan bahan kimia, kontaminasi mikrobiologi serta perpindahan panas. Selain itu juga digunakan teknik vakum untuk pengemasan. Teknik vakum memiliki prinsip yaitu mengganti udara di dalam kemasan dengan gas atau campuran gas yang tidak bereaksi dengan bahan pangan atau menghilangkan udara yang berada di dalam kemasan (Hendartini, 2006).

Ada dua macam metode yang dapat dilakukan untuk pendugaan umur simpan, yaitu metode konvensional dan akselerasi. Metode konvensional dapat dilakukan dengan menyimpan produk sampai mengalami kerusakan dan proses tersebut memerlukan waktu yang cukup lama, biasa diterapkan pada produk yang mempunyai masa simpan singkat. Sedangkan metode akselerasi atau biasa disebut metode *Accelerated Shelf-Life Test* (ASLT) merupakan metode dengan menggunakan beberapa perlakuan yang dapat membuat produk dapat mengalami kerusakan lebih cepat. Umur simpan dengan metode akselerasi ditentukan dengan dua pendekatan dengan bantuan persamaan Arrhenius yaitu teori kinetika yang umumnya menggunakan ordo nol atau satu untuk produk pangan (Syarief et al, 1989). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui umur simpan roti *sourdough* bekatul dengan variasi jenis kemasan yaitu dikemas vakum dan plastik.

METODE

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah roti *sourdough* bekatul yang dikemas dalam tiga jenis kemasan yaitu, roti *sourdough* bekatul vakum (SBV), roti *sourdough* bekatul plastik (SBP) dan roti *sourdough* bekatul tanpa pengemas (SBTP) dibandingkan dengan roti *sourdough* vakum (SKV), roti *sourdough* plastik (SKP), roti *sourdough* tanpa kemasan (SKTP). Penelitian ini dilakukan menggunakan dua tahap yaitu penentuan EA perlakuan, untuk memilih EA paling kecil, yang berarti parameter uji tersebut adalah parameter penyebab kerusakan roti *sourdough* bekatul. Tahap selanjutnya adalah penentuan umur simpan roti *sourdough* bekatul menggunakan metode *Accerelated Shelf Life Testing* (ASLT) dengan pendekatan metode *Arrhenius* pada tiga suhu yaitu 32°C, 42°C, dan 52°C.

Penentuan karakteristik mutu akhir (A_t) pada perhitungan umur simpan dilakukan dengan uji penolakan kesukaan panelis. Uji penolakan panelis menggunakan 7 orang panelis yang dilakukan setiap hari mulai dari hari ke-0 sampai roti *sourdough* bekatul dinyatakan ditolak oleh 50% panelis.

Analisa Data

Data yang didapat dari hasil pengamatan karakteristik mutu roti *sourdough* bekatul untuk penentuan umur simpan dianalisis menggunakan metode regresi linier pada program Microsoft Excel.

HASIL

Uji Parameter Mutu Kritis

Pengujian parameter mutu akhir (A_t) dan parameter mutu awal (A_0) roti *sourdough* bekatul dilakukan untuk mengetahui nilai A_t dan A_0 yang akan dimasukkan ke dalam formula penentuan umur simpan. A_t ditentukan setelah 50% panelis menolak. Penolakan terjadi akibat penurunan parameter uji. Waktu Ketika 50% panelis menolak, dilakukan pengujian semua parameter uji untuk menentukan nilai A_t di semua parameter uji.

Tabel 1

Karakteristik Mutu Awal (A₀) dan Karakteristik Mutu Akhir (A_t) Roti Sourdough Bekatul

Parameter	Sampel	A ₀	A _t
Water Activity	SKV	0,972	0,855
	SKP	0,972	0,861
	SKTP	0,972	0,432
	SBV	0,964	0,833
	SBP	0,964	0,872
	SBTP	0,964	0,41
	Uji Warna	SKV	56,2
SKP		56,2	51,9
SKTP		56,2	51
SBV		50,3	40
SBP		50,3	40,2
SBTP		50,3	39,4
Tingkat Kecerahan Warna (L*)		SKV	4,8
	SKP	4,8	5,3
	SKTP	4,8	4
	SBV	6,7	5,4
	SBP	6,7	5,5
	SBTP	6,7	5
	Intensitas Warna Merah (a*)	SKV	14,3
SKP		14,3	12,2
SKTP		14,3	11,9
SBV		12	7
SBP		12	8,3
SBTP		12	9,2
Intensitas Warna Kuning (b*)		SKV	9,57x10 ⁵ CFU/gr
	SKP	9,57x10 ⁵ CFU/gr	2,17x10 ⁶ CFU/gr
	SKTP	9,57x10 ⁵ CFU/gr	1,07x10 ⁶ CFU/gr
	SBV	1,41x10 ⁶ CFU/gr	2,92x10 ⁶ CFU/gr
	SBP	1,41x10 ⁶ CFU/gr	2,94x10 ⁶ CFU/gr
	SBTP	1,41x10 ⁶ CFU/gr	1,71x10 ⁵ CFU/gr
	Uji ALT (Media NA)	SKV	7,66x10 ⁵ CFU/gr
SKP		7,66x10 ⁵ CFU/gr	3,46x10 ⁶ CFU/gr
SKTP		7,66x10 ⁵ CFU/gr	9,84x10 ⁵ CFU/gr
SBV		1,75x10 ⁶ CFU/gr	2,57x10 ⁶ CFU/gr
SBP		1,75x10 ⁶ CFU/gr	3,42x10 ⁶ CFU/gr
SBTP		1,75x10 ⁶ CFU/gr	2,22x10 ⁶ CFU/gr
Uji ALT (Media PDA)		SKV	7,66x10 ⁵ CFU/gr
	SKP	7,66x10 ⁵ CFU/gr	3,46x10 ⁶ CFU/gr
	SKTP	7,66x10 ⁵ CFU/gr	9,84x10 ⁵ CFU/gr
	SBV	1,75x10 ⁶ CFU/gr	2,57x10 ⁶ CFU/gr
	SBP	1,75x10 ⁶ CFU/gr	3,42x10 ⁶ CFU/gr
	SBTP	1,75x10 ⁶ CFU/gr	2,22x10 ⁶ CFU/gr



Gambar 1. Sourdough bekatul (kiri) dan sourdough kontrol (kanan).

Penentuan Orde Reaksi

Penentuan orde reaksi semua perlakuan/sampel akan menentukan laju reaksi umur simpan mengikuti orde 0 atau orde 1. Tabel 2 menunjukkan semua sampel uji mengikuti orde 0 kecuali perlakuan SKP. Besarnya R^2 menandakan laju reaksi sampel mengikuti orde dengan R^2 yang paling tinggi.

Tabel 2

Persamaan Regresi Linier Parameter Uji kontaminan Bakteri

Sampel	Suhu (K)	Persamaan		R ²	
		Orde 0	Orde 1	Orde 0	Orde 1
SKV	305	$y = 222706x + 44794$	$y = 0,1151x + 13,477$	0,9633	0,8584
	315	$y = 294181x + 61240$	$y = 0,1222x + 13,669$	0,9066	0,7782
	325	$y = 254769x + 91851$	$y = 0,1147x + 13,746$	0,9181	0,7392
SKP	305	$y = 211247x + 595006$	$y = 0,1138x + 13,514$	0,9846	0,83
	315	$y = 109102x + 987315$	$y = 0,0747 + 13,691$	0,5988	0,5356
	325	$y = 223465x + 1E+06$	$y = 0,1047x + 13,811$	0,9535	0,7013
SKTP	305	$y = 144575x + 567327$	$y = 0,0964x + 13,682$	0,9815	0,7131
	315	$y = 160703x + 539206$	$y = 0,1012x + 13,432$	0,9747	0,8467
	325	$y = 168208x + 913127$	$y = 0,0954x + 13,441$	0,92	0,8381
SBV	305	$y = 149939x + 2E+06$	$y = 0,0773x + 14,077$	0,5992	0,4777
	315	$y = 165051x + 2E+06$	$y = 0,0737x + 14,168$	0,4056	0,3672
	325	$y = 196534x + 853200$	$y = 0,1327x + 13,179$	0,4139	0,5313
SBP	305	$y = 161573x + 1E+06$	$y = 0,0832x + 13,901$	0,7799	0,6052
	315	$y = 263083x + 1E+06$	$y = 0,1011x + 14,016$	0,9189	0,6625
	325	$y = 187963x + 2E+06$	$y = 0,0866x + 14,063$	0,7732	0,554
SBTP	305	$y = 192060x + 706964$	$y = 0,1026x + 13,62$	0,9595	0,8222
	315	$y = 231996x + 911570$	$y = 0,1032x + 13,817$	0,9555	0,7551
	325	$y = 309222x + 332333$	$y = 0,1277x + 13,568$	0,9917	0,8992

Pendugaan Umur Simpan dengan Pendekatan Arrhenius

Penentuan umur simpan dengan pendekatan Arrhenius dilakukan dengan memilih parameter yang memiliki nilai energi aktivasi (E_a) terendah. E_a menunjukkan energi yang dibutuhkan suatu sampel untuk mengalami kerusakan, sehingga parameter dengan E_a terkecil adalah parameter terpilih yang menjadi parameter kritis yang berpengaruh terhadap umur simpan roti *sourdough* bekatul. Tabel 3 menunjukkan nilai E_a sampel masing-masing, dan E_a terkecil dimiliki oleh parameter uji kontaminan bakteri.

Tabel 3
Nilai Energi Aktivasi

Sampel	Nilai Energi Aktivasi (E_a)			
	Uji Aw	Uji Kontaminan bakteri	Uji Kontaminan kapang dan khamir	Uji Warna
SKV	9577,902	1115,368	2903,799	1367,445
SKP	9563,045	409,768	2282,598	6466,216
SKTP	3297,944	1496,057	1497,318	2330,913
SBV	7592,081	2654,528	9971,973	7824,161
SBP	7508,576	1574,414	2071,224	5998,247
SBTP	3317,809	4676,003	13233,393	9030,671

Perhitungan Umur Simpan

Perhitungan umur simpan dilakukan menggunakan E_a dari parameter uji bakteri kontaminan dengan nilai K dan nilai A_t dan A_0 yang sebelumnya sudah dihitung pada tabel 2. Perhitungan umur simpan semua sampel roti *sourdough* disajikan pada Tabel 4. Hasil umur simpan disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 4
Hasil Umur Simpan

Jenis Kemasan	Suhu Pendugaan			K	Umur Simpan (Hari)
	(°C)	(K)	(1/T)		
SKV	32	305	0,003278689	238238,1266	8,63
	42	315	0,003174603	255938,6815	8,03
	52	325	0,003076923	273744,3899	7,51
SKP	32	305	0,003278689	169099,4655	7,22
	42	315	0,003174603	172770,2785	7,07
	52	325	0,003076923	176287,6445	6,93
SKTP	32	305	0,003278689	188573,6118	0,79
	42	315	0,003174603	240941,8551	0,73
	52	325	0,003076923	303245,2173	0,68
SBV	32	305	0,003278689	147845,9116	10,2
	42	315	0,003174603	169914,1275	8,88
	52	325	0,003076923	193611,6543	7,79
SBP	32	305	0,003278689	184392,6423	8,30
	42	315	0,003174603	200253,0357	7,64
	52	325	0,003076923	216376,1387	7,07
SBTP	32	305	0,003278689	188573,6118	1,57
	42	315	0,003174603	240941,8551	1,23
	52	325	0,003076923	303245,2173	0,98

BAHASAN

Pada penelitian ini digunakan beberapa parameter untuk menguji umur simpan roti *sourdough* bekatul, yaitu aktivitas air, warna dan angka lempeng total. Umur simpan adalah waktu hingga produk mengalami suatu tingkat degradasi mutu sehingga sudah tidak layak untuk dikonsumsi, akibat reaksi deteriorasi yang berlangsung. Reaksi deteriorasi menyebabkan penurunan mutu dan membawa produk ke suatu kondisi mutu yang rendah sehingga tidak layak untuk dikonsumsi. Penurunan mutu *sourdough* selama masa penyimpanan dapat dipercepat dengan suhu sebagai faktor akselerasinya. Dengan persamaan yang biasa digunakan untuk suhu sebagai faktor akselerasinya adalah persamaan Arrhenius (Lee & Krochta, 2002). Dari persamaan Arrhenius minimal menggunakan 3 suhu yang berbeda untuk mengakselerasi kerusakan mutu suatu produk.

Pemilihan orde reaksi dari berbagai parameter dilakukan dengan memplotkan data penurunan mutu mengikuti orde reaksi nol dan orde reaksi satu kemudian dibuat persamaan regresi linearnya. Ordo nol didapatkan dengan membuat plot antara nilai dari hasil uji (A_w , warna, dan kontaminan) sebagai sumbu Y dan lama penyimpanan sebagai sumbu X . Sedangkan ordo satu didapatkan dengan membuat plot antara nilai \ln dari hasil uji (A_w , warna, dan kontaminan) sebagai sumbu Y dan lama penyimpanan sebagai sumbu X . Orde reaksi dipilih dari nilai koefisien korelasi (R^2) yang lebih besar antara kurva linier dan eksponensial (Bind, 2010). Dengan dasar tersebut dapat ditemukan nilai k (konstanta laju penurunan roti *sourdough* bekatul). Nilai k yang diperoleh untuk masing-masing suhu dapat digunakan untuk menentukan nilai energi aktivasi (E_a) *sourdough* pada suhu T , dengan persamaan Arrhenius. Dengan menghubungkan antara $\ln k$ dan $1/T$ (T merupakan suhu yang digunakan untuk penyimpanan), maka diperoleh kemiringan yang merupakan E_a/R (E_a merupakan energi aktivasi dan R adalah konstanta gas ideal).

Nilai E_a sendiri dapat digunakan untuk melihat karakteristik dari laju penurunan penyimpanan roti *sourdough* bekatul dengan adanya pengaruh suhu. Semakin besar nilai E_a , maka laju penurunan umur simpan roti *sourdough* bekatul turun lebih lambat dengan adanya perubahan suhu. Sebaliknya, jika nilai E_a yang semakin kecil berarti laju penurunan umur simpan roti *sourdough* bekatul turun lebih cepat dengan adanya perubahan suhu. Persamaan tersebut menunjukkan akan dipilih salah satu parameter yang paling mempengaruhi penurunan mutu roti *sourdough* bekatul selama masa penyimpanan dalam berbagai suhu dan kemasan yaitu parameter yang mempunyai nilai energi aktivasi (E_a) terendah karena semakin rendah nilai energi aktivasi, maka suatu reaksi akan berjalan lebih cepat berarti semakin cepat pula memberikan pengaruh terhadap kerusakan roti *sourdough* bekatul. Dalam penelitian kali ini nilai angka lempeng total pada uji bakteri kontaminan memiliki nilai energi aktivasi (E_a) terendah, sehingga dapat diketahui umur simpan roti *sourdough* bekatul. Roti *Sourdough* dengan substitusi tepung bekatul lebih tahan lama dibandingkan dengan roti *sourdough* kontrol yaitu tanpa substitusi tepung bekatul.

Untuk *sourdough* dengan kemasan vakum lebih tahan lama dibandingkan dengan *sourdough* dengan kemasan plastik dan tanpa pengemas. Proses pengemasan vakum dilakukan dengan cara memasukkan *sourdough* ke dalam plastik yang kemudian diikuti pengontrolan udara menggunakan mesin pengemas vakum yaitu *vacuum sealer* kemudian ditutup dan di *sealer*. Sedangkan kemasan plastik hanya di-*sealer* saja tanpa proses vakum.

Plastik vakum sendiri berbahan dasar nylon yaitu gabungan dua material yaitu *nylon* dan PE. Kedua gabungan jenis plastik ini membuat plastik *nylon* atau yang biasa disebut plastik vakum menjadi lebih kuat untuk beberapa hal terkait pengemasan. Plastik vakum yang digunakan juga termasuk *bpa free* yang pasti aman untuk produk makanan. Dengan tidak adanya udara di dalam kemasan, maka kerusakan akibat oksidasi dapat dihilangkan sehingga produk dapat lebih lama dibanding dengan produk tanpa vakum (Jay, 1996). Produk yang hanya menggunakan plastik umur simpannya lebih singkat dibanding kemasan vakum, karena ada kemungkinan *sealing* yang kurang sempurna dan masih terdapat celah sehingga udara atau uap air dapat masuk.

Sedangkan untuk suhu yang bervariasi juga memengaruhi umur simpan dari *sourdough*, yaitu untuk suhu yang semakin tinggi maka umur simpan *sourdough* semakin singkat. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin cepat. Hal ini disebabkan oleh panas yang akan mempercepat proses oksidasi dan degradasi pada roti *sourdough*. Ketika terjadi pemanasan maka terjadi reaksi oksidasi yang akan memutuskan rantai molekul roti *sourdough*, suhu yang tinggi dan waktu penyimpanan yang lama akan memutuskan molekul pada roti *sourdough* dengan lebih cepat. Untuk umur simpan roti *sourdough* bekatul dengan kemasan vakum (suhu 32°C, 42°C, dan 52°C) yaitu 10,2, 8,88, 7,79 hari. Diikuti dengan kontrol yaitu 8,63, 8,03, 7,51 hari. Roti *sourdough* dengan kemasan plastik (32°C, 42°C, dan 52°C) yaitu 8,3, 7,64, 7,07 hari. Diikuti dengan kontrol yaitu 7,22, 7,07, dan 6,93 hari. Roti *sourdough* tanpa pengemas (32°C, 42°C, dan 52°C) yaitu 1,57, 1,23, 0,98 hari, diikuti dengan kontrol yaitu 0,79, 0,73, dan 0,68 hari.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa parameter yang terpilih dengan *Ea* terkecil adalah parameter uji bakteri kontaminan yang selanjutnya akan digunakan untuk menentukan umur simpan roti *sourdough* bekatul. Umur simpan roti *sourdough* bekatul dengan kemasan vakum (suhu 32°C, 42°C, dan 52°C) yaitu 10,2, 8,88, 7,79 hari, diikuti dengan kontrol yaitu 8,63, 8,03, 7,51 hari. Roti *sourdough* dengan kemasan plastik (32°C, 42°C, dan 52°C) yaitu 8,3, 7,64, 7,07 hari. Diikuti dengan kontrol yaitu 7,22, 7,07, dan 6,93 hari. Roti *sourdough* tanpa pengemas (32°C, 42°C, dan 52°C) yaitu 1,57, 1,23, 0,98 hari, diikuti dengan kontrol yaitu 0,79, 0,73, dan 0,68 hari. Roti *sourdough* bekatul dengan dikemas plastik vakum memiliki umur simpan lebih lama dibandingkan dengan roti *sourdough* tanpa penambahan bekatul.

PUSTAKA ACUAN

- Arpah M, Syarief R. (2000). Evaluasi Model-model Pendugaan Umur Simpan Pangan dari Difusi Hukum Fick Undireksional. Buletin Teknologi dan Industri Pangan.
- Brady, M.K. and Robertson, C.J. (1999) "An exploratory study of service value in the USA and Ecuador. International Journal of Service Industry Management. 10(5), 469-486.
- Corsetti, A. and L. Settani. (2007). Lactobacilli in Sourdough Fermentation. Journal of Food Research International Vol 40: 539 – 558.
- deMan, M John. 1997. Kimia Makanan. Bandung: ITB
- De Oliveira Leite A. M., Miguel M. A., Peixoto R. S., Rosado A. S., Silva J. T., Paschoalin V. M. (2013). "Microbiological, technological and therapeutic properties of kefir: a natural probiotic beverage". Braz J Microbiol.
- Desai, A. (2008). Strain Identification, Viability, and Probiotics Properties of Lactobacillus casei. School of Biomedical and Health Sciences. Victoria University, Werribee Campus. Victoria, Australia. [Tesis].
- De Vries, Vaughan M, Kleerebezem, M dan De Vos W. 2006. Lactobacillus plantarum: survival, functional and potential probiotic. International Dairy Journal 16: 1018-028.
- De Vuyst, L. and F. Leroy. (2007). Bacteriocins from Lactic Acid Bacteria: Production, Purification, and Food Applications. Journal of Molecular Microbiology and Biotechnology Vol 13:194-199.
- Haryono. 1992. Potensi dan Pemanfaatan Sagu. Kanisius. Yogyakarta
- Jay. 1996. Modren food microbiology 4 4th edition. New York: D nostrand Compani.
- Labuza, T.P., 1971, The Effect of Water Activity On Reaction Kinetis of Food Deteriration, Food Technol, New York.
- Lee, S.-Y dan Krochta, J.M. 2002. Accelerated shelf life testing of wheyprotein-coated peanuts analyzed by static headspace gas chromatography. J. Agric. Food Chem. 50:2022-2028.
- Luh, B.S. 1991. Rice Production, Volume I. Published by Van Nostrand Reinhold, New York.
- Martono, Y., Sari, Y.E.P. & Hidarto, J., 2014. Penggunaan model Arrhenius untuk pendugaan masa simpan produk minuman kemasan berdasarkan kandungan vit C. Rekeyasa bahan

- pangan, pp.50-62
- Permadi, M. R., Oktafa, H. dan Agustianto, K., 2018. Perancangan Sistem Uji Sensoris Makanan Dengan Pengujian Peference Test (Hedonik Dan Mutu Hedonik), Studi Kasus Roti Tawar, Menggunakan Algoritma Radial Basis Function Network. Jurnal Mikrotik [online] 8(1), 29-42.
- Purwa Nunik, Junianto, H. T. (2012). Karakteristik Bakteri Caviar Nilem Dalam Perendaman Campuran Larutan Asam Asetat Dengan Larutan Garam Pada Penyimpanan Suhu Rendah (5-10 C). Jurnal Perikanan Dan Kelautan, 3(4), 171–175.
- Rufina Mathew, Dorothy Jaganathan & S. Anandakumar. (2016). Effect of Vacuum Packaging Method on Shelf Life of Chicken. (10), 1859–1866. Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)
- Rusli Syarif, 1991. Produktivitas. Bandung: Angkasa
- See, E. F., Wan, N. W. A., dan Noor A. A. A., 2007. Physico-chemical and sensory evaluation of breads supplemented with pumpkin flour. ASEAN Food Journal, 14(2): 123-130.
- Scott, Alan; Daniel Wing (1999). *"The Bread Builders: Hearth Loaves and Masonry Ovens"*. White River Junction (VT): Chelsea Green Publishing Company.
- Sukmadinata, Nana Syaodih, 2006. Metode Penelitian Pendidikan. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya, cet kedua.
- Syarif, R. dan Halid, H. 1993. Teknologi Penyimpanan Pangan. Penerbit Arcan. Jakarta. Kerjasama dengan Pusat Antar Universitas Pangan Dan Gizi IPB.
- Tshinkantwa TS, Ullah MW, He F, Yang G. 2018. Current trends and potential applications of microbial interaction for human welfare. Frontiers in Microbiology. 9, 1156. doi:10.3389/fmicb.2018.01156.
- Waluyo, Lud (2009). Mikrobiologi Lingkungan. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.