PENENTUAN UMUR SIMPAN MINUMAN FUNGSIONAL SARI AKAR ALANG – ALANG DENGAN METODE ACCELERATED SHELF LIFE TESTING (ASLT) (STUDI KASUS DI UKM "R.ROVIT" BATU - MALANG)

Hesti Anagari [1)] ; Siti Asmaul Mustaniroh [2)] ; Wignyanto [3)]
[1)] Staf Pengajar Jurusan Teknologi Industri Pertanian FTP-Unibraw
[2)] Alumni Jurusan Teknologi Industri Pertanian FTP-Unibraw
Korespondensi : Jl. Veteran, Malang, email/No HP: asmaul_m@yahoo.com / 081555727988

ABSTRACT

This study aims to determine the shelf life of reed roots extracts beverages with Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) method based on Arrhenius model, the model equations to express the relationship of temperature on the level of product damage. Determining shelf life by using the Accelerated Shelf Life Testing (ASLT) is done by speeding up the process of degradation or reaction in the experiment, namely raising the storage temperature on some level temperature above room temperature, thus speeding up analysis time shelf life. ASLT method used in determining the shelf-life reed roots extracts beverage using the parameter values of acidity (pH) and color (brightness). reed roots extracts beverage stored for 35 days, at a temperature of 20^oC, 30^oC and 40^oC. From the Arrhenius model calculations with values obtained Ea (activation energy) for the parameters pH value of 9010.68 cal/mol, while the color parameters (brightness) of 4110.16 cal/mol, then the parameters used as the basis for determining the shelf life of reed roots extracts beverage is a parameter that has the smallest activation energy value, ie parameter color value (brightness). Shelf life of reed roots extracts beverage estimated for 44 days at 27^oC and 41 days at 30^oC.

Keywords: Reed root, Age Store, ASLT

PENDAHULUAN

Kemajuan IPTEK pangan dan farmasi telah memberikan bukti ilmiah bahwa sebagian jenis pangan memberikan manfaat bagi kesehatan dan pengobatan. Hal tersebut mendorong pola fikir masyarakat tentang bahan pangan yang mereka konsumsi. Masyarakat lebih memilih bahan pangan yang memberikan manfaat bagi kesehatan mereka diluar fungsi utama bahan pangan, yang disebut dengan pangan fungsional. Alang-alang *(Imperata cylindrical* L) adalah sejenis rumput berdaun tajam, yang sering menjadi gulma pada lahan pertanian. Sejak dahulu, rimpang dan akar alang–alang sering digunakan sebagai obat tradisional, antara lain meluruhkan kencing (diuretika), hepatitis, obat demam dan radang paru–paru. Untuk kemudahan dalam mengonsumsi akar alang-alang, saat ini mulai banyak orang mengolahnya menjadi berbagai bentuk produk seperti minuman dan alang–alang kering. UKM "R.ROVIT" adalah salah satu UKM yang berhasil mengolah akar alang–alang menjadi sebuah minuman fungsional. Minuman ini dibuat dari rebusan akar alang-alang kering dengan bahan tambahan seperti gula, kayu secang dan jeruk nipis. Selama ini penentuan umur simpan produk tidak melalui tes pada laboratorium, tetapi hanya melalui pengalaman produsen saja. Perkiraan umur simpan dari produsen adalah selama 1 tahun. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dalam laboratorium untuk mengkaji lama umur simpan produk sari akar alang–alang tersebut agar lebih aman dan nyaman dikonsumsi.

Menurut Floros dan Gnanasekharan (1993) dalam Herawati (2008), umur simpan adalah waktu yang diperlukan produk pangan dalam kondisi penyimpanan tertentu untuk dapat mencapai tingkatan degradasi mutu tertentu. Jika melewati waktu tersebut, produk bisa dikatakan tidak layak konsumsi. Hal ini dikarenakan produk mengalami perubahan–perubahan baik fisika, kimia maupun

mikrobiologis seperti kenampakan, cita rasa dan kandungan gizi, bahkan bisa membuat keracunan atau penyakit lainnya.

Metode-metode dalam penentuan umur simpan adalah *Literature Value, Distribution Turn Over, Distribution Abuse Test, Consumer complaints* dan *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT). Penelitian minuman fungsional sari akar alang–alang digunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT). Metode ASLT menggunakan kondisi suatu lingkungan yang dapat mempercepat (*accelerated*) terjadinya reaksi–reaksi penurunan mutu produk pangan (Labuza Riboh, 1982). Metode ASLT sangat baik dipakai karena waktu pengujiannya yang relatif singkat, namun ketepatan dan akurasinya tinggi. Selanjutnya, digunakan pendekatan Arrhenius sebagai persamaan untuk memperhitungkan perubahan energi aktivasi. Hasil akhir akan didapatkan umur simpan pada suhu ruang yang disini dipakai suhu 27^{o}C dan 30^{o}C.

Tujuan penelitian adalah menentukan umur simpan sari akar alang–alang pada suhu ruang (27^{o}C dan 30^{o}C) dengan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT). Penelitian diharapkan dapat bermanfaat untuk memberikan masukan kepada industri sari akar alang–alang dan minuman sejenis untuk menentukan umur simpan produknya sebelum dipasarkan.

METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah minuman sari alang-alang yang dibuat dari alang-alang kering, gula, air, asam benzoat, jeruk nipis, kayu secang dan bahan-bahan untuk pengujian seperti aquades, kertas saring, gelas plastik, dan NaOH, asam sulfat, pereaksi Anthrone, larutan glukosa standar dan $CaCO_3$. Alat–alat yang digunakan untuk pembuatan sari alang-alang adalah panci besar, pengaduk, saringan, ember, timbangan, *cup sealer* dan sendok. Alat-alat untuk pengujian yaitu pH meter, *colorreader*, *inkubator*, pipet tetes, tabung reaksi, gelas ukur, termometer, timbangan analitik, labu ukur, erlenmeyer dan buret. Serta alat untuk mengolah data hasil yaitu Microsoft Office Excel dan SPSS 15.0

Pada metode ASLT, suhu merupakan parameter kunci penentu kerusakan karena semakin meningkatnya suhu maka reaksi kerusakan akan semakin cepat (Robertson, 1993). Suhu yang digunakan pada penelitian ini adalah suhu 20^{o}C, 30^{o}C, dan 40^{o}C. Parameter utama yang digunakan adalah parameter yang dianggap paling mempengaruhi kemunduran mutu produk, yaitu nilai pH dan warna (kecerahan). Nilai ke-2 parameter ini kemudian diplotkan pada model Arrhenius sehingga diperoleh ln k = ln ko – (E/R) (1/T). Dari persamaan ini akan diperoleh nilai masing-masing energi aktivasinya (Ea) kemudian dipilih parameter dengan energi aktivasi terkecil, karena semakin kecil energi aktivasinya maka produk akan semakin cepat mengalami kerusakan, selanjutnya penentuan umur simpan dihitung dengan kinetika reaksi berdasarkan orde reaksi.

Selain pengujian kimiawi untuk menentukan umur simpan sari akar alang-alang, juga dilakukan uji organoleptik. Pengujian organoleptik dilakukan setiap 7 hari sekali, dari hari ke-0 hingga ke-35. Uji organoleptik ini dilakukan terhadap 15 panelis umum, karena belum ada panelis ahli untuk sari akar alang-alang.

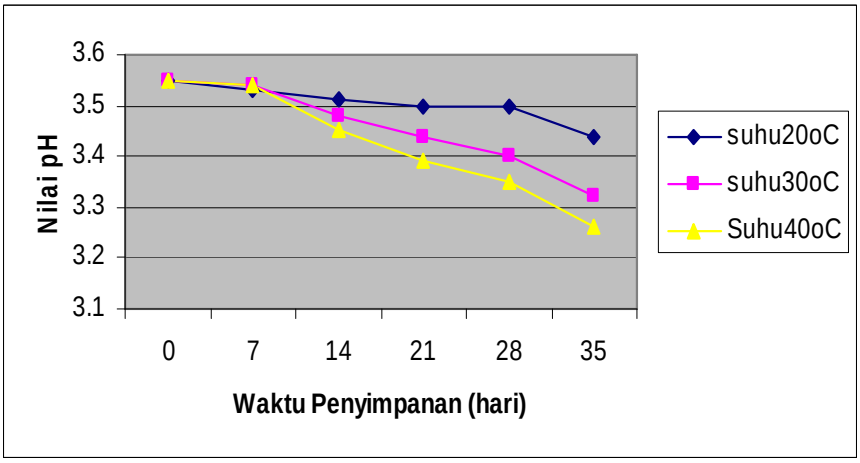
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Mutu Kimia Sari Akar Alang-Alang

Karakteristik kimia yang diamati dari sari alang-alang meliputi analisa pH, total gula, total asam, dan warna (kecerahan). Tetapi yang digunakan sebagai parameter pengujian hanya pH dan warna (kecerahan) karena hanya 2 parameter tersebut yang bisa berubah karena pengaruh suhu. Analisa tersebut dilakukan sebelum sari alang-alang disimpan (disebut hari ke-0). Tujuan dari analisa tersebut yaitu sebagai nilai karakteristik mutu awal sari alang–alang (A_o). Untuk mendapatkan nilai kharakteristik mutu akhir (A_t) dilakukan dengan analisa pH dan warna (kecerahan) sari alang–alang pada hari ke 35 untuk tiap level suhu. Hasil analisa untuk karakteristik mutu sari alang-alang pada awal dan akhir penyimpanan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Mutu Kimia Sari Alang–alang

Parameter	Karakteristik Awal	Karakteristik Akhir
pH	3,55	3,26
Total gula (%)	10,66	15,21
Warna	42,15	40,20
(kecerahan)	0,34	0,06
Total asam (%)		



Gambar 1. Grafik Penurunan Nilai pH

Nilai keasaman (pH) sari alang–alang yang disimpan selama 35 hari mengalami penurunan yang berbeda-beda baik pada penyimpanan suhu 20°C, 30°C, maupun suhu 40°C. Nilai penurunan nilai pH diplotkan terhadap waktu akan menghasilkan grafik seperti pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1, dapat dilihat bahwa penurunan nilai pH yang paling besar terjadi pada suhu 40°C. Pada suhu 30°C, penurunan grafik tidak sebesar suhu 40°C tetapi lebih besar dibandingkan suhu 20°C. Meskipun penurunan grafik 3 suhu tersebut berbeda, tetapi selisih penurunannya tidak terlalu besar. Hal tersebut bisa terjadi karena selisih suhu penyimpanan juga tidak begitu besar. Penurunan nilai pH yang terjadi pada sari alang–alang disebabkan oleh adanya lanjutan kerusakan fermentatif yang terjadi pada minuman sari alang–alang. Menurut Fardiaz (1997), dalam proses fermentasi selain menghasilkan alkohol (etanol), khamir juga akan menghasilkan CO_2 dan asam-asam organik sehingga rasa produk menjadi lebih masam yang ditunjukkan dengan adanya penurunan nilai pH. Semakin banyak asam organik yang dihasilkan maka akan semakin menurunkan pH sari alang-alang.

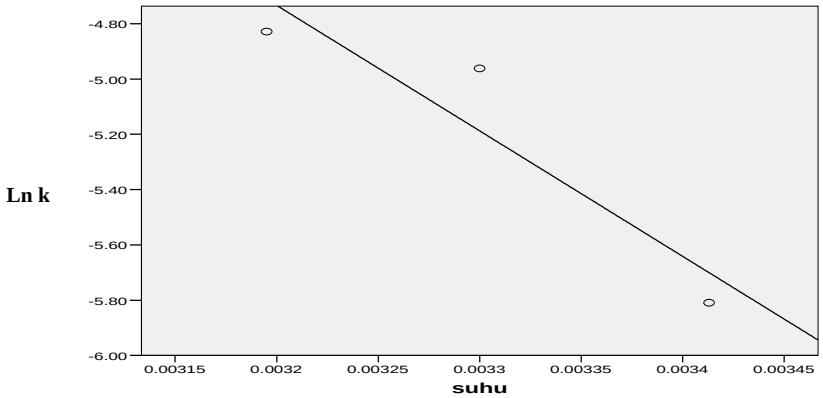
Persamaan regresi linier antara waktu penyimpanan dengan nilai pH untuk setiap suhu penyimpanan akan menghasilkan 3 persamaan, yaitu:

- Suhu 20°C (293 K) : Y=3,55 – 0,003x
- Suhu 30°C (303 K) : Y=3,57 – 0,007x
- Suhu 40°C (313 K) : Y=3,57 – 0,008x

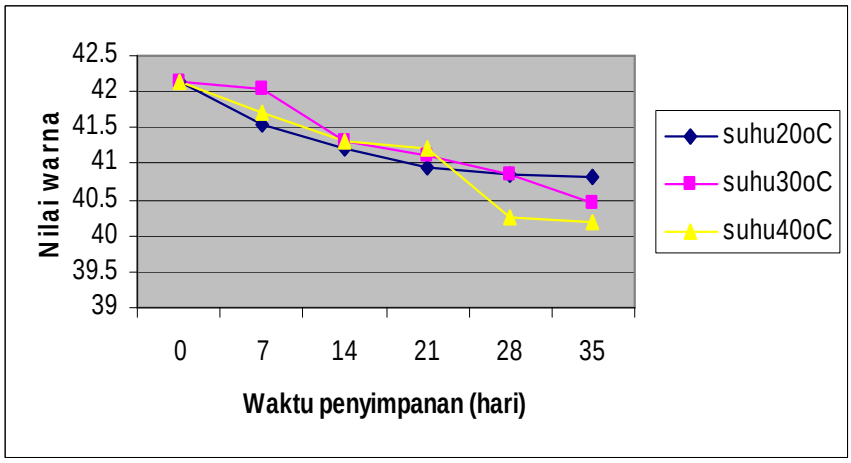
Persamaan tersebut akan menghasilkan nilai k=b. Nilai k menunjukkan laju reaksi penurunan nilai pH pada tiap suhu penyimpanan. Nilai k untuk penurunan nilai pH tertinggi terjadi pada suhu 40°C yaitu sebesar 0,008. Dan nilai k pada suhu penyimpanan 20°C sebesar 0,003 serta pada suhu 30°C nilai k sebesar 0,007. Nilai k semakin besar seiring meningkatnya suhu penyimpanan. Tanda negatif pada persamaan tersebut menunjukkan adanya penurunan grafik. Tiga nilai konstanta penurunan mutu tersebut kemudian diterapkan pada persamaan Arrhenius, yaitu : ln k = ln ko – (E/RT). Setiap nilai ln k dan 1/T (satuan suhu dalam Kelvin) pada masing-masing suhu penyimpanan diplotkan sebagai ordinat dan absis. Parameter Arrhenius perubahan nilai pH pada minuman sari alang-alang, yaitu 1/T dan ln k dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Parameter Arrhenius Perubahan Nilai pH Minuman Sari Alang–Alang

T(°C)	T (K)	1/T	K	ln k
20	293	0,003413	0,003	-5,8091
30	303	0,003300	0,007	-4,9618
40	313	0,003195	0,008	-4,8283



Gambar 2. Grafik Hubungan Penurunan Nilai pH (ln k) Terhadap Suhu Penyimpanan (1/T)



Gambar 3. Grafik Penurunan Nilai Warna

Nilai 1/T dan ln k selanjutnya diplotkan dan akan didapatkan grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan penurunan nilai pH yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa titik-titik berada di sekitar garis linier dengan r (koefisien korelasi) sebesar 0,930 yang artinya korelasi (hubungan) antara suhu dan pH (Ln k) sebesar 0,930 (sangat tinggi). Jika nilai r mendekati +1 atau r mendekati -1 maka X dan Y memiliki korelasi linier yang tinggi. Jika nilai r = +1 atau r = -1 maka X dan Y memiliki korelasi linier sempurna. Jika nilai r = 0 maka X dan Y tidak memiliki relasi (hubungan) linier (Gunarto, 2010). Hasil analisis regresi linier dari plot 1/T dan ln k pada penurunan nilai pH akan didapatkan persamaan :

Y = 9,785 - 4537,099x; E/R = 4537,099 dan ln ko = 9,785. Dari persamaan diatas akan diperoleh nilai Ea (energi aktivasi) sebesar 9010,68 kal/mol. Energi aktivasi tersebut mempunyai arti bahwa besarnya energi minimal yang dibutuhkan molekul dalam minuman sari alang-alang untuk menurunkan nilai pH adalah sebesar 9010,68 kal/mol.

Selama 35 hari disimpan, warna sari alang–alang mengalami perubahan yang berbeda–beda pada setiap level suhunya. Nilai penurunan warna (kecerahan) selanjutnya

diplotkan terhadap waktu dan menghasilkan grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

Penurunan tingkat kecerahan warna yang ditunjukkan oleh Gambar 3 dapat terlihat jelas bahwa pada suhu 40^{o}C didapat penurunan kecerahan paling besar. Menurut Ketaren (1986), penurunan mutu warna terjadi karena adanya reaksi oksidasi yang dapat menyebaban perubahan flavor, warna, dan kadang-kadang tekstur produk, selain oksidasi juga karena adanya pertumbuhan mikroba dalam jumlah yang besar yang dapat merusak warna atau rupa bahan pangan.

Persamaan regresi linear yang didapatkan yaitu :

1. Suhu 20^{o}C (293K): Y =41,9 – 0,037x
2. Suhu30^{o}C (303K): Y =42,195 – 0,05x
3. Suhu40^{o}C (313K):Y=42,148 – 0,058x

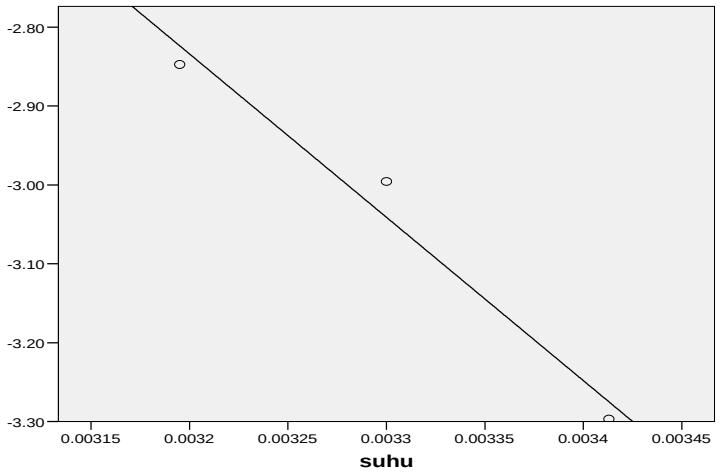
Tiga persamaan yang diperoleh diatas didapat slope (b=k) pada suhu 20^{o}C, 30^{o}C dan 40^{o}C. Parameter Arrhenius perubahan nilai warna pada minuman sari alang-alang, yaitu 1/T dan ln k dapat dilihat pada Tabel 3.

Nilai 1/T dan ln k dari perhitungan tabel diatas selanjutnya akan diplotkan dan didapatkan grafik hubungan antara lama penyimpanan dengan penurunan nilai pH yang dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 didapatkan grafik penurunan nilai kecerahan warna sari akar alang-alang dengan r grafik (koefisien korelasi) sebesar 0,985 yang artinya hubungan (korelasi) antara suhu dan warna (Ln k) sebesar 0,985 atau sangat tinggi terhadap perubahan mutu sari alang-alang. Plot data antara suhu penyimpanan 1/T dan ln k akan mendapatkan persamaan regresi linear perubahan nilai warna sari alang-alang. Persamaan yang didapatkan adalah : Y = 3,788 - 2069,566x

Persamaan tersebut akan menghasilkan energi aktivasi yang menyebabkan penurunan nilai kecerahan (warna) sari alang–alang. Nilai energi aktivasi yang didapatkan adalah sebesar 4110,16 kal /mol K.

Tabel 3. Parameter Arrhenius Perubahan Nilai Warna Minuman Sari Alang–alang

T(^{o}C)	T (K)	1/T	K	ln k
20	293	0,003413	0,037	-3,2968
30	303	0,003300	0,050	-2,9957
40	313	0,003195	0,058	-2,8473



Gambar 4. Grafik Hubungan Penurunan Nilai Warna (ln k) Terhadap Suhu Penyimpanan

Penentuan umur simpan sari alang-alang dilakukan dengan menentukan nilai Ea (energi aktivasi) yang diperoleh dari slope persamaan regresi linier. (Slope = b = Ea/R). Energi aktivasi adalah energi yang diperlukan untuk mengaktivasi proses kerusakan (Labuza & Riboh, 1982). Hasil perhitungan Ea dari parameter nilai pH adalah sebesar 9010,69 kal/mol K. Sedangkan hasil perhitungan Ea dari parameter nilai warna adalah sebesar 4110,16 kal/mol. Untuk menentukan umur simpan produk sari alang-alang dengan metode ASLT maka dipilih parameter yang memiliki energi aktivasi yang paling kecil, yaitu pada parameter warna (kecerahan).

Pada penelitian ini digunakan kinetika reaksi orde nol. Dasar digunakannya kinetika reaksi orde nol adalah hasil penelitian diketahui bahwa laju penurunan mutu minuman sari alang-alang berdasarkan parameter warna adalah relatif konstan dan bila diplotkan akan berbentuk garis linier, hal ini sesuai dengan pernyataan Man and Jones (2000), yang menyatakan bahwa pada reaksi orde nol laju penurunan mutu produk konstan dan bila diplotkan akan berbentuk garis linier, yang artinya penurunan mutu konstan selama periode penyimpanan.

Selain dasar di atas pemilihan orde nol juga disebabkan oleh adanya pencoklatan non enzimatis (Labuza & Riboh, 1982), yang menyebutkan bahwa tipe–tipe kerusakan yang mengikuti kinetika reaksi ordo nol meliputi reaksi kerusakan enzimatis, pencoklatan non enzimatis dan oksidasi lipid. Pencoklatan non enzimatis bisa disebabkan oleh adanya reaksi Maillard dan karamelisasi pada sari akar alang-alang. Reaksi Maillard adalah reaksi pencoklatan yang terjadi karena reaksi gula-gula reduksi dengan asam amino. Reaksi ini terjadi bila bahan pangan dipanaskan (Winarno, 2004).

Setelah nilai Ea diketahui, kemudian umur simpan (t_s) dihitung dengan persamaan kinetika reaksi orde nol ; At = Ao – k.t. Nilai At yang digunakan adalah nilai At pada parameter yang memiliki nilai Ea yang terkecil. Parameter penurunan mutu yang dipilih adalah parameter yang terkecil nilai energi aktivasinya yaitu parameter penurunan nilai warna.

Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap umur simpan minuman sari alang–alang berdasarkan parameter penurunan nilai warna. Perhitungan umur simpan ini dilakukan pada setiap masing–masing suhu penyimpanan (20^{o}C, 30^{o}C, dan 40^{o}C) dan konversi terhadap suhu ruang (27^{o}C). Hasil Perkiraan umur simpan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perkiraan Umur Simpan Sari Alang – Alang

Suhu (^{o}C)	Umur Simpan (hari)
20	52 Hari
27	44 hari
30	41 hari
40	33 hari

Menurut Robertson (1993), dalam metode ASLT, suhu merupakan parameter kunci penentu kerusakan makanan karena semakin meningkatnya suhu maka reaksi kerusakan semakin cepat dan sebaliknya sehingga umur simpan yang diperoleh juga akan semakin kecil dan sebaliknya. Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa umur simpan pada tiap–tiap suhu penyimpanan adalah beda. Pada suhu 20^{o}C didapat umur simpan sebesar 52 hari, suhu 27^{o}C didapat umur simpan 44 hari, suhu 30^{o}C didapat umur simpan 41 hari dan pada suhu 40^{o}C didapat umur simpan 33 hari.

Perbedaan hasil umur simpan yang sangat jauh berbeda dengan umur simpan dari UKM ini bisa terjadi karena perbedaan cara pengujian. Penentuan umur simpan pada penelitian ini menggunakan metode ASLT, yaitu memakai parameter-parameter kimia untuk mempercepat kerusakan dan dilanjutkan dengan uji organoleptik dengan metode *Line Scale*. Artinya, penelitian ini menguji segi kerusakan sari akar alang-alang dari dalam (kerusakan mutu minuman secara kimiawi) dan uji penerimaan panelis (organoleptik). Sedangkan pada UKM, penentuan umur simpan dilakukan hanya secara organoleptik, yaitu diminum dan dianalisis rasa, aroma dan kenampakannya saja. Kelemahan cara ini bisa terjadi karena belum adanya panelis ahli dari minuman sari akar alang-alang, sehingga bisa saja setiap orang menilai rasa, aroma dan kenampakannya berbeda sehingga hasil yang didapatkan juga kurang akurat. Penentuan umur simpan tidak bisa hanya dilakukan dengan satu cara, secara organoleptik

(sensorik), fisik atau kimiawi saja, tetapi harus semuanya.

Kriteria untuk menentukan suatu makanan atau minuman kemasan masih pantas dikonsumsi akan sulit ditentukan secara kuantitatif. Berbagai analisis laboratorium baik secara kimia, fisik maupun mikrobiologi dapat digunakan untuk menilai mutu suatu produk dengan melibatkan uji organoleptik (Khomsan, 2003). Labuza dan Schmild, (1985) menyatakan bahwa umur simpan produk pangan merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu produk pangan menjadi tidak layak dikonsumsi jika ditinjau dari segi keamanan, nutrisi, sifat fisik, dan organoleptik, setelah disimpan dalam kondisi yang direkomendasikan.

Perbedaan hasil umur simpan juga dapat disebabkan karena proses produksi, salah satunya suhu pada proses perebusan. Perebusan atau pemanasan adalah salah satu bagian proses pembuatan sari akar alang-alang yang harus dikontrol meskipun tidak secara langsung berbahaya. Tetapi, pada proses ini berpengaruh terhadap kualitas produk dan umur simpannya. Pasteurisasi merupakan suatu proses pemanasan yang dapat membunuh atau memusnahkan sebagian mikroba yang ada dalam bahan dan menggunakan suhu dibawah 100^{o}C. Pasteurisasi dilakukan karena sifat produk yang relatif asam (pH<4.5), karena mikroba-mikroba yang mungkin tumbuh lebih mudah dibunuh. Pemanasan dapat meningkatkan keawetan, karena panas dapat membunuh atau memusnahkan mikroba pembusuk dan inaktivasi enzim perusak, sehingga mutu produk lebih stabil selama penyimpanan (Winarno, 2004).

Proses perebusan pada pembuatan sari akar alang-alang ini menggunakan suhu 80^{o}C dikarenakan sari akar alang-alang tidak seperti air biasa, tetapi seperti sari buah yang mengandung padatan sehingga suhu mendidihnya tidak mencapai 100^{o}C. Perebusan ini harus dikontrol suhunya agar tetap stabil dan air yang direbus harus benar-benar mendidih. Jika tidak, mikroba masih akan tetap hidup dan produk akan cepat rusak karena adanya aktivitas mikroba di dalamnya. Karena proses perebusan yang kurang tepat, produk cepat rusak sehingga umur simpan pada produk sari akar alang-alang bisa sangat pendek atau kurang sesuai dengan umur simpan sari akar alang-alang yang sesungguhnya

Berdasarkan hasil perhitungan umur simpan yang didapat digunakan untuk menetapkan umur simpan minuman sari alang–alang. Umur simpan yang akan dipakai disesuaikan dengan suhu ruang di Indonesia, yaitu antara 27^{o}C dan 30^{o}C. Maka umur simpan yang didapat untuk minuman fungsional sari akar alang-alang ini adalah 44 hari jika disimpan pada suhu 27^{o}C dan 41 hari jika disimpan pada suhu 30^{o}C.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Minuman fungsional sari akar alang–alang yang diproduksi oleh UKM R.ROVIT telah dihitung dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) didapatkan umur simpan sesuai suhu ruang di Indonesia, yaitu 44 hari jika disimpan pada suhu 27^{o}C dan 41 hari jika disimpan pada suhu 30^{o}C.

Saran

Saran dari penelitian adalah pemilihan parameter yang tepat yang akan digunakan untuk pengujian serta perlu dilakukan pengecekan kemungkinan perubahan suhu pada inkubator (kotak penyimpanan), karena perubahan suhu bisa berpengaruh terhadap perubahan nilai parameter yang didapat.

DAFTAR PUSTAKA

Fardiaz S. 1997. *Analisis Mikrobiologi Pangan*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

Floros JD. and V Gnanasekharan. 1993. *Shelf life prediction of packaged foods: chemichal, biological, physical, and nutritional aspects***.** London : Elsevier Publ.

Gunarto TY. 2010. *Regresi Dan Korelasi Linier Sederhana***.** *www. thomasyg.staff.gunadarma.ac.id/downloads./files/8195/Regresi+dan+Korelasi.pdf*

Herawati H. 2008. *Penentuan Umur Simpan Produk Pangan*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian JawaTengah

Ketaren S. 1986. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: UI Press.

Khomsan A. 2003. *Pangan dan Gizi untuk Kesehatan***.** Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.

Labuza TP and D Riboh. 1982. Theory and Aplication Of Arrhenius Kinetics to The Prediction of Nutrien Losses in Food**.** *Food Technology* **36**:66-74

Labuza TP and MK Schmidl. 1985. Accelerated shelf life testing of foods**.** *Food Technol*. **39(9)**: 57□62, 64, 134

Man D and A Jones. 2000. *Shelf-Life Evaluation of Foods*. Second edition. Maryland: An Aspen Publication, Inc.Gaithersburg.

Meilgaard M, G Civille, dan BT Carr.1999. *Sensori Evaluation Techniques*. Boca Raton.Florida: CRC Press LLC.

Robertson L. 1993. *Food Packaging Principles and Practice***.** New York: Marcell Dekker,Inc.

Winarno FG dan BSL Jenie. 2004. *Kerusakan Bahan Pangan dan Cara Pencegahannya***.** Jakarta: Ghalia Indonesia.