

**PENENTUAN UMUR SIMPAN *SMOOTHIES BLACK MULBERRY* (*Morus Nigra L.*) DALAM KEMASAN BOTOL KACA DENGAN METODE ASLT
PENDEKATAN *ARRHENIUS***

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Gelar Sarjana Strata I
di Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh:

Citra Sukma Widowati
12.302.0293



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2016**

PENENTUAN UMUR SIMPAN *SMOOTHIES BLACK MULBERRY* (*Morus Nigra L.*) DALAM KEMASAN BOTOL KACA DENGAN METODE *ARRHENIUS*

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Gelar Sarjana Strata I
di Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh:

Citra Sukma Widowati
12.302.0293

Menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

(Ir. H. Thomas Gozali MP.,)

(Dr. Ir. Yusep Ikrawan M. Eng.,)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahiim

Assalamua'alaikum Wr. Wb.

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang telah memberikan kekuatan, kesehatan dan kenikmatan yang tidak terhingga, serta karena rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam selalu tercurah limpah kepada junjungan kita Nabi besar Muhammad SAW.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak baik moril maupun materil, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Ir. H. Thomas Gozali, MP., selaku Pembimbing I yang telah banyak memberikan pengarahan, petunjuk, bimbingan dan dorongan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Dr. Ir. Yusep Ikrawan, M.Eng., selaku Pembimbing II yang telah banyak memberikan pengarahan, petunjuk, bimbingan dan dorongan kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Jaka Rukmana ST. MT., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktunya untuk menguji dan memberikan saran untuk penulis.
4. Dr. Hj. Ela Turmala Sutrisno, M.Sc., selaku Koordinator Tugas Akhir Tekonologi Pangan Universitas Pasundan.

5. Elli Sugiharti selaku Ibunda, Widodo AM selaku Ayahanda, Almarhum Bayu Willi selaku Kaka, dan Wisnu Bayu selaku Adik, yang tidak ada henti-hentinya memberikan doa, biaya dan semangat pada penulis.
6. Teman-teman seperjuangan FoodTechforF dan Banana Bee 2012 yang selalu memberi motivasi dan dukungan.
7. Seluruh staf dan karyawan di Fakultas Teknik Universitas Pasundan, Bandung.
8. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, hal ini tidak terlepas dari diri penulis sebagai manusia yang tidak pernah luput dari kesalahan dengan keterbatasan pengetahuan serta jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik, saran dan masukan sangat penulis harapkan.

Akhir kata dan tidak lupa penulis mengucapkan *Alhamdulillah*, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan umumnya bagi semua pihak yang membaca. Terima kasih.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
INTISARI	viii
ABSTRACT	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Penelitian	1
1.2. Identifikasi Masalah	6
1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian	6
1.4. Manfaat Penelitian.....	6
1.5. Kerangka Penelitian	7
1.6. Hipotesa Penelitian.....	12
1.7. Tempat dan Waktu Penelitian	12
II. TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1. <i>Smoothies</i>	13
2.2. Bahan Untuk Membuat <i>Smoothies Black Mulberry</i>	15
2.2.1. <i>Black Mulberry</i>	15
2.2.2. Gula Pasir.....	16
2.2.3. Gum Arab	16
2.2.4. Gum Xanthan.....	17
2.2.5. Dekstrin.....	18
2.2.6. Asam Sitrat	18

2.3. Kemasan Botol Kaca	19
2.4. Kerusakan pada Bahan Makanan	20
2.5. Pendugaan Umur Simpan	22
2. Metode Akselerasi	23
2.5.1. Metode Arrhenius	24
2.5.2. Model Q_{10}	26
III. METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1. Bahan dan Alat Penelitian	27
3.1.1. Bahan	27
3.1.2. Alat	27
3.2. Metode Penelitian	27
3.2.1. Rancangan Perlakuan	28
3.2.2. Rancangan Percobaan	28
3.2.3. Rancangan Analisis	32
3.2.4. Rancangan Respon	32
3.3. Prosedur Penelitian	33
3.3.1. Proses Pembuatan <i>smoothies black mulberry</i>	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1. Analisis Viskositas	38
4.2. Pendugaan Umur Simpan	40
4.2.1. Kadar Air	40
4.2.2. Angka Lempeng Total	47
V. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1. Kesimpulan	53
5.2. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Denah (Layout) Penyimpanan Smoothies Black Mulberry	28
2. Hasil Analisis Kimia dan Analisis Mikrobiologis	29
3. Hasil Analisis Kadar Air Produk Selama Penyimpanan	40
4. Umur Simpan Smoothies Black Mulberry berdasarkan Kadar Air	41
5. Hasil Analisis Total Mikroba Produk Selama Penyimpanan	47
6. Umur Simpan Smoothies Black Mulberry berdasarkan Total Mikroba	48
7. Syarat Mutu Minuman Sari Buah	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Grafik Hubungan antara $\ln k$ dengan $1/T$	30
2. Diagram Alir Pembuatan Smoothies Black Mulberry	36
3. Diagram Alir Penelitian Utama	37
4. Grafik Kadar Air Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda	41
5. Grafik Total Mikroba Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda	48

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Bahan Baku dan Penunjang Penelitian Pendahuluan	58
2. Perhitungan untuk Botol yang Digunakan	59
3. Pengujian Kadar Air Metode Gravimetri (Sudarmadji, 2010).....	60
4. Penetapan viskositas dengan alat Viskometer (Baedhowie, 1983).....	61
5. Pengujian Total Mikroba Metode Total Plate Count (TPC) (Fardiaz,1992)	62
6. Data hasil analisis kadar air metode gravimetri terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.....	63
7. Data hasil analisis kadar air metode gravimetri terhadap smoothies blackmulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.	70
8. Data hasil analisis kadar air metode gravimetri terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.	77
9. Data hasil analisis angka lempeng total metode TPC terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.	84
10. Data hasil analisis angka lempeng total metode TPC terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.....	90
11. Data hasil analisis angka lempeng total metode TPC terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.....	96

INTISARI

Maksud dari penelitian ini adalah menduga umur simpan *smoothies* black mulberry berdasarkan pendekatan *Arrhenius* dengan tujuan mengetahui berapa lama umur simpan *smoothies* mulberry pada suhu penyimpanan yang berbeda berdasarkan pendekatan *Arrhenius*.

Pada pendugaan umur simpan suatu produk perlu dilakukan pengujian parameter yang mempengaruhi mutu produk sebelum disimpan untuk periode tertentu. Parameter yang diamati pada *smoothies* black mulberry sebelum dilakukan penyimpanan meliputi kadar air metode gravimetri dan angka lempeng total metode total plate count. Parameter-parameter tersebut dianalisis mulai awal penyimpanan pada hari ke-0.

Berdasarkan data hasil perhitungan kadar air pada sampel *smoothies* black mulberry yang disimpan pada suhu yang berbeda, didapat hasil dimana kadar air menurut jurnal penelitian adalah sebesar 83,31-84% sehingga umur simpan produk *smoothies* mulberry yang dikemas menggunakan botol pada masing – masing suhu adalah 21 hari pada suhu 5°C, 8 hari pada suhu 15°C, dan 3 hari pada suhu 25°C. Sedangkan, berdasarkan data hasil perhitungan total mikroba pada sampel *smoothies* black mulberry yang disimpan pada suhu yang berbeda, didapat hasil dimana total mikroba menurut SNI adalah sebesar $5,0 \times 10^2$ cfu/ml sehingga umur simpan produk *smoothies* mulberry yang dikemas menggunakan botol pada masing – masing suhu adalah 13 hari pada suhu 5°C, 2 hari pada suhu 15°C, dan 0,34 hari pada suhu 25°C. Hasil analisis viskositas pada *smoothies* black mulberry yang dianalisis menggunakan viskometer, diperoleh viskositas *smoothies* black mulberry yaitu sebesar 28 d.Pas.

Kata kunci : *smoothies*, black mulberry, umur simpan, kadar air, total mikroba, viskositas.

ABSTRACT

The purpose of this research is to suspect age save black mulberry smoothies based on thw Arrhenius approach with the purpose of knowing how long a shelf life of black mulebrry smoothies at different storage temperature based on the Arrhenius approach.

On a shelf life prediction of a product need to be done the testing parameters that affect the quality of the product before it is stored for a certain period. The parameters observed in the black mulberry smoothies prior storage include gravimetric method of moisture content and amount of microorganisms method total plate count. The parameters analyzed starting early storage on day 0.

Based on the results of the calculation of the water content in the sample of black mulberry smoothies is stored on a different temperature, the obtained result where water content according to journal is 83,31-84% so that the shelf life of products black mulberry smoothies are packed using bottle at each temperature was 21 days at a temperature of 5°C , 8 days at a temperature of 15°C, and 3 days at a temperature of 25°C. While based on the results amount of microorganisms in the sample of black mulberry smoothies is stored on a different temperature, the obtained result where amount of microorganisms according to SNI is $5,0 \times 10^2$ cfu/ml so that the shelf life of products black mulberry smoothies are packed using bottle at each temperature was 13 days at a temperature of 5°C , 2 days at a temperature of 15°C, and 0,34 days at a temperature of 25°C. The results of the analysis of the viscosity on the black mulberry smoothies were analyzed using viscometer, acquired the black mulberry smoothies is equal amounting 28 d.Pas.

Keywords : smoothies, black mulberry, shelf life, moisture content, amount of microorganisms, viscosity

I. PENDAHULUAN

Bab ini akan menguraikan mengenai: (1) Latar Belakang Penelitian, (2) Identifikasi Masalah, (3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (4) Manfaat Penelitian, (5) Kerangka Pemikiran, (6) Hipotesa Penelitian, dan (7) Waktu dan Tempat Penelitian.

1.1. Latar Belakang Penelitian

Black mulberry (Morus nigra L.) merupakan buah yang dapat dimakan, diproduksi oleh beberapa spesies dalam genus *Rubus* dari suku *Rosaceae*. Buah ini sebenarnya bukanlah merupakan berry, secara botani itu disebut buah agregat, terdiri dari *drupelet* kecil. Tanaman biasanya berumur dwitahunan dan akar tongkat abadi. *Black mulberry* dan *raspberry* juga disebut *caneberries* atau semak berduri. Ini adalah kelompok besar, dan dikenal lebih dari 375 spesies (Dalimartha, 2002).

Buah berwarna merah kehitaman ini kaya akan zat besi, yang penting bagi pertumbuhan sel darah merah dan mencegah penyakit anemia. Pada setiap 100 gram mulberry terkandung 1,85 mg, 23% dari asupan harian yang direkomendasikan atau setara dengan sepotong daging sirlion. Buah ini juga merupakan buah yang kaya vitamin C dan memiliki resveratrol yang tinggi, sebuah antioksidan yang juga ditemukan pada anggur merah yang dapat membersihkan polutan dalam tubuh.

Murbei termasuk dalam famili *Moraceae*. Murbei merupakan tumbuhan semak yang dapat menjadi pohon dengan tinggi mencapai 10m. Letak daun murbei berselang-seling, bentuknya bundar telur atau sampai lonjong, pangkalan

berbentuk jantung, tetapi ada juga yang tidak berbentuk jantung. Permukaan daun murbei tidak berbulu. Bulu terdapat pada tulang daun. Tepi daun bergigi, tangkai daun 1-4 cm.

Murbei/Mulberry merupakan tanaman dengan daun penghasil klorofil yang awalnya dikenal sebagai makanan istimewa ulat sutra. Jika tidak makan daun ini, ulat sutra tidak menghasilkan sutra yang baik. Oleh karena itu, banyak petani yang membudidayakan tanaman ini untuk membudidayakan ulat sutra. Mulberry adalah jenis tanaman yang tumbuh dengan sinar matahari sehingga tanaman ini dapat tumbuh pada ketinggian lebih dari 100m dari permukaan laut (Imam, 2014).

Buah murbei hitam (*Morus nigra L.*) kaya akan vitamin, seperti vitamin B1, B2, vitamin C dan juga mengandung antosianin yang dapat berperan sebagai antioksidan bagi tubuh manusia. Antosianin adalah pewarna alami yang berasal dari familia flavonoid yang larut dalam air yang menimbulkan warna merah, biru, violet.

Mengonsumsi makanan berwarna ungu bukan saja mendapatkan manfaat pigmen antosianin, tapi juga komponen lainnya. Buah berwarna ungu seperti anggur, duwet, dan *black mulberry* mengandung komponen fenolik *ellagic acid* atau asam elagik. Asam elagik adalah komponen fenolik yang merupakan ciri khas buah berwarna ungu. Asam elagik yang terdapat pada buah *black mulberry* yaitu asam linoleat, asam stearat, dan asam oleat merupakan senyawa esensial yang tidak bisa disintesis dalam tubuh (Astawan, 2010).

Melihat banyaknya manfaat dari buah *black mulberry* yang baik untuk tubuh manusia, maka dengan alasan tersebut peneliti merasa tertarik untuk

menggunakan buah *black mulberry* sebagai bahan penelitian. Buah *black mulberry* ini dapat diolah menjadi berbagai macam produk pangan maupun ditambahkan ke dalam produk pangan. Salah satu produk pangan yang dapat dibuat dengan menggunakan bahan *black mulberry* ini adalah *smoothies*. Namun, umur simpan dari *smoothies black mulberry* ini belum diketahui sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai umur simpan *smoothies black mulberry* tersebut (Handayani, 2016).

Smoothies adalah minuman berbahan baku buah-buahan, sayuran, sirup gula/gula pasir, susu tawar cair dan es batu. Selain penambahan susu sebagai ciri khas *smoothie*, yoghurt, coklat dan susu kental manis juga seringkali ditambahkan ke dalam *smoothie*. Tekstur *smoothie* lebih pekat dibandingkan jus (Budi, 2010).

Pengemasan adalah suatu proses pembungkusan, pewadahan atau pengepakan suatu produk dengan menggunakan bahan tertentu sehingga produk yang ada di dalamnya bisa tertampung dan terlindungi. Sedangkan kemasan produk adalah bagian pembungkus dari suatu produk yang ada di dalamnya. Pengemasan ini merupakan salah satu cara untuk mengawetkan atau memperpanjang umur dari produk-produk pangan atau makanan yang terdapat didalamnya (Indayati, 2013).

Kemasan produk dan labelnya selain berfungsi sebagai pengaman produk yang terdapat di dalamnya juga berfungsi sebagai media promosi dan informasi dari produk yang bersangkutan. Kemasan produk yang baik dan menarik akan memberikan nilai tersendiri sebagai daya tarik bagi konsumen (Indayati, 2013).

Packaging/kemasan, diartikan secara umum adalah bagian terluar yang membungkus suatu produk dengan tujuan untuk melindungi produk dari cuaca, guncangan dan benturan-benturan, terhadap benda lain. Setiap bentuk barang benda yang membungkus suatu benda di dalamnya dapat disebut dengan packaging/kemasan sejauh hal tersebut memang melindungi isinya (Wing, 2010).

Fungsi packaging secara garis besar terbagi menjadi 3, yaitu sebagai media pelindung dari cuaca dan kotoran bagi produk yang diwadahnya, sebagai identitas/wajah dari produk yang terdapat didalamnya, dan sebagai Media Penjual, dimana packaging/ kemasan memiliki kemampuan membujuk konsumen (Wing, 2010).

Umur simpan adalah periode waktu dimana makanan atau minuman yang diproduksi masih dapat dikonsumsi. kadaluarsa adalah waktu dimana makanan atau minuman yang diproduksi sudah tidak boleh dikonsumsi lagi. parameternya dari umur simpan dan kadaluarsa tersebut dari banyak faktor, namun saya bagi 3 faktor saja yaitu dari bahan kemas, bahan pangan itu sendiri dan faktor lingkungan (Bucil, 2012).

Penentuan umur simpan produk pangan dapat dilakukan dengan menyimpan produk pada kondisi penyimpanan yang sebenarnya. Cara ini menghasilkan hasil yang paling tepat, namun memerlukan waktu yang lama dan biaya yang besar. Kendala yang sering dihadapi oleh industri dalam penentuan umur simpan suatu produk adalah masalah waktu, karena bagi produsen hal ini akan mempengaruhi jadwal launching suatu produk pangan. Oleh karena itu diperlukan metode

pendugaan umur simpan cepat, mudah, murah dan mendekati umur simpan yang sebenarnya (Syamsir, 2012).

Metode dalam penentuan umur simpan dari berbagai sumber maka ada 6 metode yaitu : nilai pustaka (*literature value*), *distribution turn over* (informasi peroduk sejenis di pasaran), *distribution abuse test* (hasil analisa penyimpanan produk di pasaran), *consumer complains* (teguran / komplain dari konsumen), *Extend Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS). Namun konsep penyimpangan produk pangan atau penentuan umur simpan pangan yang sering dipakai karena tepat dan akurat adalah *Extend Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS) (Bucil, 2012).

Menurut Syarief R dan H. Halid (1993), umur simpan dapat ditentukan dengan 2 cara yaitu secara empiris dan permodelan matematika. Cara empiris dilakukan secara konvensional, yaitu disimpan pada kondisi normal hingga terjadi kerusakan produk. Permodelan matematika dilakukan penyimpanan dengan kondisi dipercepat dan diperhatikan titik kritis produk. Contoh permodelan matematika adalah *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS). Metode ASLT dapat dilakukan menggunakan metode *Arrhenius*.

Berdasarkan uraian di atas penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Pendugaan Umur Simpan *Smoothies Black Mulberry (Morus nigra L.)* dalam Kemasan Botol Kaca Menggunakan Metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) model *Arrhenius*".

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat diidentifikasi masalah dalam penelitian ini adalah berapa lama umur simpan *smoothies black mulberry* dalam kemasan botol kaca pada suhu penyimpanan yang berbeda berdasarkan pendekatan *Arrhenius*.

1.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki maksud untuk mengetahui umur simpan *smoothies black mulberry* dalam kemasan botol kaca pada suhu penyimpanan yang berbeda berdasarkan pendekatan *Arrhenius*, sehingga dapat diketahui umur simpan produk tersebut.

Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui umur simpan *smoothies black mulberry* serta sebagai upaya peanekaragaman jenis produk olahan pangan berbahan baku *black mulberry*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk memberikan informasi dan referensi mengenai pembuatan *smoothies black mulberry* serta penentuan umur simpan produk tersebut, menambah alternatif peanekaragaman produk olahan pangan berbahan baku *black mulberry*, meningkatkan nilai ekonomis mulberry, serta menghasilkan produk pangan yang dapat diterima dan dikonsumsi oleh masyarakat.

1.5. Kerangka Penelitian

Menurut Isdiantoro (2003), kandungan kimia buah *black mulberry* mengandung cyaniding, lisoquercetin, sakarida, asam linoleat, asam stearate, asam oleat, dan vitamin (karoten, B₁, B₂, dan C).

Menurut Handayani (2016) formulasi optimal *smoothies black mulberry* berdasarkan kandungan terbaik dengan *design expert* metode *d-optimal* adalah buah *black mulberry* 58,2%; larutan gula 24,3%; asam sitrat 0,1%; gum arab 10,3%; gum xanthan 0,4%; dan dekstrin 6,8%, sehingga program *Design Expert* metode *d-optimal* dapat digunakan untuk menentukan formulasi suatu produk.

Menurut penelitian Stan dan Popa (2013), tekstur dan sifat fisika-kimia produk makanan memiliki peran penting dalam penciptaan rasa dan persepsi sensorik. Ini adalah atribut kualitas penting yang mempengaruhi penerimaan dari buah-buahan segar atau olahan, sehingga menjadi perhatian utama dalam desain produk baru. Tes analisis sensorial telah menunjukkan bahwa 13 derajat Brix dan pH antara 3,7 dan 4,2 sangat baik dengan penerimaan dan preferensi konsumen terhadap produk *smoothies*.

Menurut Rahmawati (2010), pembotolan merupakan salah satu metode yang cocok untuk mengemas produk minuman . Intensitas kerusakan yang timbul pada sari buah mangga dapat dilihat dari parameter kelarutan, bau dan warna. Berdasarkan serangkaian uji selama 5 hari, maka diperoleh hasil bahwa penurunan kelarutan pada perlakuan karbonasi > pasteurisasi > biasa . Penurunan warna Jus mangga karbonasi> pasteurisasi>biasa . Pada hari kelima, bau busuk pada jus mangga karbonasi>pasteurisasi>biasa Dari percobaan menunjukkan

bahwa teknik pengemasan botol dengan karbonasi kurang cocok diterapkan dalam jus mangga. Pengemasan botol dengan pasteurisasi dan tanpa pasteurisasi lebih cocok untuk mengemas Jus mangga .

Menurut pradiska (2012), kelebihan kemasan berbahan dasar kaca antara lain :

- Kedap terhadap air, gas , bau-bauan , dan mikroorganisme,
- Inert dan tidak dapat bereaksi atau bermigrasi ke dalam bahan pangan,
- Kecepatan pengisian hampir sama dengan kemasan kaleng,
- Sesuai untuk produk yang mengalami pemanasan dan penutupan secara hermetis,
- Dapat didaur ulang,
- Dapat ditutup kembali setelah dibuka,
- Transparan sehingga isinya dapat diperlihatkan dan dapat dihias,
- Dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk dan warna,
- Memberikan nilai tambah bagi produk,
- Rigid (kaku), kuat dan dapat ditumpuk tanpa mengalami kerusakan.

Suhu merupakan faktor yang berpengaruh terhadap perubahan mutu makanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan maka laju reaksi berbagai senyawa kimia akan semakin cepat. Untuk jenis makanan kering dan semi basah, suhu percobaan penyimpanan yang dianjurkan untuk menguji masa kadaluarsa makanan adalah 0⁰C (kontrol), suhu kamar, 30⁰C, 35⁰C, 40⁰C, 45⁰C jika diperlukan, sedangkan untuk makanan yang diolah secara thermal adalah 5⁰C (kontrol), suhu kamar, 30⁰C, 35⁰C, 40⁰C. Untuk jenis makanan beku dapat menggunakan suhu -40⁰C (kontrol), -15⁰C, -10⁰C, atau -5⁰C (Syarief, R dan H, Halid, 1993).

Produk pangan yang dapat ditentukan umur simpannya dengan model *Arrhenius* diantaranya adalah makanan kaleng steril komersial, susu UHT, susu bubuk/formula, produk *chip/snack*, jus buah, mie instan, *frozen meat* dan produk lain yang mengandung gula pereduksi dan protein (berpotensi terjadinya reaksi pencoklatan) (Labuza, 1982).

Menurut penelitian Febrianto (2012), umur simpan minuman sari buah sirsak menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT) melalui persamaan Arrhenius. Produk sari buah sirsak dikemas dalam kemasan gelas plastik 200 ml, lalu disimpan dalam inkubator pada suhu 30°C, 35°C dan 40°C. Pengamatan dan analisa kimia dilakukan selama 30 hari setiap 5 hari sekali dengan 2 kali ulangan meliputi uji vitamin C, kecerahan warna, total asam dan pH selama penyimpanan serta uji organoleptik dilakukan oleh 15 panelis agak terlatih.

Menurut penelitian Sandana (2010), umur simpan sirup pala produksi Industri Kecil Menengah (IKM) "Sari Fruit" Sitaro menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) dengan pendekatan Arrhenius. Pada penelitian ini sirup pala disimpan pada suhu 30°C, 35°C dan 40°C selama 4 minggu. Parameter yang digunakan untuk menganalisis penurunan mutu produk sirup pala adalah, pH, kadar gula, viskositas, total khamir dan uji organoleptik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perhitungan umur simpan sirup pala didasarkan pada pH karena memiliki energi aktivasi terkecil, yaitu 4.025,66 kal/mol. Umur simpan sirup pala pada penyimpanan suhu kamar (27°C) adalah 13,6 minggu.

Menurut penelitian Suwita (2010), umur simpan sirup temulawak (*Curcuma xanthorrhiza Roxb*), madu dan ekstrak ikan gabus (*Ophiocephalus striatus*), menganalisis total padatan, pH, dan total mikroba pada sirup temulawak, madu dan ekstrak ikan gabus yang telah disimpan pada suhu 5°C, 25°C, dan 35°C selama 4 minggu (1 bulan) dengan menggunakan model *Arrhenius* dan Q10. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin lama penyimpanan maka nilai total padatan terlarut sirup semakin menurun dari rata-rata 63,43%Brix menjadi rata-rata 57%Brix. Nilai pH menunjukkan semakin meningkat yaitu rata-rata berkisar 5,31-6,6. Sedangkan jumlah mikroorganisme menunjukkan semakin lama penyimpanan, jumlah total mikroorganisme sirup semakin meningkat yaitu 2,6x10¹ hingga 7,6x10² koloni/g. Estimasi umur simpan sirup dengan menggunakan model *Arrhenius* didapatkan umur simpan sirup yang disimpan pada suhu 5°C (9 hari), 25°C (3 hari) dan 35°C (1 hari). Sedangkan estimasi umur simpan dengan menggunakan model Q10 untuk sirup yang disimpan pada suhu beku yang diasumsikan sebagai suhu penyimpanan untuk pendistribusian produk didapatkan masa kadaluarsa produk sirup pada suhu -5°C (18 hari) dan suhu 0°C (12 hari).

Menurut penelitian Arif (2008), umur simpan dari minuman sari buah sirsak yang dihasilkan unit usaha ABEC berdasarkan kerusakan fisik dan kimia dengan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dengan model persamaan *Arrhenius*. Pengujian yang dilakukan meliputi penerimaan garis skala uji (warna, rasa, aroma, penampilan) terhadap 15 panelis dan analisis terhadap vitamin C, kecerahan warna, total asam dan pH setiap 5 hari selama 1 bulan dalam inkubator

bersuhu 30°C, 35°C dan 40°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sari buah sirsak perhitungan umur simpan menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Testing* (ASLT) dan uji organoleptik selama penyimpanan pada suhu 30°C, 35°C dan 40°C adalah 3,8 bulan, 2,8 bulan dan 2,1 bulan.

Menurut penelitian Anagari (2011), umur simpan minuman fungsional sari akar alang-alang menggunakan metode ASLT (*Accelerated Shelf Life Testing*) dengan pendekatan Arrhenius. Pada penelitian ini sirup pala disimpan pada suhu 20°C, 30°C dan 40°C selama 35 hari. Parameter yang digunakan untuk menganalisis penurunan mutu produk adalah, pH, dan warna (kecerahan). Selain pengujian kimiawi untuk menentukan umur simpan sari akar alang-alang, juga 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.

Menurut Abdulah (2014), umur simpan dan kelayakan sari buah nanas-cempedak disimpan pada suhu 15, 30 dan 45⁰C selama 2 bulan. Pengamatan yang dilakukan terdiri atas vitamin C, total asam, total padatan terlarut, komponen flavor, rasa, aroma, warna dan kelayakan. Pendugaan umur simpan sari buah menggunakan metode *Accelerated Shelf Life Test* (ASLT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan vitamin C, asam sorbat dan asetaldehida sari buah nanas cempedak lebih tinggi dibandingkan sari buah nanas. Umur simpan sari buah nanas-cempedak 41 hari lebih lama dibandingkan sari buah nanas. Sari buah nanas dan nanas-cempedak masih layak untuk dikonsumsi hingga 2 bulan.

1.6. Hipotesa Penelitian

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, diduga bahwa jenis kemasan botol kaca dan suhu penyimpanan yang berbeda-beda berpengaruh terhadap umur simpan *smoothies black mulberry* berdasarkan pendekatan *Arrhenius*.

1.7. Tempat dan Waktu Penelitian

Kegiatan penelitian berlangsung di Laboratorium Penelitian Jurusan Teknologi Pangan Fakultas Teknik Universitas Pasundan jalan Setiabudhi nomor 193 Bandung pada bulan Juli 2016 hingga selesai.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan menguraikan mengenai: (1) *Smoothies*, (2) Bahan untuk Membuat *Smoothies Black Mulberry*, (3) Kemasan Botol Kaca, (4) Kerusakan pada Bahan Makanan dan (5) Pendugaan Umur Simpan.

2.1. *Smoothies*

Smoothies adalah minuman berbahan baku buah-buahan, sayuran, sirup gula/ gula pasir, susu tawar cair dan es batu. Selain penambahan susu sebagai ciri khas *smoothie*, yoghurt, cokelat dan susu kental manis juga seringkali ditambahkan ke dalam *smoothie*. Tekstur *smoothie* lebih pekat dibandingkan jus (Budi, 2010).

Smoothie adalah bubur buah/sayur, artinya semua bahan dimasukkan ke dalam blender kemudian proses hingga halus. *Smoothie* memiliki ciri-ciri tekstur kental, *creamy* dan membuat perut kenyang (Naja, 2014).

Smoothie adalah minuman dari olahan buah segar, susu, yogurt, dan es batu. *Smoothie* sangat beranekaragam, dapat di campur dengan madu, sirup, coklat, selai kacang, dll. Sekarang *Smoothie* menjadi minuman yang populer dan keren masa kini terutama di daratan Eropa. Namun di Indonesia *Smoothie* juga sedang menjadi tren (Andriani, 2012).

Smoothie secara harfiah berarti “halusan” atau “yang dihaluskan”. *Smoothie* adalah buah atau sayur yang dihaluskan dengan blender. Jus dan *smoothie* sama-sama mengandung nutrisi. Pada jus tidak ada serat, sedangkan pada *smoothie* ada serat (Olvista, 2012).

Smoothie adalah minuman berbahan baku buah-buahan, sayuran, sirup gula/gula pasir, susu tawar cair dan es batu. Sebagian orang membuat *smoothie* dengan mencampur beberapa jenis buah atau mengkombinasikan buah dan sayuran sehingga tercipta rasa yang lebih kaya. Untuk mempercantik penampilan *smoothie* dan memperkaya cita rasa, di atas *smoothie* bisa ditaburkan bubuk cokelat, potongan buah-buahan, meses cokelat atau potongan agar-agar. Proses pembuatan *smoothie* sangat mudah; tinggal mencampur potongan buah, sayuran, susu, sirup gula, es batu, dan yoghurt ke dalam tabung blender. Proses hingga lembut. Untuk komposisi resep dan jenis buah yang digunakan bisa dipilih sesuai selera (Sutomo, 2016).

Smoothie menggunakan blender untuk memproses buah, sehingga semua serat terbawa. *Smoothie* memiliki tekstur yang lebih kental dari jus, bahkan *smoothie* kadang terlihat seperti bubur buah. Minuman buah ini cocok untuk mereka yang memiliki masalah pada pencernaan seperti sembelit, karena kadar seratnya yang lebih banyak dari jus. Di Indonesia, ada salah kaprah yang cukup jelas antara jus dan *smoothie*. istilah jus lebih sering digunakan untuk menyebut *smoothie*. Namun karena istilah ini kurang populer, maka *smoothie* pun dapat disebut dengan istilah jus (Pustaka, 2013).

Smoothies atau jus dalam kemasan terbuka hanya aman disimpan selama 7-10 hari di dalam kulkas. Sedangkan jika kemasan masih utuh, jus kemasan aman disimpan di kulkas selama 3 minggu (Media, 2012).

2.2. Bahan Untuk Membuat *Smoothies Black Mulberry*

2.2.1. Black Mulberry

Black mulberry (Morus nigra L.) merupakan buah yang dapat dimakan, diproduksi oleh beberapa spesies dalam genus *Rubus* dari suku *Rosaceae*. Buah ini sebenarnya bukanlah merupakan berry, secara botani itu disebut buah agregat, terdiri dari *drupelet* kecil. Tanaman biasanya berumur dwitahunan dan akar tongkat abadi. *Black mulberry* dan *raspberry* juga disebut *caneberries* atau semak berduri. Ini adalah kelompok besar, dan dikenal lebih dari 375 spesies.

Tanaman murbei merupakan tanaman yang banyak tersebar di Pulau Jawa dan Sulawesi dan memiliki kapasitas produksi yang besar misalnya saja varietas *Nigra* (5-8 ton per tahun), *Multicaulis* (10-12 ton per tahun), dan *Alba* (8-10 ton per tahun) (Dalimartha, 2002).

Mulberry mengandung nutrisi penting yang dapat meningkatkan kesehatan. Nutrisi dalam murbei meliputi protein, karbohidrat serta vitamin dan mineral seperti kalsium, fosfor, kalium, magnesium, potassium, dan serat. Kandungan air yang tinggi pada murbei juga menjadikannya sebagai buah yang rendah kalori. Satu cangkir murbei sama dengan 60 kalori.

Mulberry mengandung antosianin, yakni sejenis antioksidan tinggi yang dapat membantu mempertahankan kekebalan tubuh, mencegah kanker, dan diabetes. Tingginya kadar vitamin C dan flavonoid merupakan suplemen yang baik untuk mengatasi penyakit flu dan kekebalan tubuh (Yunita, 2007).

2.2.2. Gula Pasir

Gula pasir merupakan bahan baku masakan yang terbuat dari sari tebu dan dikristalkan membentuk serbuk-serbuk seperti pasir. Berbeda dengan gula halus, gula pasir mempunyai butiran-butiran yang lebih kasar. Gula pasir memiliki rasa yang manis dan mudah larut dalam air terutama air panas. Gula pasir umumnya berwarna putih kekuningan atau sedikit coklat. Gula pasir didapatkan dari ekstraksi sari tebu yang dikristalkan. Gula pasir tidak mempunyai aroma tetapi berbau harum ketika diolah menjadi karamel. Gula pasir banyak ditemui di manapun dalam bentuk kemasan. Gula pasir menjadi salah satu dari sembilan bahan pokok yang tidak bisa terpisahkan dari kehidupan masyarakat Indonesia. Gula pasir termasuk rentan terhadap kelembaban karena bisa mengubah tekstur dari gula tersebut (Kusumawati, 2015).

Kelompok gula pada umumnya mempunyai rasa manis, tetapi masing-masing bahan dalam komposisi gula ini memiliki suatu rasa manis yang khas yang sangat berbeda. Kekuatan rasa manis yang ditimbulkan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis gula (sukrosa, glukosa, dekstrosa, sorbitol, fruktosa, maltosa, laktosa, manitol, honey, *corn syrup*, *high fructose syrup*, *molase*, *maple syrup*), konsentrasi, suhu serta sifat mediumnya. Tujuan penambahan gula adalah untuk memperbaiki flavour bahan makanan sehingga rasa manis yang timbul dapat meningkatkan kelezatan (Sudarmadji, 2010).

2.2.3. Gum Arab

Gum arab dihasilkan dari getah bermacam-macam pohon *Acacia sp.* di Sudan dan Senegal. Gum arab pada dasarnya merupakan serangkaian satuan-

satuan D-galaktosa, L-arabinosa, asam D-galakturonat dan L-ramnosa. Gum arab jauh lebih mudah larut dalam air dibanding hidrokoloid lainnya. Pada olahan pangan yang banyak mengandung gula, gum arab digunakan untuk mendorong pembentukan emulsi lemak yang mantap dan mencegah kristalisasi gula. Gum arab dapat meningkatkan stabilitas dengan peningkatan viskositas. Jenis pengental ini juga tahan panas pada proses yang menggunakan panas namun lebih baik jika panasnya dikontrol untuk mempersingkat waktu pemanasan, mengingat gum arab dapat terdegradasi secara perlahan-lahan dan kekurangan efisiensi emulsifikasi dan viskositas. Gum arab merupakan bahan pengental emulsi yang efektif karena kemampuannya melindungi koloid dan sering digunakan pada pembuatan roti (Tranggono dkk,1991).

2.2.4. Gum Xanthan

Gum Xanthan adalah polisakarida dengan bobot molekul tinggi hasil fermentasi karbohidrat oleh *xanthomonas campestris* yang dimurnikan, dikeringkan dan digiling untuk pemanfaatannya lebih lanjut. Gum Xanthan digunakan sebagai bahan tambahan yang aman pada makanan dalam industri makanan misal produksi susu, kuah salad, minuman buah-buahan, pengemulsi pada cat dan lapisan keramik, pengental dalam susu, sirup dan lem. Pada tingkatan yang lebih tinggi gum xanthan digunakan sebagai "suspending agent" yang baik sekali untuk menghilangkan pulp dan bahan-bahan yang dapat membuat keruh dalam beberapa minuman. Gum xanthan juga dipakai sebagai stabilizer untuk emulsi minyak flavor (flavour oil emulsion) dalam beberapa minuman khusus (Wardanu, 2009).

2.2.5. Dekstrin

Dekstrin adalah karbohidrat yang dibentuk selama hidrolisis pati menjadi gula oleh panas, asam dan atau enzim. Dekstrin dan pati memiliki rumus umum yang sama, $[C_x(H_2O)_y]_n - (y = x - 1)$, yang mana unit glukosa bersatu dengan yang lainnya membentuk rantai (polisakarida) tetapi dektrin memiliki ukuran lebih kecil dan kurang kompleks dibandingkan pati. Dektrin larut dalam air tetapi dapat diendapkan dengan alkohol. Dektrin memiliki sifat seperti pati. Dekstrin dapat dibuat dari berbagai sumber pati seperti tapioka dan kentang ataupun jagung. Sifat viskositas yang rendah dari dektrin menjadikan dektrin sering dipakai dalam pembuatan jelli sebagai sumber padatan yang menstabilkan tekstur permen (Hidayat, 2008).

2.2.6. Asam Sitrat

Asam sitrat adalah asam organik lemah yang biasanya ditemukan dalam daun dan buah tumbuhan genus citrus (jeruk - jeruk). Senyawa ini merupakan bahan pengawet yang baik dan alami, selain digunakan sebagai penambah rasa masam pada makanan dan minuman ringan. Dalam biokimia, asam sitrat dikenal sebagai senyawa antara dalam siklus asam sitrat yang terjadi di dalam mitokondria, yang penting dalam metabolisme makhluk hidup. Asam sitrat adalah pengawet yang dapat dibuat dari air kelapa yang diberi mikroba (Rachman, 2015).

Asam sitrat dalam industri pangan digunakan sebagai asidulan (zat pengasam) dan sebagai sekuestran (zat pengikat logam). Asidulan adalah senyawa kimia yang bersifat asam yang ditambahkan pada proses pengolahan makanan

dengan berbagai tujuan. Asidulan dapat bertindak sebagai penegas rasa dan warna yang menyelubungi after taste yang tidak disukai. Sifat senyawa asam ini dapat mencegah pertumbuhan mikroba dan bertindak sebagai bahan pengawet. Sekuestran dapat mengikat logam dalam ikatan kompleks, sehingga dapat mengalahkan sifat dan pengaruh jelek logam tersebut dalam bahan. Dengan demikian senyawa ini dapat membantu menstabilkan warna, cita rasa, dan tekstur (Winarno, 2004).

2.3. Kemasan Botol Kaca

Pengertian umum kemasan adalah suatu benda yang digunakan untuk wadah atau tempat dan dapat memberikan perlindungan sesuai dengan tujuannya. Adanya kemasan dapat, membantu mencegah/mengurangi kerusakan, melindungi bahan yang ada di dalamnya dari pencemaran serta gangguan fisik seperti gesekan, benturan dan getaran. Dari segi promosi kemasan berfungsi perangsang atau daya tarik pembeli. Dari segi promosi kemasan dapat berfungsi sebagai perangsang atau daya tarik pembeli (Syarief, 1989).

Gelas adalah benda yang transparan, lumayan kuat, biasanya tidak bereaksi dengan barang kimia, dan tidak aktif secara biologi yang bisa dibentuk dengan permukaan yang sangat halus dan kedap air. Oleh karena sifatnya yang sangat ideal gelas banyak digunakan di banyak bidang kehidupan. Tetapi gelas bisa pecah menjadi pecahan yang tajam. Sifat kaca ini bisa dimodifikasi dan bahkan bisa diubah seluruhnya dengan proses kimia atau dengan pemanasan (Fellows, 2000).

Ada beberapa sifat gelas yang bisa dikatakan memiliki kelebihan dibanding dengan material lainnya, antara lain: Sifat estetika atau keindahan, sifat tembus pandang secara optik (transparan), sifat elastic, dan sifat ketahanan terhadap zat/reaksi kimia. Namun kekurangan dari gelas adalah sifatnya yang getas dan mudah pecah (Fellows, 2000).

2.4. Kerusakan pada Bahan Makanan

Kerusakan bahan makanan atau bahan pangan tidak dapat di hindari tetapi dapat di cegah dan di perlambat. Cara mencegah bahan pangan agar tidak rusak adalah dengan segera memasak dan mengkonsumsinya. Cara memperlambat kerusakan bahan pangan adalah dengan pengolahan yang di tujukan untuk memperpanjang masa simpan. Tetapi jika kondisi penyimpanan tidak sesuai dengan cara pengolahannya, cepat atau lambat bahan pangan tetap akan mengalami kerusakan (Sugeng, 2014).

Macam-macam Kerusakan Bahan Pangan :

1. Kerusakan Mikrobiologis

Kerusakan biologis adalah kerusakan bahan pangan yang di sebabkan oleh aktivitas mikroba. Mikroba yang dapat merusak bahan pangan antara lain adalah kapang, khamir dan bakteri. Mikroba-mikroba tersebut mempunyai daya rusak yang tinggi karena dapat menyebabkan degradasi komponen bahan pangan sehingga bersifat toksin dan berbahaya untuk kesehatan. Bahan pangan yang telah terkontaminasi mikroba akan menjadi sumber kontaminasi bagi bahan pangan yang masih bagus. Karena itu cara satu-satunya adalah bahan pangan

terkontaminasi harus segera di musnahkan agar mikroba-mikroba tersebut tidak berkembang biak dan menulari bahan pangan lainnya.

2. Kerusakan Mekanis

Kerusakan Mekanis adalah kerusakan bahan pangan yang disebabkan oleh benturan, terjatuh, tekanan dan lain-lain yang menyebabkan kondisi bahan pangan tidak seperti seharusnya. Kerusakan mekanis pada bahan pangan dapat terjadi pada saat panen, transportasi ataupun saat penyimpanan di gudang.

3. Kerusakan Fisik dan Kimia

Kerusakan fisik adalah kerusakan bahan pangan yang disebabkan oleh perlakuan-perlakuan fisik yang dialami oleh bahan pangan itu sendiri. Biasanya, kerusakan fisik terjadi karena penanganan bahan pangan yang kurang baik. Perlakuan fisik yang dapat menyebabkan kerusakan fisik antara lain adalah pengeringan, pemanasan dan pendinginan. Pada proses pengeringan biasanya terjadi kerusakan fisik yang dikenal istilah "Case Hardening". Sedangkan pada proses pendinginan ada kerusakan bahan pangan yang dikenal dengan istilah "Chilling Injury" atau "Freezing Injury" dan "Freezer Burn". Penggunaan suhu yang terlalu tinggi pada proses pengolahan pangan juga dapat menyebabkan kerusakan bahan pangan yang dikenal dengan istilah "Thermal Degradation".

4. Kerusakan Kimia

Kerusakan kimia adalah kerusakan bahan pangan yang disebabkan karena adanya perubahan unsur-unsur dalam bahan pangan yang tidak diinginkan. Kerusakan kimia biasanya merupakan hasil dari kerusakan fisik yang dialami oleh bahan pangan itu sendiri. Perlakuan-perlakuan yang diberikan pada bahan pangan

selain menyebabkan kerusakan fisik juga dapat menimbulkan kerusakan kimia. Contohnya denaturasi protein, degradasi lemak, dll.

5. Kerusakan Biologis

Kerusakan biologis adalah kerusakan bahan pangan yang disebabkan oleh aktivitas fisiologis dan serangan hama seperti serangga dan rodentia. Kerusakan biologis yang paling parah dapat terjadi akibat reaksi metabolisme bahan pangan itu sendiri yang dapat mengakibatkan terjadinya proses autolisis. Sedangkan kerusakan oleh hama dan serangga juga sangat merugikan karena dapat menyebabkan kontaminasi mikroba yang kemudian akan menyebabkan kerusakan mikrobiologis yang pastinya juga akan membuat bahan pangan terbuang percuma.

Jenis-jenis kerusakan bahan pangan tersebut dapat dihindari jika dalam proses penanganan bahan pangan dari mulai panen, transportasi, penyimpanan dan pengolahan di lakukan dengan ekstra hati-hati dengan kondisi lingkungan yang bersih dan tidak tercemar (Sugeng, 2014).

2.5. Pendugaan Umur Simpan

Pendugaan umur simpan pangan sangat penting dalam proses penyimpanan suatu produk pangan. Dengan mengetahui umur simpannya, akan dapat dirancang system pengemasan dan penyimpanan yang sesuai (Syarief dan Halid, 1993).

Umur simpan didefinisikan sebagai selang waktu antara saat produksi hingga saat konsumsi dimana produk masih dalam kondisi yang baik pada penampakan, rasa, tekstur dan nilai gizinya. Tetapi apabila suatu produk makanan diterima dalam kondisi tidak memuaskan pada sifat-sifat yang telah disebut diatas,

maka dapat dinyatakan sebagai akhir dari masa simpannya atau masa kadaluarsa (Arpah, 2001).

Analisis penurunan mutu diperlukan beberapa pengamatan, yaitu harus memiliki parameter yang diukur secara kuantitatif yang mencerminkan keadaan mutu produk yang dianalisis. Parameter tersebut dapat berupa hasil pengukuran kimiawi, uji organoleptik, uji fisik atau mikrobiologi (Syarief dan Halid, 1993).

Selain itu, pendugaan umur simpan makanan ini juga dapat diketahui melalui metode yang dilakukan. Terdapat 2 metode yang dapat dilakukan untuk mengetahui umur simpan suatu bahan atau produk pangan, antara lain :

1. Metode Konvensional

Sistem penentuan umur simpan secara konvensional membutuhkan waktu yang lama karena penetapan kadaluarsa pangan metode *EES (Extended Storage Studies)* dilakukan dengan cara menyimpan suatu seri produk pada kondisi normal sehari-hari sambil dilakukan pengamatan terhadap penurunan mutunya sehingga tercapai mutu kadaluarsa (Arpah, 2001).

2. Metode Akselerasi

Untuk mempercepat waktu penentuan umur simpan dapat digunakan metode *ASLT (Accelerated shelf Life Testing)* atau metode akselerasi. Pada metode ini kondisi penyimpanan diatur diluar kondisi normal sehingga produk dapat lebih cepat rusak dan penentuan umur simpan dapat ditentukan. Penggunaan metode akselerasi harus disesuaikan dengan keadaan dan faktor yang mempercepat kerusakan produk yang bersangkutan (Arpah, 2001).

Jenis parameter atau atribut mutu yang diuji tergantung pada jenis produknya. Produk berlemak biasanya menggunakan parameter ketengikan. Produk yang disimpan dingin atau beku menggunakan parameter pertumbuhan mikroba. Produk berwujud bubuk atau kering yang diukur adalah kadar airnya (Arpah, 2001).

Menurut Syarief *et al.* (1989) umur simpan suatu produk pangan merupakan suatu parameter ketahan produk selama penyimpanan terutama jika kondisinya beragam. Umur simpan ini erat hubungannya dengan kadar air kritis produk dimana secara organoleptik masih dapat diterima konsumen. Faktor-faktor yang mempengaruhi umur simpan makanan yang dikemas adalah sebagai berikut :

1. Keadaan alamiah atau sifat makanan dan mekanisme berlangsungnya perubahan, misalnya kepekaan terhadap air dan oksigen, dan kemungkinan terjadinya perubahan-perubahan kimia internal dan fisik.
2. Ukuran kemasan dalam hubungannya dengan produk yang dikemas.
3. Kondisi atmosfer (terutama suhu dan kelembaban) dimana kemasan dapat bertahan selama transit dan sebelum digunakan.
4. Ketahanan keseluruhan dari kemasan terhadap keluar masuknya air, gas dan bau termasuk perekatan, penutupan dan bagian-bagian yang terlipat.

2.5.1. Metode Arrhenius

Masalah yang sering dihadapi pada pendugaan umur simpan produk pangan diantaranya, yaitu faktor suhu yang sering berubah-ubah. Semakin tinggi suhu penyimpanan semakin cepat laju reaksi. Oleh karena itu, dalam menentukan

kecepatan penurunan mutu makanan selama penyimpanan, faktor suhu harus selalu diperhitungkan (Syarief dan Halid, 1993).

Analisis penurunan mutu dengan metode simulasi, diperlukan pengetahuan mengenai pola perubahan faktor umum yang diamati tersebut dalam kondisi penyimpanan tertentu. Jika pola atau model matematik sudah diperoleh, maka selanjutnya dapat digunakan dalam analisis simulasi. Dalam penyimpanan makanan, keadaan suhu ruangan penyimpanan selayaknya dan keadaan tetap dari waktu ke waktu tetapi sering kali keadaan suhu penyimpanan berubah-ubah dari waktu ke waktu. Jika keadaan suhu penyimpanan tetap dari waktu ke waktu atau dianggap tetap, maka perumusan masalahnya dapat sederhana untuk menduga laju penurunan mutu menggunakan persamaan Arrhenius (Syarief dan Halid, 1993).

Persamaan Arrhenius :

$$k = k_0 \cdot e^{-E_a/RT}$$

Keterangan : k = Konstanta penurunan mutu

k_0 = Konstanta (tidak tergantung pada suhu)

E_a = Energi aktivasi (kal/mol)

T = Suhu mutlak (C+273)

R = Konstanta gas (1,986 kal/mol K)

Menurut Syarief dan Halid (1993), semakin sederhana model yang digunakan untuk menduga umur simpan suatu produk semakin banyak asumsi yang dipakai. Asumsi yang digunakan untuk menggunakan model Arrhenius adalah sebagai berikut:

1. Perubahan faktor mutu hanya ditentukan oleh satu macam reaksi saja.

2. Tidak terjadi faktor lain yang mengakibatkan perubahan mutu.
3. Proses perubahan mutu dianggap bukan merupakan akibat proses-proses yang terjadi sebelumnya.
4. Suhu selama penyimpanan tetap atau dianggap tetap.

2.5.2. Model Q_{10}

Model Q_{10} adalah pemanfaatan tersebut disimpan pada suhu-suhu tertentu. Dengan demikian model ini dapat untuk menduga masa kadaluwarsa produk pangan tertentu yang disimpan pada berbagai suhu Q_{10} disebut juga dengan istilah faktor percepatan reaksi (Syarief dan Halid, 1993). Model ini dipakai untuk menduga berapa besar perubahan laju reaksi atau laju penurunan mutu produk makanan bila produk

$$\begin{aligned}
 Q_{10} &= \frac{\text{Laju penurunan mutu pada suhu } (T+10)}{\text{Laju penurunan mutu pada suhu } T} \\
 &= \frac{ts(T)}{ts(T+10)}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

T = suhu penyimpanan dalam $^{\circ}\text{C}$

ts (T) = masa kadaluwarsa jika disimpan pada suhu T

ts (T+10) = masa kadaluwarsa jika disimpan pada suhu T+10

Jika perbedaan suhu penyimpanan (δT) tidak sama dengan 10, maka rumus berikut dapat digunakan :

$$Q^{\delta T/10} = \frac{ts(T1)}{ts(T2)}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini akan menguraikan mengenai: (1) Bahan dan Alat Penelitian, (2) Metode Penelitian, (3) Prosedur Penelitian, (4) Jadwal Penelitian.

3.1. Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1. Bahan

Bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah daging buah *black mulberry* yang diperoleh dari daerah Lembang, Bandung, gula pasir, dekstrin, dan botol kaca yang diperoleh dari toko di daerah Bandung, gum arab, gum xanthan, dan asam sitrat yang diperoleh dari toko kimia di daerah Bandung.

3.1.2. Alat

Alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah botol kaca, viskotester, dan inkubator.

Alat-alat yang akan digunakan dalam analisis kimia adalah kaca arloji, eksikator, oven, tangkrus, neraca digital.

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen (percobaan) yang terdiri dari satu tahap yaitu penelitian utama. Penelitian utama yang dilakukan adalah untuk menduga umur simpan dari *smoothies black mulberry* yang dikemas menggunakan jenis kemasan botol kaca dimana kondisi penyimpanan divariasikan dengan beberapa suhu yaitu 5°C, 15°C, dan 25°C.

3.2.1. Rancangan Perlakuan

Rancangan perlakuan yang dibuat yaitu faktor suhu penyimpanan (T) yang terdiri dari 3 taraf, yaitu :

$$T1 = 5^{\circ}\text{C}$$

$$T2 = 15^{\circ}\text{C}$$

$$T3 = 25^{\circ}\text{C}$$

3.2.2. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah mencari lama penyimpanan *smoothies black mulberry* dengan suhu penyimpanan di bawah suhu ruang dan di suhu ruang, kemudian menganalisis respon fisika, respon kimia dan mikrobiologi. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode *Arrhenius* dan dilanjutkan dengan model Q_{10} . Denah (Layout) penyimpanan *smoothies black mulberry* dapat dilihat pada tabel 1. Contoh tabel hasil analisis kimia dan contoh hasil analisis mikrobiologis pada *smoothies black mulberry* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1. Denah (Layout) Penyimpanan Smoothies Black Mulberry

Penyimpanan pada suhu 5°C

H-0	H-5	H-10	H-15	H-20
A ₁ B ₃	A ₁ B ₁	A ₁ B ₅	A ₁ B ₂	A ₁ B ₄

Penyimpanan pada suhu 15°C

H-0	H-5	H-10	H-15	H-20
A ₂ B ₂	A ₂ B ₃	A ₂ B ₄	A ₂ B ₅	A ₂ B ₁

Penyimpanan pada suhu 25°C

H-0	H-5	H-10	H-15	H-20
A ₃ B ₂	A ₃ B ₄	A ₃ B ₁	A ₃ B ₃	A ₃ B ₅

Tabel 2. Hasil Analisis Kimia dan Analisis Mikrobiologis

Lama Penyimpanan (Hari)	Kadar Air (%)			Total Mikroba		
	5 ⁰ C	15 ⁰ C	25 ⁰ C	5 ⁰ C	15 ⁰ C	25 ⁰ C
0						
5						
10						
15						
20						

Hasil dari data dalam tabel tersebut kemudian diplot kedalam bentuk kurva sehingga akan didapatkan regresi liniernya.

Persamaan regresi linier :

$$Y = a + bx$$

Keterangan :

y = nilai analisis

a = nilai analisis pada saat mulai disimpan

b = laju nilai analisis (k)

x = waktu simpan (hari)

Dengan demikian, untuk penyimpanan pada suhu 5⁰C, 15⁰C, dan 25⁰C

persamaan regresinya adalah :

Suhu 5⁰C : y = a + bx

Suhu 15⁰C : y = a + bx

Suhu 25⁰C : y = a + bx

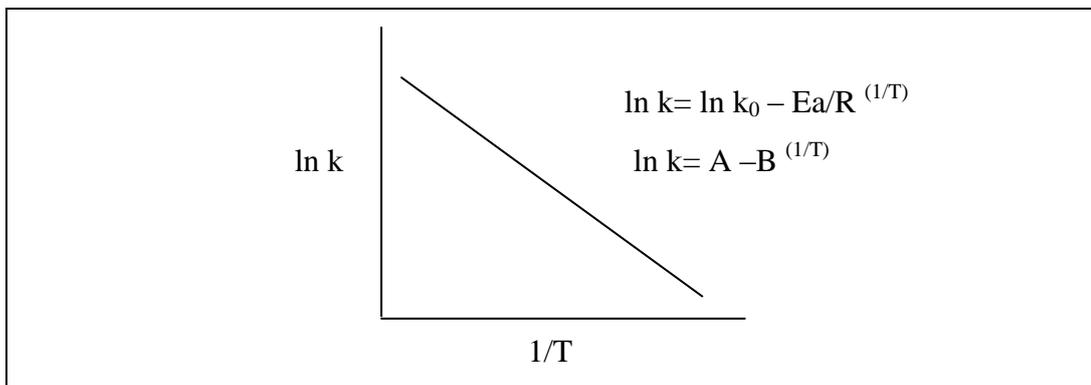
Selanjutnya apabila nilai-nilai k ini diterapkan dalam rumus Arrhenius, yaitu:

$$\ln k = \ln k_0 - E_a/RT$$

karena $\ln k_0$ dan $-E/R$ merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\ln k = A + B (1/T)$$

sehingga apabila setiap nilai k dan $1/T$ diplotkan dalam sebuah grafik, maka akan diperoleh gambar sebagai berikut:



Gambar 1. Grafik Hubungan antara $\ln k$ dengan $1/T$

dengan demikian besarnya nilai E_a dapat diperoleh, yaitu sebagai berikut:

$$-E_a/R = B$$

Dimana nilai slope B dihasilkan dari persamaan regresi linier antara $\ln k$ dan $1/T$, dan nilai k_0 diperoleh sebagai berikut:

$$\ln k_0 = A$$

dengan demikian model atau persamaan untuk laju penurunan mutu tersebut adalah:

$$k = k_0 e^{-B/RT}$$

Dimana :

k = konstanta penurunan mutu

k_0 = konstanta (tidak tergantung pada suhu)

E_a = energi aktivasi

T = suhu mutlak ($^{\circ}\text{C} + 273$)

R = konstanta gas (1,986 kal/mol)

Penentuan nilai t_s (umur simpan) dengan mengikuti reaksi ordo nol, menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$t_s = \frac{\ln A_0 - A_t}{k}$$

Dimana :

t_s = umur simpan (hari)

A_0 = nilai mutu awal

A_t = nilai batas kritis

k = konstanta penurunan mutu pada suhu T

Perhitungan dilanjutkan menggunakan model Q_{10} yang dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{10} = \frac{\text{laju penurunan mutu pada suhu } (T+10)}{\text{laju penurunan mutu pada suhu } T}$$

$$= \frac{t_s(T)}{t_s(T+10)}$$

Dimana, T adalah suhu penyimpanan dalam $^{\circ}\text{C}$, $t_s(T)$ adalah masa kadaluwarsa jika disimpan pada suhu T dan $t_s(T+10)$ adalah masa kadaluwarsa jika disimpan pada suhu $T+10$ (Syarief, R dan H. Halid, 1993).

Apabila perbedaan suhu penyimpanan (δT) tidak sama dengan 10, maka rumus berikut dapat digunakan :

$$Q^{\delta T/10} = \frac{ts(T1)}{ts(T2)}$$

Dimana, T merupakan suhu penyimpanan dalam °C, $ts(T)$ merupakan masa kadaluwarsa jika disimpan pada suhu T dan δT merupakan perbedaan suhu penyimpanan (Syarief, R dan H. Halid, 1993).

3.2.3. Rancangan Analisis

Rancangan analisis yang dilakukan pada *smoothies black mulberry* ini adalah pendugaan umur simpan berdasarkan data yang diperoleh hasil analisis kimia, dan analisis mikrobiologi dengan pendekatan *Arrhenius* sehingga didapat konstanta penurunan mutu (k).

3.2.4. Rancangan Respon

Rancangan respon yang dilakukan pada pembuatan *smoothies black mulberry* meliputi respon kimia dan respon mikrobiologi. Sampel diamati mulai hari 0, 5, 10, 15, hingga 20. Selanjutnya dilakukan analisis kimia kadar air metode gravimetri, dan dilakukan analisis mikrobiologi uji total mikroba menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC).

3.2.4.1. Respon Fisika

Respon fisika yang dilakukan terhadap *smoothies black mulberry* yaitu analisis viskositas dengan alat viskometer.

3.2.4.2. Respon Kimia

Respon kimia yang dilakukan terhadap *smoothies black mulberry* yaitu analisis kadar air metode gravimetri.

3.2.4.3. Respon Mikrobiologi

Respon mikrobiologi yang dilakukan terhadap *smoothies black mulberry* yaitu analisis total mikroba menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC).

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Proses Pembuatan *smoothies black mulberry*

Proses Pembuatan *smoothies black mulberry* meliputi beberapa tahap yaitu :

1. Sortasi

Sortasi dilakukan untuk memisahkan *black mulberry* yang matang dari *black mulberry* yang mentah, rusak, dan busuk. Tujuannya untuk mendapatkan mutu produk yang baik. *Black mulberry* yang dipakai mempunyai keseragaman baik dari segi mutu telah matang optimal atau dalam keadaan siap santap (*eating quality*).

2. *Trimming*

Buah *black mulberry* yang telah mengalami sortasi akan mengalami proses *trimming*. *Trimming* merupakan proses penghilangan bagian buah *mulberry* yang tidak diperlukan seperti tangkai buah *black mulberry*. Kondisi proses dilakukan pada suhu ruang ($T = 27^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$).

3. Pencucian

Buah *black mulberry* hasil sortasi dimasukkan ke dalam baskom yang telah berisi air bersih. Pencucian merupakan proses membersihkan buah *mulberry* dari

tanah dan kotoran lain yang menempel sehingga diperoleh buah *mulberry* yang bersih dan siap digunakan untuk produksi.

4. Penghancuran

Proses penghancuran dilakukan dengan menggunakan blender selama 5 – 10 menit. Penghancuran ini bertujuan untuk mendapatkan bubur buah *black mulberry*. Sebelum dilakukan penghancuran ditambahkan air terlebih dahulu. Penambahan air bertujuan untuk mempermudah proses penghancuran.

5. Pencampuran

Pencampuran bertujuan untuk mencampurkan bubur buah *black mulberry* dengan larutan gula dan berbagai bahan tambahan pangan lainnya. Kondisi proses dilakukan pada suhu ruang ($T = 27^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$) dengan cara memasukkan semua bahan kemudian diaduk hingga tercampur.

6. Pemasakan

Pemasakan bertujuan untuk menguapkan sebagian air yang terkandung *smoothies black mulberry* dan untuk mencampurkan bahan agar diperoleh konsistensi *smoothies black mulberry* yang kental. Pemasakan dilakukan pada suhu $60 - 65^{\circ}\text{C}$ selama ± 5 menit sambil diaduk hingga semua bahan tercampur.

7. Pengemasan

Smoothies black mulberry yang dihasilkan kemudian dilakukan proses pengemasan dengan cara memasukkannya ke dalam *smoothies* ke dalam botol steril, kemudian ditutup rapat agar dapat disimpan lebih lama. Kemasan botol dapat melindungi produk karena tidak dapat tembus oleh air dan gas. Kemasan ini juga memudahkan dalam proses pasteurisasi.

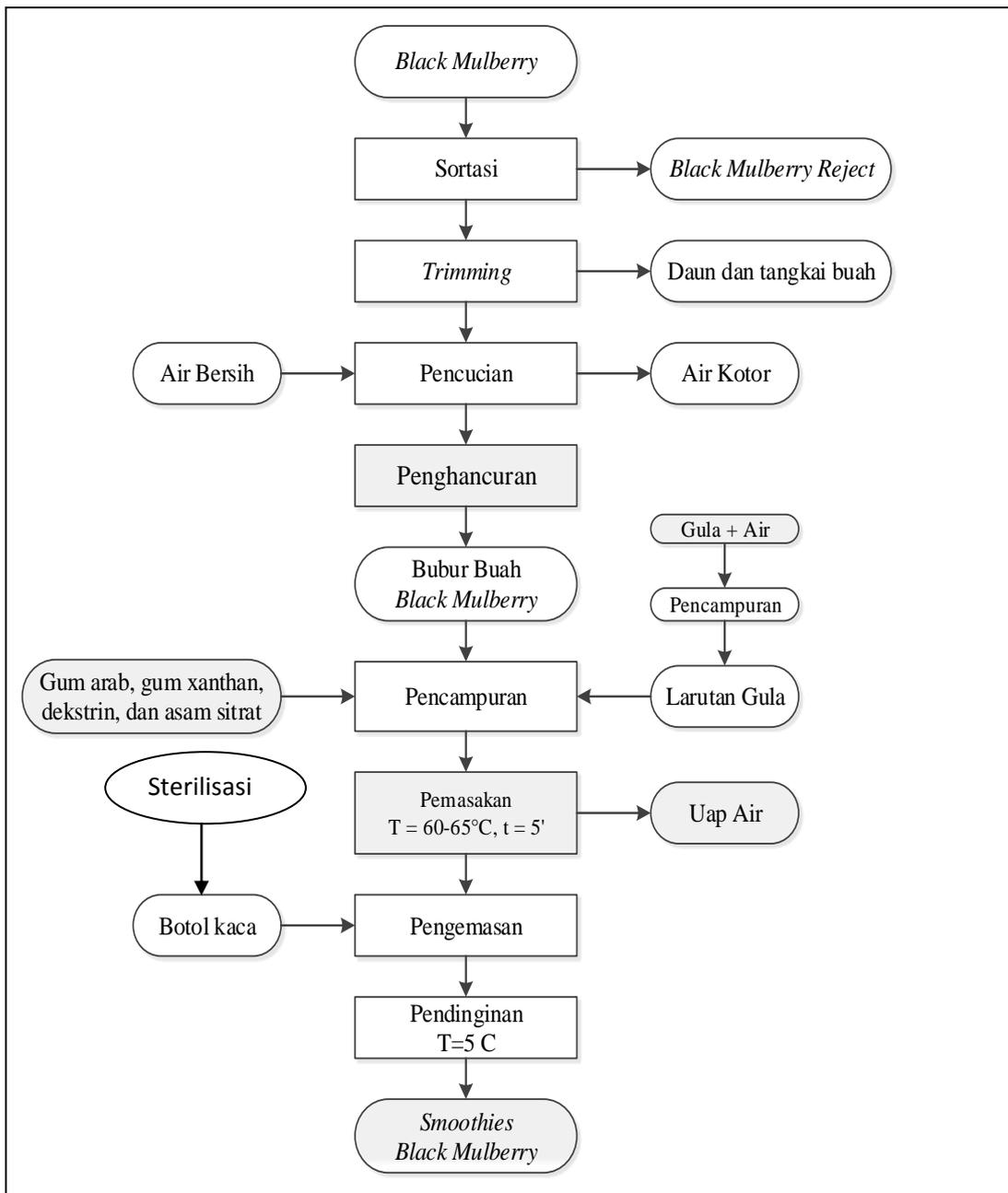
8. Penyimpanan

Setelah dilakukan pengemasan terhadap produk *smoothies black mulberry*, selanjutnya dilakukan penyimpanan pada suhu 5°C, 15°C, dan 25°C selama 20 hari.

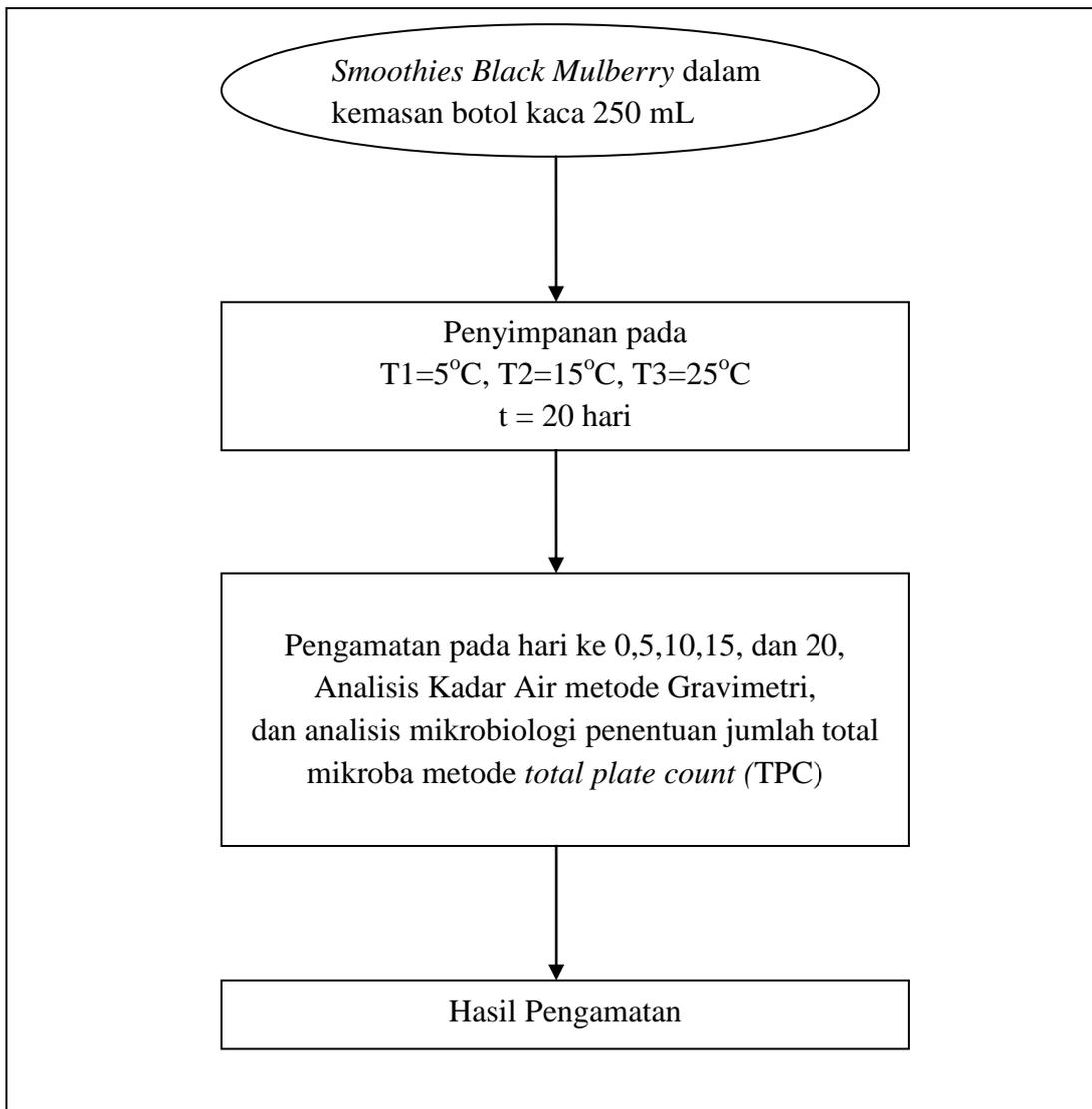
9. Pengamatan

Dilakukan pengamatan setiap 5 hari sekali selama 20 hari, terhitung mulai hari ke 0, 5, 10, 15, hingga 20 dilakukan analisis kimia yaitu analisis kadar air metode gravimetri, dan analisis mikrobiologi total mikroba metode total plate count (TPC).

Diagram alir pembuatan *smoothies black mulberry* dapat dilihat pada gambar 2, dan diagram alir penelitian utama dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Smoothies Black Mulberry



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian Utama

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan mengenai hasil dan pembahasan dalam penelitian ini menguraikan secara lebih jelas dan teknis terperinci menyangkut bagaimana hasil yang didapat selama penelitian, seperti hasil menganalisis data, serta pembahasan terhadap hasil penelitian yang didapat.

4.1. Analisis Viskositas

Hasil analisis viskositas pada *smoothies black mulberry* yang dianalisis menggunakan alat viskometer, diperoleh kekentalan *smoothies black mulberry* yaitu sebesar 28 d.Pas.

Viskositas *yoghurt drink* dengan penambahan ekstrak salak pondoh adalah 56,36 cP-73,43 cP (Yulianto, 2014).

Hasil analisis viskositas *smoothies black mulberry* berbeda dengan penelitian *yoghurt drink* dengan penambahan ekstrak salak pondoh dikarenakan bahan-bahan yang digunakan berbeda, dan menggunakan gum dengan takaran besar. Dan penggunaan air pada *smoothies* lebih sedikit dengan ekstrak yang lebih banyak daripada yoghurt.

Viskositas atau biasa dikenal dengan *penetapan kekentalan*. Kekentalan merupakan suatu sifat cairan yang berhubungan erat dengan hambatan untuk mengalir, dimana makin tinggi tingkat kekentalan maka semakin besar tingkat hambatannya.

Kekentalan didefinisikan sebagai gaya yang diperlukan untuk menggerakkan secara berkesinambungan suatu permukaan datar melewati

permukaan datar lain. dalam kondisi tertentu bila ruang diantara permukaan tersebut diisi dengan cairan yang akan ditentukan kekentalannya.

Viskometer adalah alat yang dipergunakan untuk mengukur *viskositas* (penetapan kekentalan) suatu larutan.

Viskometer yang digunakan yaitu viskometer Cup dan Bob. Prinsip kerjanya sample digeser dalam ruangan antara dinding luar dari bob dan dinding dalam dari cup dimana bob masuk persis ditengah-tengah. Kelemahan viscometer ini adalah terjadinya aliran sumbat yang disebabkan geseran yang tinggi di sepanjang

keliling bagian tube sehingga menyebabkan penueunan konsentrasi. Penurunan konsentrasi ini menyebabkan bagian tengah zat yang ditekan keluar memadat. Hal ini disebut aliran sumbat (Moechtar,1990).

4.2. Pendugaan Umur Simpan

Pada pendugaan umur simpan suatu produk perlu dilakukan pengujian parameter yang mempengaruhi mutu produk sebelum disimpan untuk periode tertentu. Parameter yang diamati pada *smoothies black mulberry* sebelum dilakukan penyimpanan meliputi kadar air metode gravimetri dan uji total mikroba metode *Total Plate Count*. Parameter-parameter tersebut dianalisis mulai awal penyimpanan pada hari ke-0 hingga hari ke-30.

4.2.1. Kadar Air

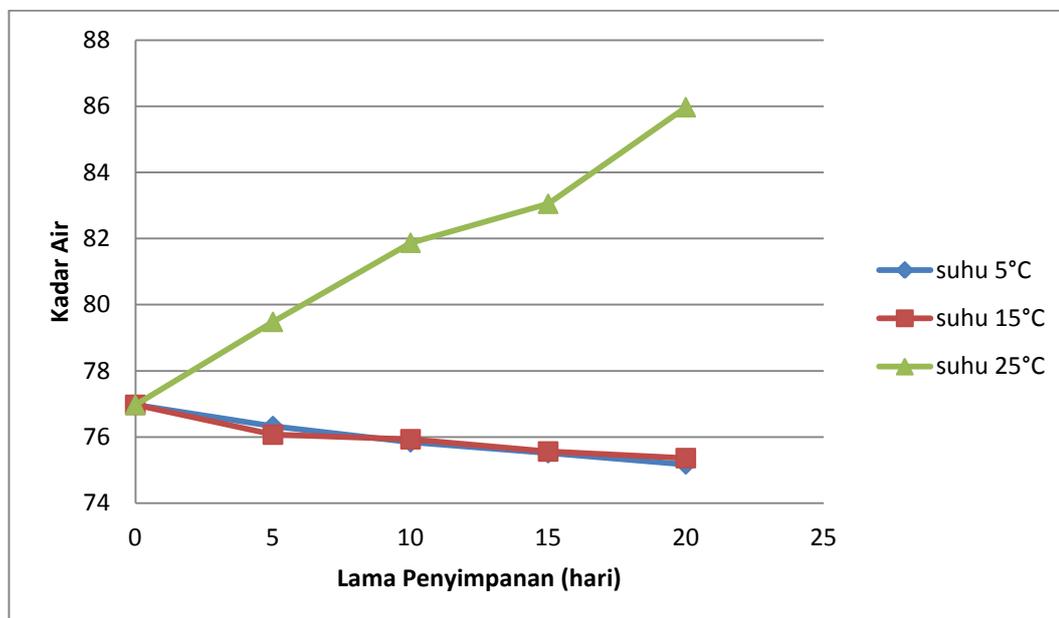
Data hasil kadar air pada *smoothies black mulberry*, dapat dilihat tabel 4, bahwa nilai kadar air cenderung turun selama waktu penyimpanan pada suhu 5⁰C dan 15⁰C akibat penyimpanan dingin. Dan nilai kadar air cenderung naik selama penyimpanan pada suhu 25⁰C. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka tingkat kenaikan kadar air produk juga akan semakin tinggi.

Tabel 3. Hasil Analisis Kadar Air Produk Selama Penyimpanan

Waktu Penyimpanan (hari)	Suhu Penyimpanan		
	5 ⁰ C	15 ⁰ C	25 ⁰ C
	Kadar Air (%)		
0	76,97	76,97	76,97
5	76,33	76,07	79,48
10	75,84	75,93	81,87
15	75,51	75,56	83,05
20	75,17	75,36	85,97

Berdasarkan hasil analisis kadar air di atas maka dapat disimpulkan bahwa terjadi penurunan kadar air selama penyimpanan pada suhu 5⁰C dan 15⁰C, dan

terjadi kenaikan pada suhu 25⁰C hingga 85,97%. Untuk lebih jelasnya data tersebut diplotkan ke dalam kurva pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik Kadar Air Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda

Berdasarkan data hasil perhitungan kadar air pada sampel *smoothies black mulberry* yang disimpan pada suhu yang berbeda, didapat hasil umur simpan sebagai berikut:

Tabel 4. Umur Simpan Smoothies Black Mulberry berdasarkan Kadar Air

Suhu	Umur Simpan
5°C	0,37 hari
15°C	0,15 hari
25°C	0,36 hari

Hasil yang terdapat pada data diatas tidak sesuai karena suhu yang digunakan untuk masa simpan produk berbeda yaitu suhu rendah dan suhu tinggi. Dari hasil grafik pun terlihat kadar air pada suhu rendah semakin hari semakin menurun sedangkan pada suhu tinggi kadar air semakin hari semakin meningkat.

Jadi saat dimasukkan kedalam rumus *arrhenius* akan menghasilkan data yang bias.

Masa kadaluwarsa makanan sangat ditentukan oleh jenis bahan pangan itu sendiri. Setiap jenis makanan mempunyai kriteria tertentu bergantung pada komposisi bahan baku yang digunakan dalam pengolahan makanan tersebut. Pengaruh pengemasan, tempat, suhu, kondisi udara penyimpanan, serta faktor lain sangat berpengaruh pada masa simpan bahan (Winarno, 1993). Perubahan mutu produk pangan selama penyimpanan dapat dipicu oleh beberapa faktor, salah satu yang paling sering mempercepat penurunan mutunya adalah suhu. Kenaikan suhu penyimpanan akan meningkatkan potensi penurunan mutu produk pangan.

Faktor-faktor yang menyebabkan terjadinya perubahan pada produk pangan menjadi dasar dalam menentukan titik kritis umur simpan. Titik kritis ditentukan berdasarkan faktor utama yang sangat sensitif serta dapat menimbulkan terjadinya perubahan mutu produk selama distribusi, penyimpanan hingga siap dikonsumsi. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap penurunan mutu produk pangan adalah perubahan kadar air dalam produk. Aktivitas air (a_w) berkaitan erat dengan kadar air, yang umumnya digambarkan sebagai kurva isothermis, serta pertumbuhan bakteri, jamur dan mikroba lainnya. Makin tinggi a_w pada umumnya makin banyak bakteri yang dapat tumbuh, sementara jamur tidak menyukai a_w yang tinggi (Herawati, 2013).

Umur simpan merupakan jangka waktu dari produk pangan diproduksi sampai produk tersebut tidak layak dikonsumsi. Kelayakan produk pangan untuk dikonsumsi dapat dilihat dari parameter fisik, kimia dan atau mikrobiologi.

Selama penyimpanan akan terjadi perubahan dari parameter tersebut (Taufik, 2014).

Menurut Syarief et al. (1993), secara garis besar umur simpan dapat ditentukan dengan menggunakan metode konvensional (extended storage studies, ESS) dan metode akselerasi kondisi penyimpanan (ASS atau ASLT). Umur simpan produk pangan dapat diduga kemudian ditetapkan waktu kedaluwarsanya dengan menggunakan dua konsep studi penyimpanan produk pangan, yaitu ESS dan ASS atau ASLT.

Kadar air dalam suatu makanan atau bahan pangan perlu ditetapkan, karena semakin tinggi kadar air yang terdapat dalam suatu makanan atau bahan pangan maka makin besar pula kemungkinan bahan pangan tersebut cepat rusak atau tidak tahan lama (Winarno, 1997). Pengaruh kadar air sangat penting dalam menentukan daya awet dari bahan pangan, diantaranya sifat-sifat fisik, kandungan kimia, serta kebusukan karena mikroorganisme (Buckle et al., 1987).

Jenis-jenis teknik pengolahan dan pengawetan makanan yaitu pendinginan, pengeringan, pengemasan, pengalengan, penggunaan bahan kimia, pemanasan, teknik fermentasi, dan teknik iradiasi (Winarno, 1993).

Pendinginan adalah penyimpanan bahan pangan di atas suhu pembekuan bahan yaitu -2 sampai $+10$ °C. Cara pengawetan dengan suhu rendah lainnya yaitu pembekuan. Pembekuan adalah penyimpanan bahan pangan dalam keadaan beku yaitu pada suhu 12 sampai -24 °C. Pembekuan cepat (quick freezing) dilakukan pada suhu -24 sampai -40 °C. Pendinginan biasanya dapat mengawetkan bahan pangan selama beberapa hari atau minggu tergantung pada macam bahan

panganya, sedangkan pembekuan dapat mengawetkan bahan pangan untuk beberapa bulan atau kadang beberapa tahun. Perbedaan lain antara pendinginan dan pembekuan adalah dalam hal pengaruhnya terhadap keaktifan mikroorganisme di dalam bahan pangan. Penggunaan suhu rendah dalam pengawetan pangan tidak dapat membunuh bakteri, sehingga jika bahan pangan beku misalnya di keluarkan dari penyimpanan dan di biarkan mencair kembali (thawing), pertumbuhan bakteri pembusuk kemudian berjalan cepat kembali. Pendinginan dan pembekuan masing-masing juga berbeda pengaruhnya terhadap rasa, tekstur, nilai gizi, dan sifat-sifat lainnya. Beberapa bahan pangan menjadi rusak pada suhu penyimpanan yang terlalu rendah (Winarno, 1993).

Kadar air adalah persentase kandungan air suatu bahan yang dapat dinyatakan berdasarkan berat basah (wet basis) atau berdasarkan berat kering (dry basis). Kadar air berat basah mempunyai batas maksimum teoritis sebesar 100 persen, sedangkan kadar air berdasarkan berat kering dapat lebih dari 100 persen (Syarif dan Halid, 1993).

Kadar air merupakan pemegang peranan penting, kecuali temperatur maka aktivitas air mempunyai tempat tersendiri dalam proses pembusukan dan ketengikan. Kerusakan bahan makanan pada umumnya merupakan proses mikrobiologis, kimiawi, enzimatik atau kombinasi antara ketiganya. Berlangsungnya ketiga proses tersebut memerlukan air dimana kini telah diketahui bahwa hanya air bebas yang dapat membantu berlangsungnya proses tersebut.

Kadar air suatu bahan biasanya dinyatakan dalam persentase berat bahan basah, misalnya dalam gram air untuk setiap 100 gr bahan disebut kadar air berat basah. Berat bahan kering adalah berat bahan setelah mengalami pemanasan beberapa waktu tertentu sehingga beratnya tetap (konstan). Pada proses pengeringan air yang terkandung dalam bahan tidak dapat seluruhnya diuapkan (Ahmad, 2014).

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam bahan yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada bahan pangan, karena air dapat mempengaruhi penampakan, tekstur, dan cita rasa pada bahan pangan. Kadar air dalam bahan pangan ikut menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan tersebut, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan pada bahan pangan (Winarno, 1997).

Air ada yang berbentuk bebas, ada pula yang terikat baik didalam matriks bahan maupun didalam jaringannya. Air yang berbentuk bebas sangat mudah menguap karena biasanya terdapat pada permukaan bahan pangan. Kadar air perlu diukur untuk menentukan umur simpan suatu bahan pangan. Dengan demikian, suatu produsen makanan olahan dapat langsung mengetahui umur simpan produknya tanpa harus menunggu sampai produknya busuk.

Kadar air dalam suatu bahan seperti jus, kacang merah, dan susu termasuk juga tepung-tepungan. Metode yang digunakan adalah oven pengering. Pengeringan adalah suatu metode untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan cara menguapkan air tersebut dengan

menggunakan energi panas. Biasanya kandungan air bahan tersebut dikurangi sampai suatu batas agar mikroba tidak dapat tumbuh lagi didalamnya. Prinsip dari metode oven pengering adalah bahwa air yang terkandung dalam suatu bahan akan menguap bila bahan tersebut dipanaskan pada suhu 105°C selama waktu tertentu. Perbedaan antara berat sebelum dan sesudah dipanaskan adalah kadar (Ahmad, 2014).

Kandungan air dalam bahan ikut menentukan kesegaran dan daya tahan bahan itu sendiri. Sebagian besar dari perubahan-perubahan bahan makanan terjadi dalam media air yang ditambahkan atau berasal dari bahan itu sendiri (Winarno, 1999).

Kadar air yoghurt pada pengamatan hari ke-0 sampai hari ke-15 dan dilakukan pada suhu 43-45°C berkisar antara 83,31-84% (Wahyudi, 2013).

Analisis	Hari ke-				SNI
	0	5	10	15	
Kadar protein (%)	2,82	2,88	2,91	2,94	3,5
Kadar lemak (%)	2,2	2,3	2,3	2,3	Maksimum 3,8
Kadar air (%)	84	83,75	84,60	83,31	
Kadar abu (%)	0,71	0,78	0,78	0,8	Maksimum 1,0
pH	4,26	4,15	3,73	3,74	
Total asam (%)	1,55	1,59	1,65	1,71	0,5-2,0
Vitamin C (ppm)	4,1	-	-	-	
Mineral					
Mg (mg/kg)	76,12	-	-	-	
Ca (mg/kg)	811	-	-	-	
K (mg/kg)	7.613	-	-	-	
Na (mg/kg)	2.460	-	-	-	

Semakin tinggi suhu penyimpanan maka kadar air akan semakin meningkat begitupun sebaliknya semakin rendah suhu penyimpanan maka peningkatan kadar air semakin kecil. Hal tersebut disebabkan suhu yang rendah dapat memperlambat laju respirasi, laju reaksi enzimatik dan reaksi-reaksi kimia maupun mikrobiologi

yang menimbulkan kerusakan pangan, umumnya kerusakan pangan dapat ditandai dengan meningkatnya kadar air yang dihasilkan dari reaksi-reaksi tersebut, sebaliknya laju respirasi, laju reaksi kimia, enzimatis maupun mikrobiologi dapat berlangsung lebih cepat pada suhu yang lebih tinggi (Effendi 2009).

Dibandingkan dengan hasil penelitian yang diperoleh, nilai kadar air berbeda dari standar yang ditetapkan. Hal ini kemungkinan disebabkan proses pengolahannya dan bentuk produk akhirnya yang berbeda.

4.2.2. Angka Lempeng Total

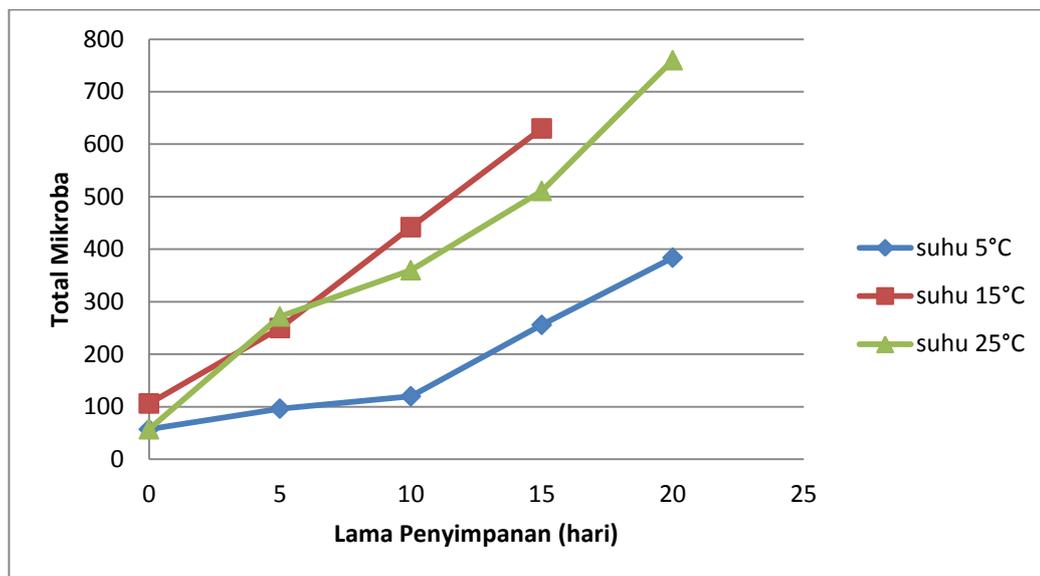
Pada pendugaan umur simpan dilakukan pengujian parameter yang mempengaruhi mutu produk sebelum disimpan untuk periode tertentu. Parameter yang diamati pada *smoothies black mulberry* sebelum dilakukan penyimpanan meliputi angka lempeng total metode *total plate count*. Parameter tersebut dianalisis mulai awal penyimpanan pada hari ke-0.

Data hasil total mikroba pada *smoothies black mulberry*, dapat dilihat tabel 6, bahwa total mikroba cenderung naik selama waktu penyimpanan pada suhu 5⁰C, 15⁰C dan 25⁰C. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka tingkat pertumbuhan mikroba juga akan semakin tinggi.

Tabel 5. Hasil Analisis Total Mikroba Produk Selama Penyimpanan

Lama Penyimpanan (Hari)	Jumlah Total Mikroba (cfu/ml)		
	5 ⁰ C	15 ⁰ C	25 ⁰ C
0	5,71 x 10 ¹	5,71 x 10 ¹	5,71 x 10 ¹
5	9,65 x 10 ¹	10,62 x 10 ¹	27,2 x 10 ¹
10	12,0 x 10 ¹	25,0 x 10 ¹	36,0 x 10 ¹
15	25,6 x 10 ¹	44,2 x 10 ¹	51,1 x 10 ¹
20	38,4 x 10 ¹	63,0 x 10 ¹	76,0 x 10 ¹

Untuk lebih jelasnya data tersebut diplotkan ke dalam kurva pada gambar 5.



Gambar 5. Grafik Total Mikroba Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda

Berdasarkan data hasil perhitungan kadar air pada sampel *smoothies black mulberry* yang disimpan pada suhu yang berbeda, didapat hasil umur simpan sebagai berikut:

Tabel 6. Umur Simpan Smoothies Black Mulberry berdasarkan Total Mikroba

Suhu	Umur Simpan
5°C	0,11 hari
15°C	0,09 hari
25°C	0,07 hari

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2985-1992) yaitu cemaran mikroba adalah maksimal $2,0 \times 10^2$. Dari data tersebut dapat diketahui bahwa *Smoothies Black Mulberry* yang disimpan pada suhu 5°C hingga penyimpanan 10 hari apabila dilihat dari jumlah total mikroorganisme masih aman untuk dikonsumsi dengan total mikroorganisme sebanyak $12,0 \times 10^1$ cfu/ml. Sedangkan *smoothies* yang disimpan pada suhu 15°C hingga hari ke-5 masih memenuhi

standar. Tetapi setelah dihitung dengan metode arrhenius, produk hanya bertahan kurang dari 1 hari dan tidak aman untuk dikonsumsi.

Dibandingkan dengan hasil penelitian yang diperoleh, ternyata total mikroba jauh dari standar yang ditetapkan. Hal ini kemungkinan disebabkan proses pengolahannya dan bentuk produk akhirnya yang berbeda.

Selain kadar air, kerusakan produk pangan juga disebabkan oleh kandungan mikroba. Kandungan mikroba, selain mempengaruhi mutu produk pangan juga menentukan keamanan produk tersebut dikonsumsi. Pertumbuhan mikroba pada produk pangan dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik. Faktor intrinsik mencakup keasaman (pH), aktivitas air (a_w), equilibrium humidity (Eh), kandungan nutrisi, struktur biologis, dan kandungan antimikroba. Faktor ekstrinsik meliputi suhu penyimpanan, kelembapan relatif, serta jenis dan jumlah gas pada lingkungan (Arpah 2001). Untuk menentukan tingkat keamanan produk pangan berdasarkan kandungan mikroba, digunakan parameter beberapa jenis mikroba yang terkandung dalam produk pangan.

Tabel 7. Syarat Mutu Minuman Sari Buah

No.	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan - Aroma - Rasa	- -	Normal Normal
2.	Padatan Terlarut	%	Min. 13,5
3.	Bahan Tambahan Makanan - Pemanis Buatan - Pewarna Tambahan - Pengawet	- - -	Tidak boleh ada Sesuai SNI 01-0222 Sesuai SNI 01-0222
4.	Cemaran Logam - Timbal (Pb) - Tembaga (Cu) - Seng (Zn) - Timah (Sn) - Raksa (Hg) - Arsen (Ar)	Mg/Kg	Maks. 0,3 Maks. 5,0 Maks. 5,0 Maks. 40,0 Maks. 0,03 Maks. 0,2
5.	Cemaran Mikroba - Angka Lempeng Total - Koliform - <i>E. Coli</i> - <i>Salmonella</i> - <i>S. aureus</i> - <i>Vibrio sp.</i> - Kapang - Khamir	Koloni/ml APM/ml APM/ml - Koloni/ml Koloni/ml Koloni/ml Koloni/ml	Maks. 2×10^2 Maks. 20 Maks. 3 Negatif 0 Negatif Mkas. 50 Maks. 50

Sumber : Standar Nasional Indonesia (1992)

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 01-2985-1992) yaitu cemaran mikroba adalah maksimal $2,0 \times 10^2$. Dari data SNI tersebut dapat diketahui bahwa sirup temulawak, madu dan ekstrak ikan gabus yang disimpan pada suhu 5°C hingga penyimpanan 4 minggu apabila dilihat dari jumlah total mikroorganisme masih aman untuk dikonsumsi dengan rata-rata jumlah total mikroorganisme pada minggu ke empat sebanyak $14,6 \times 10^1$. Sedangkan sirup yang disimpan pada suhu 25°C (total mikroorganisme $6,1 \times 10^2$) dan 35°C (total mikroorganisme $7,6 \times 10^2$) sudah tidak aman untuk dikonsumsi (Suwita, 2013).

Perhitungan total mikroorganisme menggunakan prinsip hitungan cawan yaitu dengan menggunakan PCA (Plate Count Agar) sebagai suatu medium pemupukan sehingga semua mikroba termasuk bakteri, kapang, dan khamir dapat tumbuh dengan baik pada medium tersebut (Fardiaz, 1993). Rata – rata jumlah total mikroba pada sirup yang disimpan pada suhu 5°C lebih sedikit dibandingkan dengan sirup yang disimpan pada suhu tinggi disebabkan karena kebanyakan mikroorganisme tahan terhadap suhu rendah sampai suhu pembekuan dan walaupun pertumbuhan dan pembelahan mungkin terhambat, sel–sel bakteri dapat tahan hidup untuk jangka waktu cukup lama pada suhu pendinginan $\pm 5^{\circ}\text{C}$ (Buckle, 1985).

Penggunaan suhu rendah dalam pengawetan bahan tidak dapat menyebabkan kematian mikroba sehingga bila bahan pangan dikeluarkan dari tempat penyimpanan dan dibiarkan mencair kembali (thawing) pertumbuhan mikroba pembusuk dapat berjalan dengan cepat. Suhu di dalam alat pendingin adalah berkisar antara 0-5° C, pertumbuhan hampir semua mikroorganisme tetap tumbuh lambat pada suhu tersebut dan spora bakteri tetap bertahan hidup. Rata – rata jumlah total mikroba yang disimpan pada suhu 25°C mengalami peningkatan yang sangat cepat disebabkan karena suhu 25°C termasuk suhu optimum pertumbuhan mikroba. Berdasarkan suhu optimumnya yaitu antara 20°C–45°C, kebanyakan bakteri digolongkan dalam bakteri mesofilik, dalam keadaan optimum bakteri memperbanyak diri dengan cepat. Dari satu sel menjadi dua hanya memerlukan waktu 20 menit dan seterusnya tumbuh dan kebanyakan

kapang adalah mesofilik dan mempunyai suhu optimum sekitar 25 – 30°C atau suhu kamar (Muctadi, 2010).

Hasil analisis kadar air dan angka lempeng total pada suhu 25⁰C dari *smoothies strawberry* dari cafe di daerah Setiabudi adalah *smoothies strawberry* memiliki kadar air sebanyak 75,19% dan angka lempeng total sebesar 4,5x10¹ cfu/ml.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini akan menguraikan kesimpulan saran dari hasil penelitian yang telah dilakukan.

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian pendugaan umur simpan *smoothies black mulberry* ini adalah sebagai berikut;

1. Berdasarkan penelitian penentuan umur simpan dengan metode Arrhenius dengan suhu penyimpanan yang berbeda menghasilkan *smoothies black mulberry* dengan umur simpan yang berbeda.
2. Berdasarkan hasil analisis dengan parameter kadar air, *smoothies black mulberry* dalam kemasan botol memiliki umur simpan 0,37 hari, 0,15 hari dan 0,36 hari.
3. Berdasarkan hasil analisis dengan parameter angka lempeng total, *smoothies black mulberry* dalam kemasan botol memiliki umur simpan 0,11 hari, 0,09 hari dan 0,07 hari.
4. Berdasarkan hasil analisis dengan parameter kadar air, *smoothies black mulberry* dengan suhu penyimpanan yang berbeda-beda memiliki umur simpan 0,37 hari pada suhu 5°C, 0,15 hari pada suhu 15°C, dan 0,36 hari pada suhu 25°C.
5. Berdasarkan hasil analisis dengan parameter angka lempeng total, *smoothies black mulberry* dengan suhu penyimpanan yang berbeda-beda memiliki umur simpan 0,11 hari pada suhu 5°C, 0,09 hari pada suhu 15°C, dan 0,07 hari pada suhu 25°C.

6. Hasil analisis viskositas pada *smoothies black mulberry* yang dianalisis menggunakan alat viskometer, diperoleh kekentalan *smoothies black mulberry* yaitu sebesar 28 d.Pas.

5.2. Saran

1. Perlu dilakukan penyimpanan pada suhu dan kelembaban relatif yang terkendali di ruang penyimpanan, karena suhu dan kelembaban relatif udara di ruang penyimpanan pada penelitian ini tidak terkendali.
2. Perlu dilakukan penelitian berdasarkan parameter lain terhadap umur simpan *smoothies black mulberry*.
3. Perlu dilakukan penentuan umur simpan dengan beberapa parameter suhu.
4. Proses dan alat sterilisasi lebih diperhatikan .

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2014). **Penentuan umur Simpan Minuman Campuran Nanas-Cempedak.**
<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/jpasca/article/view/2458>.
Diakses : 11 Mei 2016
- Afriani. (2013). **Viskositas.**
<https://rissaafriani.wordpress.com/2013/01/10/praktikum-viskositas-menggunakan-viskometer/>. Diakses : 17 Oktober 2016
- Ahmad. (2014). **Pendugaan Umur Simpan Minuman Buah.**
<http://eprints.ung.ac.id/3180/3/2012-1-1002-612309025-bab2-10082012043452.pdf>. Diakses : 17 Oktober 2016
- Anagari. (2011). **Penentuan Umur Simpan Minuman Fungsional Sari Akar Alang-Alang.** <http://pertanian.trunojoyo.ac.id/wp-content/uploads/2012/10/JURNAL6-Penentuan-Umur-Simpan-Minuman-fungsional-Sari-Akar-Alang-Alang-dengan-Metode-Accelerated-Shelf-Life-Testing-ASLT.pdf>. Diakses : 11 Mei 2016
- Andriani. (2012). **Pengertian Smoothie.** <http://lutfiandriani.blogspot.co.id/2012/03/pengertian-smoothie.html>. Diakses : 23 April 2016
- Arif. (2008). **Pendugaan Umur Simpan Minuman Sari Buah Sirsak.**
https://www.researchgate.net/publication/259367430_PENDUGAAN_UMUR_SIMPAN_MINUMAN_SARI_BUAH_SIRSAK_Anonna_muricata_L_BERDASARKAN_PARAMETER_KERUSAKAN_FISIK_DAN_KIMI_A_DENGAN_METODE_ACCELERATED_SHELF_LIFE_TESTING_A_SLT. Diakses : 11 Mei 2016
- Arpah. (2001). **Penentuan Kadarluwarsa Produk Pangan.** Program Studi Ilmu Pangan, Institut Pertanian Bogor
- Astawan. (2010). **Manfaat Black Mulberry untuk Kesehatan.**
<http://www.duniainformasikesehatan.com/2010/04/manfaat-blackmulberry-untuk-kesehatan.html>. Diakses : 23 April 2016
- Baedhowie. (1983). **Methods Of Analysis Food Technology,** Arlington, Virginia.

- Bucil. (2012). **Umur Simpan Produk Pangan**. <https://bumikecil.wordpress.com/2012/07/22/umur-simpan-produk-pangan>. Diakses : 22 April 2016
- Buckle. K.A. Edward, R.A. Fleet, G.A. dan Wooton. M. 1987. **Ilmu Pangan**. Penerbit Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Budi. (2010). **Mengenal Perbedaan Jus dan Smoothies**. <http://www.sheentin.com/kesehatan/mengenal-perbedaan-jus-dan-smoothies.html>. Diakses : 23 April 2016
- Dalimartha. (2002). **Black Mulberry**. http://ccrc.farmasi.ugm.ac.id/?page_id=2317. Diakses : 22 April 2016
- Fardiaz. (1992). **Mikrobiologi Pangan**. Bogor: Dirjen Pendidikan Tinggi, Dekdikbud, PAU IPB.
- Febrianto. (2012). **Penentuan Umur Simpan Sirup Pala dengan Metode ASLT**. <http://download.portalgaruda.org/article-Penentuan-Umur-Simpan-Sirup-Pala-Menggunakan-Metode-ASLT-Accelerated-Shelf-Life-Testing-Dengan-Pendekatan-Arrhenius>. Diakses : 22 April 2016
- Fellows. (2000). **Food Processing Technology**. Principles and Practice. 2nd Ed. WoodheadPublishing Ltd., Cambridge, England.
- Handayani. (2016). **Optimalisasi Black Mulberry (Morus Nigra L.) dengan Metode Design Expert**. Universitas Pasundan. Bandung
- Herawati. (2013). **Penentuan Umur Simpan**. http://tekpan.unimus.ac.id/wp-content/uploads/2013/11/p3274082_penentuan_umur_simpan-libre.pdf. Diakses : 17 Oktober 2016
- Hidayat. (2008). **Dekstrin**. <https://ptp2007.wordpress.com/2008/01/22/dekstrin/>. Diakses : 24 April 2016
- Imam. (2014). **Kandungan dan Manfaat Buah Murbei**. <http://nangimam.blogspot.co.id/2014/01/kandungan-dan-manfaat-buah-murbei.html>. Diakses : 22 April 2016
- Indayati. (2013). **Pengemasan**. <http://blog.umy.ac.id/amirilia/agribisnis/pengemasan>. Diakses : 22 April 2016
- Kusumawati. (2015). **Gula Pasir**. <http://www.kerjanya.net/faq/17928-gula-pasir.html>. Diakses : 24 April 2016

- Labuza. (1982). **Shelf-Life Dating of Food. Food and Nutrition.** Press Inc. Westport.Connecticut.
- Media. (2012). **Lama Daya Tahan Makanan.**
<http://www.herbal.web.id/2012/10/ketahui-berapa-lama-daya-tahan-makanan.html>. Diakses : 23 April 2016
- Moechtar. (1990). **Farmasi Fisik.** UGM-press. Yogyakarta
- Naja. (2014). **Perbedaan Jus dan Smoothie.**
<http://www.jushehat.com/2014/04/apa-perbedaan-jus-dan-smoothie.html>.
 Diakses : 23 April 2016
- Olvista. (2012). **Perbedaan Jus dan Smoothies.** <http://olvista.com/kesehatan/jus-dan-smoothie-apa-bedanya/>. Diakses : 23 April 2016
- Pradiska. (2012). **Teknologi Pembotolan pada Produk.**
<http://pradiskagita.blogspot.co.id/2012/06/teknologi-pembotolan-pada-produk.html>. Diakses : 22 April 2016
- Pustaka. (2013). **Perbedaan Jus Buah dan Smoothies.**
<http://www.kawanpustaka.com/40-articles/600-perbedaan-antara-jus-buah-dan-smoothie>. Diakses : 23 April 2016
- Rachman. (2015). **Asam Sitrat.** [http:// resepkimiaindustri.blogspot.co.id/2015/04/asam-sitrat.html](http://resepkimiaindustri.blogspot.co.id/2015/04/asam-sitrat.html). Diakses : 24 April 2016
- Rahmawati. (2010). **Pengemasan Jus Mangga dengan Botol.**
<http://yuphyehahaa.blogspot.co.id/2010/11/pengemasan-jus-buah-mangga-dengan-botol.html>. Diakses : 22 April 2016
- Setianto. (2014). **Yoghurt Drink dengan Penambahan Ekstrak Salak Pondoh.**
[http://journal.ift.or.id/files/33110113%20Nilai%20pH,%20Viskositas,%20dan%20Tekstur%20Yoghurt%20Drink%20dengan%20Penambahan%20Ekstrak%20Salak%20Pondoh%20\(Salacca%20zalacca\).pdf](http://journal.ift.or.id/files/33110113%20Nilai%20pH,%20Viskositas,%20dan%20Tekstur%20Yoghurt%20Drink%20dengan%20Penambahan%20Ekstrak%20Salak%20Pondoh%20(Salacca%20zalacca).pdf). Diakses : 10 Desember 2016
- Sugeng. (2013). **Jenis Kerusakan Bahan Pangan.**
<http://pengolahanpangan.blogspot.co.id/2013/12/jenis-jenis-kerusakan-bahan-pangan.html>. Diakses : 24 April 2016
- Sudarmadji. S. B. Haryono, Suhardi. (2010). **Analisis Bahan Makanan dan Pertanian.** Liberty. Yogyakarta.

- Sutomo. (2016). **Mengenal Jus dan Smoothies.** <https://www.sahabatnestle.co.id/content/view/mengenal-jus-smoothie-lassi-dan-milkshake.html>. Diakses : 23 April 2016
- Suwita. (2010). **Penentuan Umur Simpan Sirup Temulawak Ikan Gabus.** <http://www.suwitakomang.com/penentuan-umur-simpan-sirup-temulawak-ikan-gabus.html>. Diakses : 11 Mei 2016
- Syamsir. (2012). **Pendugaan Umur Simpan.** <http://ilmupangan.blogspot.co.id/2012/05/pendugaan-umur-simpan-produk-pangan.html>. Diakses : 22 April 2016
- Syarief. R., S.Santausa, St.Ismayana B. (1989). **Teknologi Pengemasan Pangan.** LaboratoriumRekayasa Proses Pangan, PAU Pangan dan Gizi, IPB
- Syarief dan Halid. (1993). **Teknologi Penyimpanan Pangan.** Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Taufik. (2014). **Pendugaan Umur Simpan.** <http://www.mohtaufik.com/2014/02/pendugaan-umur-simpan-shelf-life-produk.html>. Diakses : 17 Oktober 2016
- Tranggono. S. Haryadi, Suparmo. A. Murdiati, S. Sudarmadji, K. Rahayu, S. Naruki, dan M. Astuti. (1991). **Bahan Tambahan Makanan (Food Additive).** PAU Pangan dan Gizi UGM, Yogyakarta
- Wahyudi. (2013). **Pendugaan Umur Simpan Minuman Buah.** <http://blog.ub.ac.id/airintan/files/2013/12/bt111064.pdf>. Diakses : 17 Oktober 2016
- Wardanu. (2009). **Penggunaan Gum Xanthan dalam Industri.** <https://apwardhanu.wordpress.com/2009/07/01/penggunaan-gum-xanthan-dalam-industri/>. Diakses : 24 April 2016
- Winarno. F.G. (1993). **Kimia Pangan dan Gizi.** PTGramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wing. (2010). **Pengenalan Packaging.** <http://packaging-development.blogspot.co.id/2010/05/pengenalan-packaging-produk.html>. Diakses : 22 April 2016
- Yunita. (2007). **Manfaat Buah Murbei.** <http://www.rumahbunda.com/nutrition-health/manfaat-buah-murbei-untuk-kesehatan-dan-kecantikan/>. Diakses : 23 April 2016

LAMPIRAN

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Bahan Baku dan Penunjang Penelitian Pendahuluan

A. Perhitungan Formulasi dalam botol

No	Bahan baku dan penunjang	Basis	Jumlah
1	<i>Black Mulberry</i>	58,1 %	$\frac{58,1}{100} \times 300 \text{ gr} = 174,3 \text{ gr}$
2	Larutan Gula	24,3 %	$\frac{24,3}{100} \times 300 \text{ gr} = 72,9 \text{ gr}$
3	Asam Sitrat	0,1 %	$\frac{0,1}{100} \times 300 \text{ gr} = 0,3 \text{ gr}$
4	Gum Arab	10,3 %	$\frac{10,3}{100} \times 300 \text{ gr} = 30,9 \text{ gr}$
5	Gum Xanthan	0,4 %	$\frac{0,4}{100} \times 300 \text{ gr} = 1,2 \text{ gr}$
6	Dekstrin	6,8 %	$\frac{6,8}{100} \times 300 \text{ gr} = 20,4 \text{ gr}$
Total		100 %	300 gr

B. Total Kebutuhan Bahan Baku dan Penunjang Penelitian Pendahuluan

No	Bahan baku dan penunjang	Jumlah
1	<i>Black Mulberry</i>	$\frac{174,3 \text{ gr}}{250 \text{ mL}} \times 15 \text{ mL} = 10,458 \text{ gr}$
2	Larutan Gula	$\frac{72,9 \text{ gr}}{250 \text{ mL}} \times 15 \text{ mL} = 4,374 \text{ gr}$
3	Asam Sitrat	$\frac{0,3 \text{ gr}}{250 \text{ mL}} \times 15 \text{ mL} = 0,018 \text{ gr}$
4	Gum Arab	$\frac{30,9 \text{ gr}}{250 \text{ mL}} \times 15 \text{ mL} = 1,854 \text{ gr}$
5	Gum Xanthan	$\frac{1,2 \text{ gr}}{250 \text{ mL}} \times 15 \text{ mL} = 0,072 \text{ gr}$
6	Dekstrin	$\frac{20,4 \text{ gr}}{250 \text{ mL}} \times 15 \text{ mL} = 1,224 \text{ gr}$

C. Perhitungan Kebutuhan Untuk Pengujian

No.	Viskositas	Kadar Air	Total Mikroba	Total
1.	100 mL	2 mL	10 mL	112 mL

Lampiran 2. Perhitungan untuk Botol yang Digunakan

1 botol x 3 suhu x 3 ulangan = 9 botol / hari

9 botol x 7 hari = 63 botol

Jadi total kebutuhan botol adalah 63 botol

Lampiran 3. Pengujian Kadar Air Metode Gravimetri (Sudarmadji, 2010)

Metode percobaan pada penentuan kadar air dengan metode gravimetri yaitu botol timbang dikeringkan pada temperatur 105°C selama 30 menit. Setelah didinginkan dalam eksikator selama 10 menit, kemudian ditimbang untuk di dapatkan W_0 atau berat awal. Kemudian 1-2 gram *smoothies black mulberry dimasukkan* dalam botol timbang, kemudian dikeringkan pada temperatur 105°C hingga bebas air selama ± 120 menit. Setelah didinginkan di luar 5 menit kemudian masukan ke dalam eksikator selama 15 menit, botol timbang dan isinya ditimbang. Pekerjaan dilakukan hingga konstan.

Perhitungan :

$$\% \text{ Air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100 \%$$

Keterangan :

W_0 = Cawan kosong konstan

W_1 = Cawan konstan dan sampel

W_2 = Cawan dan sampel konstan

Lampiran 4. Penetapan viskositas dengan alat Viskometer (Baedhowie, 1983)

Sampel sebanyak 100 ml dimasukkan kedalam gelas kimia plastik sampai tanda batas dan diaduk terlebih dahulu, bandul (spidel) dengan ukuran yang sesuai dimasukkan kedalam sampel yang akan diukur kekentalannya, kemudian batang pengaduk diatur berdasarkan nomor spidel 1, 2 dan 3. Alat viskometer dinyalakan dan dicatat berapa nilai yang ditunjukkan oleh alat tersebut berdasarkan spidel yang digunakan, nilai dicatat dalam satuan dPa.s.

Lampiran 5. Pengujian Total Mikroba Metode Total Plate Count (TPC) (Fardiaz,1992)

Prosedur :

Penentuan jumlah mikroba dilakukan dengan metode *total plate count*. Sterilisasi cawan petri, tabung reaksi, dan pipet dalam oven pada suhu 210⁰C selama 2 jam. Sampel diambil sebanyak 1 ml, ditambahkan 9 ml air steril dalam tabung reaksi, kemudian dikocok sampai homogen. Setelah itu dipipet 1 ml larutan tersebut dimasukkan dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml air steril dan dihomogenkan (pengenceran ke 1) sampai pengenceran ketiga. Dari setiap pengenceran diambil 1 ml lalu dimasukkan kedalam cawan petri steril, kemudian kedalam cawan tersebut ditambahkan agar kuning (*plate count agar*) encer yang telah disterilkan dan diaduk sampai dengan merata lalu dibiarkan hingga membeku kemudian disimpan dalam inkubator dalam keadaan terbalik dan dibungkus dengan rapi pada suhu 37,5⁰C selama 24 jam lalu koloni dihitung. Satu bintik agar merupakan satu koloni mikroba.

Ketentuan :

Σ koloni/sel = Σ koloni/pengenceran

Jika < 30 maka pengenceran yang paling pekat yang diambil

Jika > 30 maka pengenceran yang paling encer yang diambil

Jika 30 < Σ koloni < 300, maka gunakan rumus

Perhitungan :

$$\Sigma \text{ koloni/gram} = \frac{\Sigma \text{ koloni/sel terbanyak}}{\Sigma \text{ koloni/sel terkecil}} = A$$

Lampiran 6. Data hasil analisis kadar air metode gravimetri terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.

Kadar Air Metode Gravimetri untuk produk smoothies black mulberry (R1)

Waktu Penyimpanan (hari)	Suhu Penyimpanan		
	5°C	15°C	25°C
	Kadar Air (%)		
0	76,97	76,97	76,97
5	76,33	76,07	79,48
10	75,84	75,93	81,87
15	75,51	75,56	83,05
20	75,17	75,36	85,97

Dik :

W0 = 30,562 gram (berat cawan konstan)

W1 = 32,759 gram (berat cawan konstan+sampel)

W2 = 31,068 gram (berat cawan konstan+sampel konstan)

Dit : Kadar Air ?

$$\% \text{ kadar air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ kadar air} = \frac{32,759 - 31,068}{32,759 - 30,562} \times 100\%$$

$$\% \text{ kadar air} = 76,9686\% = \mathbf{76,97\%}$$

Perhitungan Regresi Linear Kadar Air pada suhu 5°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	76,97	0	0	5924,3809
5	76,33	381,65	25	5826,2689
10	75,84	758,4	100	5751,7056
15	75,51	1132,65	225	5701,7601
20	75,17	1503,4	400	5650,5289
$\sum x = 50$	$\sum y = 379,82$	$\sum xy = 3776,1$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 28.854,6444$

$$a = 76,85 \quad b = -0,088 \quad r = -0,99$$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(379,82)(750) - (50)(3776,1)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$a = 76,85$$

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(5 \times 3776,1) - (50)(379,82)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$b = -0,088$$

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{(5 \times 3776,1) - (50)(379,82)}{\sqrt{((5 \times 750) - (50)^2) \times ((5 \times 28.854,6444) - (379,82)^2)}}$$

$$r = -0,99$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 76,85 - 0,088x$

Tabel perhitungan regresi linear kadar air pada suhu 15°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	76,97	0	0	5924,3809
5	76,07	380,35	25	5786,6449
10	75,93	759,3	100	5765,3649
15	75,56	1133,4	225	5709,3136
20	75,36	1507,2	400	5679,1296
$\sum x = 105$	$\sum y = 529,96$	$\sum xy = 7906,4$	$\sum x^2 = 2275$	$\sum y^2 = 40.125,3844$

$$a = 76,72 \quad b = -0,075 \quad r = -0,95$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 76,72 - 0,075x$

Tabel perhitungan regresi linear kadar air pada suhu 25°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	76,97	0	0	5924,3809
5	79,48	397,4	25	6317,0704
10	81,87	818,7	100	6702,6969
15	83,05	1245,75	225	6897,3025
20	85,97	1719,4	400	7390,8409
$\sum x = 50$	$\sum y = 407,34$	$\sum xy = 4181,25$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 33.232,2916$

$$a = 77,15 \quad b = 0,431 \quad r = -0,99$$

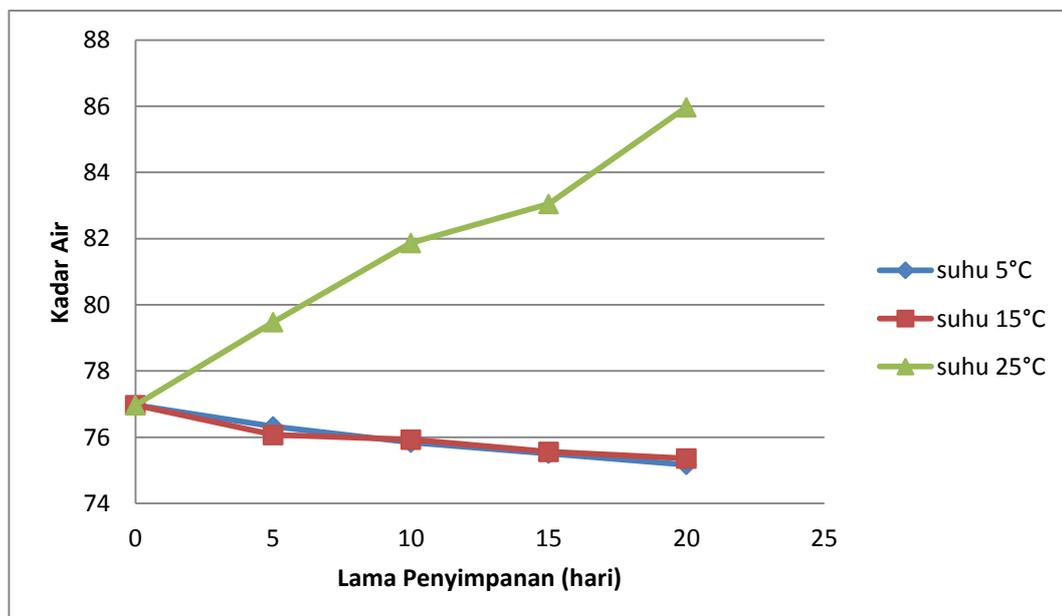
sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 77,154 + 0,431x$

dengan demikian untuk penyimpanan pada suhu 5°C, 15°C dan 25°C persamaan

regresinya adalah

Tabel Persamaan Regresi Linear Kadar Air pada Tiap Suhu

Suhu	Persamaan Regresi	R	Nilai a	Nilai b
5°C	$Y = 76,85 - 0,088x$	-0,99	76,85	- 0,088
15°C	$Y = 76,72 - 0,075x$	-0,95	76,72	- 0,075
25°C	$Y = 77,15 + 0,431x$	-0,99	77,15	0,431



Grafik Kadar Air Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda

Tabel Hasil Nilai 1/T dan ln k Berdasarkan Kadar Air Setiap Suhu Penyimpanan

T ^o C	T +273	1/T	b= k	ln k
5 ^o C	278	0,003597122302	0,088	-2,4304
15 ^o C	288	0,003472222222	0,075	-2,5903
25 ^o C	298	0,003355704698	0,431	-0,8416

1/T (x)	ln k (y)	x ²	y ²	xy
0,003597122302	-2,4304	1,293928886x10 ⁻⁵	5,9068	-0,008742
0,003472222222	-2,5903	1,205632716x10 ⁻⁵	6,7096	-0,008994
0,003355704698	-0,8416	1,126075402x10 ⁻⁵	0,7084	-0,002824

Selanjutnya apabila nilai ln k ini diterapkan ke dalam rumus arrhenius, yaitu :

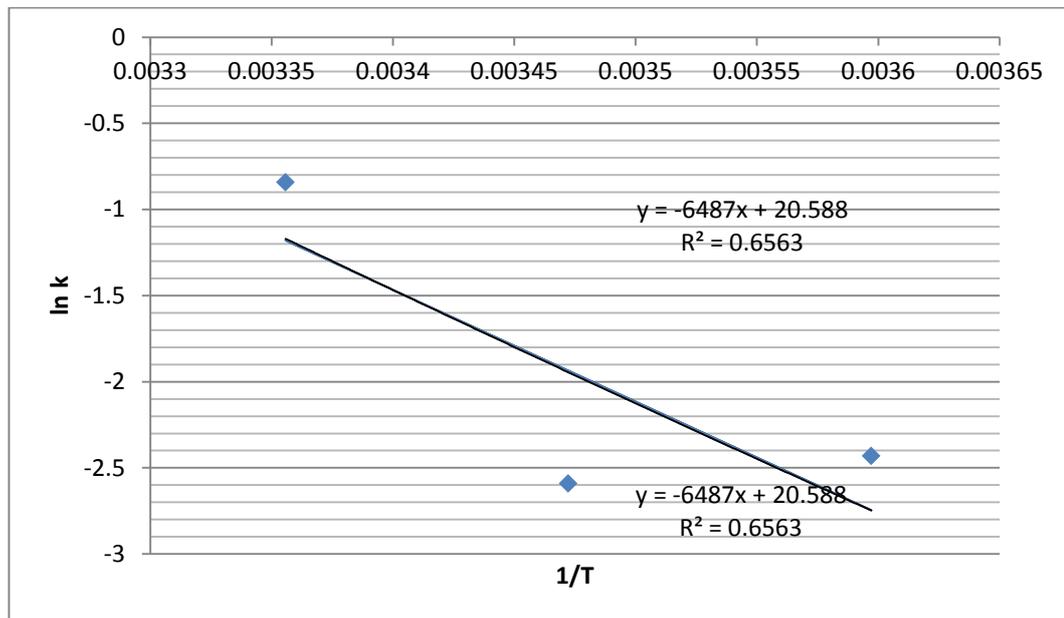
$$k = k_0 \times e^{-E/RT}$$

$$\text{atau } \ln k = \ln k_0 - E/RT$$

karena ln k₀ dan -Ea/R merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai :

$$\ln k = A + B \times 1/T$$

sehingga apabila setiap nilai k dan 1/T diplotkan dalam sebuah kurva, maka akan diperoleh data :



Grafik Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan Kadar Air

Sehingga didapat persamaan regresi $\ln k = -6487x + 20,588$

Tabel perhitungan regresi linear nilai k dengan $1/T$

$1/T$ (x)	$\ln k$ (y)	x^2	y^2	xy
0,003597122302	-2,4304	$1,293928886 \times 10^{-5}$	5,9068	-0,008742
0,003472222222	-2,5903	$1,205632716 \times 10^{-5}$	6,7096	-0,008994
0,003355704698	-0,8416	$1,126075402 \times 10^{-5}$	0,7084	-0,002824

Maka : $A = 20,588$; $B = -6487$; $r = 0,65$

Dengan demikian nilai E_a dapat diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = -6487$$

$$R = 1,986 \text{ kal/mol } ^\circ\text{K}$$

$$E_a = 1,986 \times 6487$$

$$E_a = 12.883,182$$

dan nilai k_0 diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = 20,588$$

$$k_0 = 873.483.676,6$$

dengan demikian persamaan Arrhenius untuk laju peningkatan kadar air produk adalah :

$$k = k_0 \times e^{B(1/T)}$$

dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu :

$$\text{Suhu } 5^\circ\text{C}, \quad k = 873.483.676,6 \times e^{-6487 \times (1/(273+5))}$$

$$k = 0,064/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 15^\circ\text{C}, \quad k = 873.483.676,6 \times e^{-6487 \times (1/(273+15))}$$

$$k = 0,144/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C}, \quad k = 873.483.676,6 \times e^{-6487 \times (1/(273+25))}$$

$$k = 0,307/\text{hari}$$

dengan kinetika reaksi ordo nol, $t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$ dimana

A_t = nilai batas kritis/batas mutu akhir

A_0 = nilai mutu awal produk

Maka umur simpan produk dapat dihitung sebagai berikut :

Suhu 5°C :

$$t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$$

$$t_s = \frac{\ln 76,97 - \ln 75,17}{0,064}$$

$$t_s = 0,37 \text{ hari}$$

Suhu 15°C :

$$ts = \frac{\ln 76,97 - \ln 75,36}{0,144}$$

ts = 0,15 hari

Suhu 25°C:

$$ts = \frac{\ln 76,97 - \ln 85,97}{0,307}$$

ts = 0,36 hari

Perhitungan Q10

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 5°C – 15°C

$$Q10 = \frac{ts(t1)}{ts(t2)} = \frac{0,37}{0,15} = 2,47$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 15°C – 25°C

$$Q10 = \frac{ts(t2)}{ts(t3)} = \frac{0,15}{0,36} = 0,42$$

Lampiran 7. Data hasil analisis kadar air metode gravimetri terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.

Tabel Kadar Air Metode Gravimetri untuk produk smoothies black mulberry (R2)

Waktu Penyimpanan (hari)	Suhu Penyimpanan		
	5°C	15°C	25°C
	Kadar Air (%)		
0	76,91	76,91	76,91
5	76,37	76,03	79,47
10	75,79	75,87	81,68
15	75,17	75,53	83,11
20	75,14	75,22	85,95

Dik :

W0 = 26,852 gram (berat cawan konstan)

W1 = 28,965 gram (berat cawan konstan+sampel)

W2 = 27,340 gram (berat cawan konstan+sampel konstan)

Dit : Kadar Air ?

$$\% \text{ kadar air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ kadar air} = \frac{28,965 - 27,340}{28,965 - 26,852} \times 100\%$$

$$\% \text{ kadar air} = 76,9049\% = \mathbf{76,91\%}$$

Tabel perhitungan regresi linear kadar air pada suhu 5°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	76,91	0	0	5915,1481
5	76,37	381,85	25	5832,3769
10	75,79	757,9	100	5744,1241
15	75,17	1127,55	225	5650,5289
20	75,14	1502,8	400	5646,0196
$\sum x = 50$	$\sum y = 379,38$	$\sum xy = 3770,1$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 28.788,1976$

$$a = 76,82 \quad b = -0,095 \quad r = -0,97$$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(379,38)(750) - (50)(3770,1)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$a = 76,82$$

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(5 \times 3770,1) - (50)(379,38)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$b = -0,095$$

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{(5 \times 3770,1) - (50)(379,38)}{\sqrt{((5 \times 750) - (50)^2) \times ((5 \times 28.788,1976) - (379,38)^2)}}$$

$$r = -0,97$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 76,82 - 0,095x$

Tabel perhitungan regresi linear kadar air pada suhu 15°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	Xy	x ²	y ²
0	76,91	0	0	5915,1481
5	76,03	380,15	25	5780,5609
10	75,87	758,7	100	5756,2569
15	75,53	1132,95	225	5704,7809
20	75,22	1504,4	400	5658,0484
$\sum x = 50$	$\sum y = 379,56$	$\sum xy = 3776,2$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 28.814,7952$

$$a = 76,69 \quad b = -0,078 \quad r = -0,96$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 76,69 - 0,078x$

Tabel perhitungan regresi linear kadar air pada suhu 25°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	76,91	0	0	5915,1481
5	79,47	397,35	25	6315,4809
10	81,68	816,8	100	6671,6224
15	83,11	1246,65	225	6907,2721
20	85,95	1719	400	7387,4025
$\sum x = 50$	$\sum y = 407,12$	$\sum xy = 4179,8$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 33.196,926$

$$a = 77,08 \quad b = 0,434 \quad r = -0,99$$

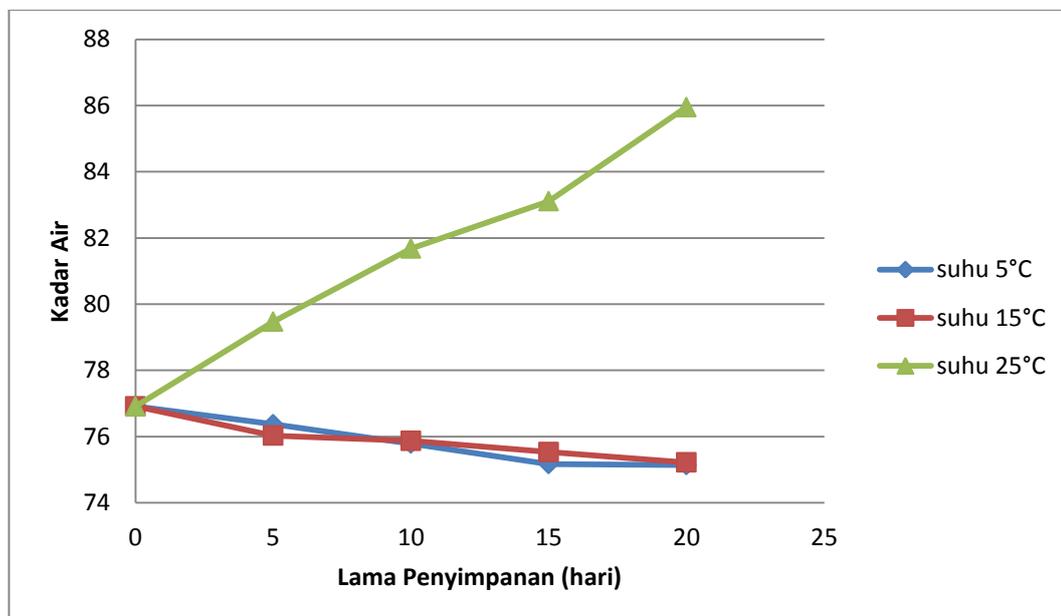
sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 77,08 + 0,434x$

dengan demikian untuk penyimpanan pada suhu 5°C, 15°C dan 25°C persamaan

regresinya adalah

Tabel persamaan regresi linear kadar air pada tiap suhu

Suhu	Persamaan Regresi	R	Nilai a	Nilai b
5°C	$Y = 76,82 - 0,095x$	-0,97	76,82	- 0,095
15°C	$Y = 76,69 - 0,078x$	-0,96	76,69	- 0,078
25°C	$Y = 77,08 + 0,434x$	-0,99	77,08	0,434



Grafik Kadar Air Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda

Tabel Hasil Nilai 1/T dan ln k Berdasarkan Kadar Air Setiap Suhu Penyimpanan

T ^o C	T +273	1/T	b= k	ln k
5 ^o C	278	0,003597122302	0,095	-2,35388
15 ^o C	288	0,003472222222	0,078	-2,55105
25 ^o C	298	0,003355704698	0,434	-0,83471

1/T (x)	ln k (y)	x ²	y ²	xy
0,003597122302	-2,35388	1,293928886x10 ⁻⁵	5,5407	-0,00846719
0,003472222222	-2,55105	1,205632716x10 ⁻⁵	6,5079	-0,00885781
0,003355704698	-0,83471	1,126075402x10 ⁻⁵	0,6967	-0,002801043

Selanjutnya apabila nilai ln k ini diterapkan ke dalam rumus arrhenius, yaitu :

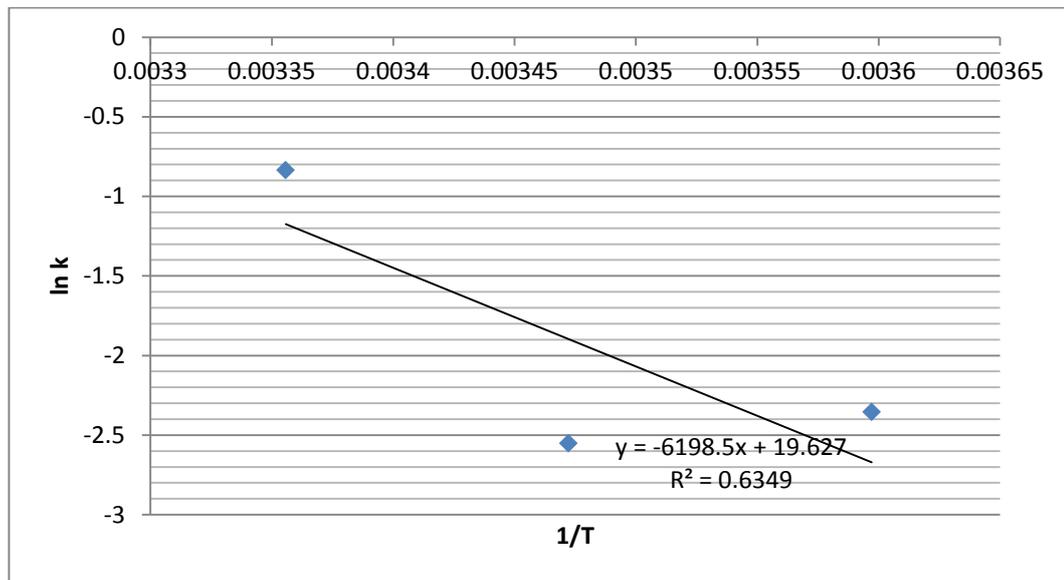
$$k = k_0 \times e^{-E/RT}$$

$$\text{atau } \ln k = \ln k_0 - E/RT$$

karena ln k₀ dan -Ea/R merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai :

$$\ln k = A + B \times 1/T$$

sehingga apabila setiap nilai k dan 1/T diplotkan dalam sebuah kurva, maka akan diperoleh data :



Grafik Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan Kadar Air

Sehingga didapat persamaan regresi $\ln k = -6198,5 X + 19,627$

Tabel perhitungan regresi linear nilai k dengan $1/T$

$1/T$ (x)	$\ln k$ (y)	x^2	y^2	xy
0,003597122302	-2,35388	$1,293928886 \times 10^{-5}$	5,5407	-0,00846719
0,003472222222	-2,55105	$1,205632716 \times 10^{-5}$	6,5079	-0,00885781
0,003355704698	-0,83471	$1,126075402 \times 10^{-5}$	0,6967	-0,002801043

Maka : $A = 19,627$; $B = -6198,5$; $r = -0,63$

Dengan demikian nilai E_a dapat diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = -6198,5$$

$$R = 1,986 \text{ kal/mol } ^\circ\text{K}$$

$$- E_a = 1,986 \times -6198,5$$

$$E_a = 12.310,221$$

dan nilai k_0 diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = 19,627$$

$$k_0 = 334.116.402,3$$

dengan demikian persamaan Arrhenius untuk laju peningkatan kadar air produk adalah :

$$k = k_0 \times e^{B(1/T)}$$

dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu :

$$\text{Suhu } 5^\circ\text{C}, \quad k = 334.116.402,3 \times e^{-6198,5 \times (1/(273+5))}$$

$$k = 0,069/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 15^\circ\text{C}, \quad k = 334.116.402,3 \times e^{-6198,5 \times (1/(273+15))}$$

$$k = 0,150/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C}, \quad k = 334.116.402,3 \times e^{-6198,5 \times (1/(273+25))}$$

$$k = 0,309/\text{hari}$$

dengan kinetika reaksi ordo nol, $t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$ dimana

A_t = nilai batas kritis/batas mutu akhir

A_0 = nilai mutu awal produk

Maka umur simpan produk dapat dihitung sebagai berikut :

Suhu 5°C :

$$t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$$

$$t_s = \frac{\ln 76,91 - \ln 75,14}{0,069}$$

$$t_s = 0,34 \text{ hari}$$

Suhu 15°C.

$$ts = \frac{\ln 76,91 - \ln 75,22}{0,150}$$

$$ts = 0,15 \text{ hari}$$

Suhu 25°C:

$$ts = \frac{\ln 76,91 - \ln 85,95}{0,309}$$

$$ts = 0,36 \text{ hari}$$

Perhitungan Q10

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 5°C – 15°C

$$Q10 = \frac{ts(t1)}{ts(t2)} = \frac{0,34}{0,15} = 2,27$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 15°C – 25°C

$$Q10 = \frac{ts(t2)}{ts(t3)} = \frac{0,15}{0,36} = 0,42$$

Lampiran 8. Data hasil analisis kadar air metode gravimetri terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.

Kadar Air Metode Gravimetri untuk produk smoothies black mulberry (R3)

Waktu Penyimpanan (hari)	Suhu Penyimpanan		
	5°C	15°C	25°C
	Kadar Air (%)		
0	76,93	76,93	76,93
5	76,37	76,09	79,47
10	75,69	75,71	81,86
15	75,56	75,51	83,06
20	75,06	75,19	85,96

Dik :

W0 = 31,003 gram (berat cawan konstan)

W1 = 32,256 gram (berat cawan konstan+sampel)

W2 = 31,292 gram (berat cawan konstan+sampel konstan)

Dit : Kadar Air ?

$$\% \text{ kadar air} = \frac{W_1 - W_2}{W_1 - W_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ kadar air} = \frac{32,256 - 31,292}{32,256 - 31,003} \times 100\%$$

$$\% \text{ kadar air} = 76,9354\% = \mathbf{76,93\%}$$

Tabel perhitungan regresi linear kadar air pada suhu 5°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	76,93	0	0	5918,2249
5	76,37	381,85	25	5832,3769
10	75,69	756,9	100	5728,9761
15	75,56	1133,4	225	5709,3136
20	75,06	1501,2	400	5634,0036
$\sum x = 50$	$\sum y = 379,61$	$\sum xy = 3773,35$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 28.822,8951$

$$a = 76,83 \quad b = -0,091 \quad r = -0,98$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 76,83 - 0,091x$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(379,61)(750) - (50)(3773,35)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$a = 76,83$$

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(5 \times 3773,35) - (50)(379,61)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$b = -0,091$$

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{(5 \times 3773,35) - (105)(379,61)}{\sqrt{((5 \times 750) - (50)^2) \times ((5 \times 28.822,8951) - (379,61)^2)}}$$

$$r = -0,98$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 76,83 - 0,091x$

Tabel perhitungan regresi linear kadar air pada suhu 15°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	76,93	0	0	5918,2249
5	76,09	380,45	25	5789,6881
10	75,71	757,1	100	5732,0041
15	75,51	1132,65	225	5701,7601
20	75,19	1503,8	400	5653,5361
$\sum x = 50$	$\sum y = 379,43$	$\sum xy = 3774$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 28.795,2133$

$$a = 76,69 \quad b = -0,081 \quad r = -0,96$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 76,69 - 0,081x$

Tabel perhitungan regresi linear kadar air pada suhu 25°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	76,93	0	0	5918,2249
5	79,47	397,35	25	6315,4809
10	81,86	818,6	100	6701,0596
15	83,06	1245,9	225	6898,9636
20	85,96	1719,2	400	7389,1216
$\sum x = 50$	$\sum y = 407,28$	$\sum xy = 4181,05$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 33.222,8506$

$$a = 77,13 \quad b = 0,433 \quad r = 0,99$$

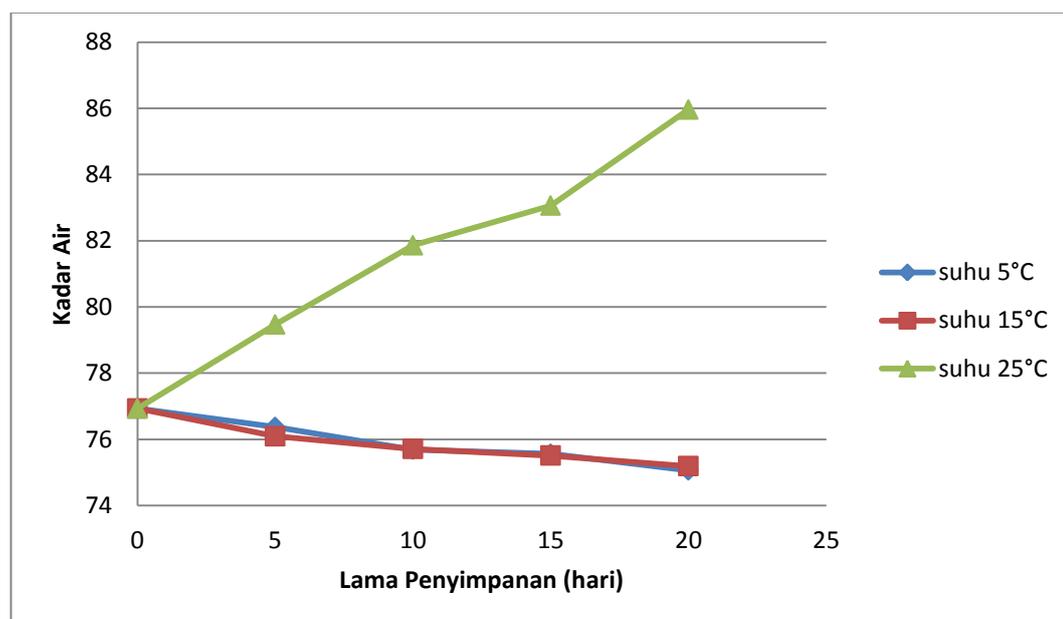
sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 77,13 + 0,433x$

dengan demikian untuk penyimpanan pada suhu 5°C, 15°C dan 25°C persamaan

regresinya adalah

Tabel persamaan regresi linear kadar air pada tiap suhu

Suhu	Persamaan Regresi	R	Nilai a	Nilai b
5°C	$Y = 76,83 - 0,091x$	-0,98	76,55	- 0,091
15°C	$Y = 76,69 - 0,081x$	-0,96	76,69	- 0,081
25°C	$Y = 77,123 + 0,433x$	0,99	77,13	0,433



Grafik Kadar Air Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda

Tabel Hasil Nilai 1/T dan ln k Berdasarkan Kadar Air Setiap Suhu Penyimpanan

T ^o C	T +273	1/T	b= k	ln k
5 ^o C	278	0,003597122302	0,091	-2,3969
15 ^o C	288	0,003472222222	0,081	-2,5133
25 ^o C	298	0,003355704698	0,433	-0,8370

1/T (x)	ln k (y)	x ²	y ²	xy
0,003597122302	-2,3969	1,293928886x10 ⁻⁵	5,7451	-0,0086219
0,003472222222	-2,5133	1,205632716x10 ⁻⁵	6,3167	-0,0087267
0,003355704698	-0,8370	1,126075402x10 ⁻⁵	0,7006	-0,0098634

Selanjutnya apabila nilai ln k ini diterapkan ke dalam rumus arrhenius, yaitu :

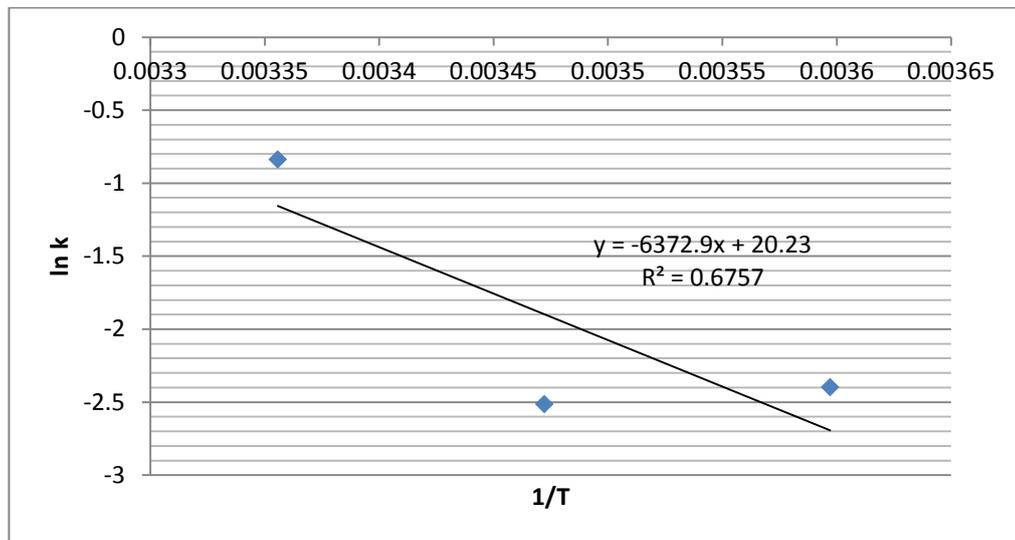
$$k = k_0 \times e^{-E/RT}$$

$$\text{atau } \ln k = \ln k_0 - E/RT$$

karena ln k₀ dan -Ea/R merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai :

$$\ln k = A + B \times 1/T$$

sehingga apabila setiap nilai k dan 1/T diplotkan dalam sebuah kurva, maka akan diperoleh data :



Grafik Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan Kadar Air

Sehingga didapat persamaan regresi $\ln k = -6372,9 x + 20,23$

Tabel perhitungan regresi linear nilai k dengan $1/T$

$1/T$ (x)	$\ln k$ (y)	x^2	y^2	xy
0,003597122302	-2,3969	$1,293928886 \times 10^{-5}$	5,7451	-0,0086219
0,003472222222	-2,5133	$1,205632716 \times 10^{-5}$	6,3167	-0,0087267
0,003355704698	-0,8370	$1,126075402 \times 10^{-5}$	0,7006	-0,0098634

Maka : $A = 20,23$; $B = -6372,9$; $r = -0,67$

Dengan demikian nilai E_a dapat diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = -6372,9$$

$$R = 1,986 \text{ kal/mol } ^\circ\text{K}$$

$$-E_a = 1,986 \times -6372,9$$

$$E_a = 12.656,5794$$

dan nilai k_0 diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = 20,23$$

$$k_0 = 610.628.919,8$$

dengan demikian persamaan Arrhenius untuk laju peningkatan kadar air produk adalah :

$$k = k_0 \times e^{B(1/T)}$$

dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu :

$$\text{Suhu } 5^{\circ}\text{C}, \quad k = 610.628.919,8 \times e^{-6372,9 \times (1/(273+5))}$$

$$k = 0,068/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 15^{\circ}\text{C}, \quad k = 610.628.919,8 \times e^{-6372,9 \times (1/(273+15))}$$

$$k = 0,149/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C}, \quad k = 610.628.919,8 \times e^{-6372,9 \times (1/(273+25))}$$

$$k = 0,315/\text{hari}$$

dengan kinetika reaksi ordo nol, $ts = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$ dimana

A_t = nilai batas kritis/batas mutu akhir

A_0 = nilai mutu awal produk

Maka umur simpan produk dapat dihitung sebagai berikut :

Suhu 5°C :

$$ts = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$$

$$ts = \frac{\ln 76,93 - \ln 75,06}{0,068}$$

$$ts = 0,37 \text{ hari}$$

Suhu 15°C .

$$ts = \frac{\ln 76,93 - \ln 75,19}{0,149}$$

$$ts = 0,15 \text{ hari}$$

Suhu 25°C:

$$t_s = \frac{\ln 76,93 - \ln 85,96}{0,315}$$

$$t_s = 0,35 \text{ hari}$$

Perhitungan Q10

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 5°C – 15°C

$$Q_{10} = \frac{t_s(t_1)}{t_s(t_2)} = \frac{0,37}{0,15} = 2,47$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 15°C – 25°C

$$Q_{10} = \frac{t_s(t_2)}{t_s(t_3)} = \frac{0,15}{0,35} = 0,42$$

Lampiran 9. Data hasil analisis angka lempeng total metode TPC terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.

Hasil Angka Lempeng Total

Lama Penyimpanan (Hari)	Jumlah Total Mikroba (cfu/ml)		
	5 ⁰ C	15 ⁰ C	25 ⁰ C
0	5,71 x 10 ¹	5,71 x 10 ¹	5,71 x 10 ¹
5	9,65 x 10 ¹	10,62 x 10 ¹	27,2 x 10 ¹
10	12,0 x 10 ¹	25,0 x 10 ¹	36,0 x 10 ¹
15	25,6 x 10 ¹	44,2 x 10 ¹	51,1 x 10 ¹
20	38,4 x 10 ¹	63,0 x 10 ¹	76,0 x 10 ¹

Tabel Perhitungan Regresi Linear Jumlah Total Mikroba Pada Suhu 5⁰C

Lama Penyimpanan (x)	Total Mikroba (y)	xy	x ²	y ²
0	57,1	0	0	3260,41
5	96,5	482,5	25	9312,25
10	120	1200	100	14.400
15	256	3840	225	65.536
20	384	7680	400	147.456
∑x = 50	∑y = 913,6	∑xy = 13.202,5	∑x ² = 750	∑y ² = 239.964,66

$$a = 20,06 \quad b = 16,27 \quad r = 0,95$$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(913,6)(750) - (50)(13.202,5)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$a = 20,06$$

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(5 \times 13.202,5) - (50)(913,6)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$b = 16,27$$

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{(5 \times 13.202,5) - (50)(913,6)}{\sqrt{((5 \times 750) - (50)^2) \times ((5 \times 239.964,66) - (913,6)^2)}}$$

$$r = 0,95$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 20,06 + 16,27x$

Tabel perhitungan regresi linear total mikroba pada suhu 15°C

Lama Penyimpanan (x)	Total Mikroba (y)	xy	x ²	y ²
0	57,1	0	0	3260,41
5	106,2	531	25	11.278,44
10	250	2500	100	62.500
15	442	6630	225	195.364
20	630	12.600	400	396.900
$\sum x = 50$	$\sum y = 1485,3$	$\sum xy = 22.261$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 669.302,85$

$$a = 0,74 \quad b = 29,63 \quad r = 0,98$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 0,74 + 29,63x$

Tabel perhitungan regresi linear total mikroba pada suhu 25°C

Lama Penyimpanan (x)	Total Mikroba (y)	xy	x ²	y ²
0	57,1	0	0	3260,41
5	272	1360	25	73.984
10	360	3600	100	129.600
15	511	7664	225	261.121
20	760	15.200	400	577.600
$\sum x = 50$	$\sum y = 1960,1$	$\sum xy = 27.824$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 1.045.565,41$

$$a = 63,06 \quad b = 32,89 \quad r = 0,98$$

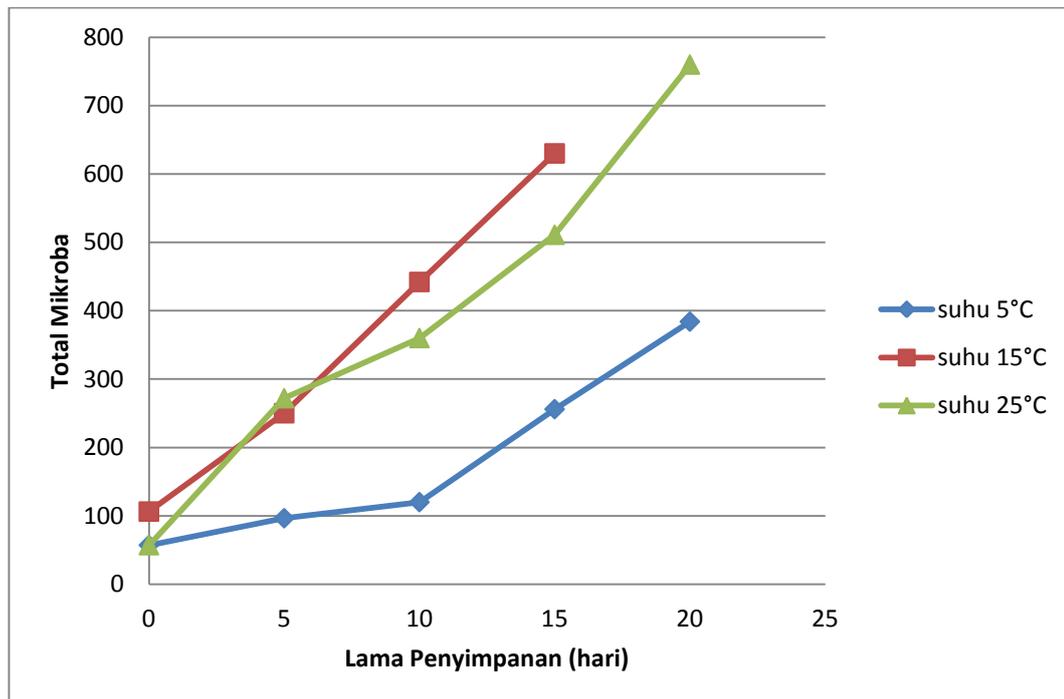
sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 63,06 + 32,89x$

dengan demikian untuk penyimpanan pada suhu 5°C, 15°C dan 25°C persamaan

regresinya adalah

Tabel persamaan regresi linear total mikroba pada tiap suhu

Suhu	Persamaan Regresi	r	Nilai a	Nilai b
5°C	$Y = 20,06 + 16,27x$	0,95	20,06	16,27
15°C	$Y = 0,74 + 29,63x$	0,98	0,74	29,63
25°C	$Y = 63,06 + 32,89x$	0,98	63,06	32,89



Grafik Total Mikroba Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda

Tabel Hasil Nilai $1/T$ dan $\ln k$ Berdasarkan Total Mikroba Setiap Suhu Penyimpanan

T°C	T +273	1/T	b= k	ln k
5°C	278	0,003597122302	16,27	2,78932
15°C	288	0,003472222222	29,63	3,38879
25°C	298	0,003355704698	32,89	3,49317

1/T (x)	ln k (y)	x ²	y ²	xy
0,003597122302	2,78932	1,293928886x10 ⁻⁵	7,7803	0,010033
0,003472222222	3,38879	1,205632716x10 ⁻⁵	11,4839	0,011767
0,003355704698	3,49317	1,126075402x10 ⁻⁵	12,2022	0,011722

Selanjutnya apabila nilai $\ln k$ ini diterapkan ke dalam rumus arrhenius, yaitu :

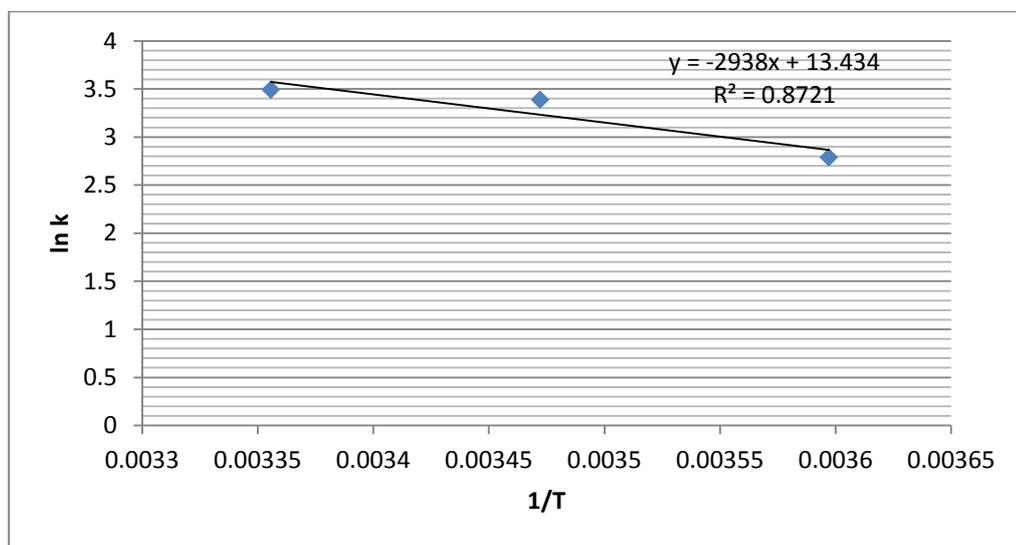
$$k = k_0 \times e^{-E/RT}$$

$$\text{atau } \ln k = \ln k_0 - E/RT$$

karena $\ln k_0$ dan $-E_a/R$ merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai :

$$\ln k = A + B \times 1/T$$

sehingga apabila setiap nilai k dan $1/T$ diplotkan dalam sebuah kurva, maka akan diperoleh data :



Grafik Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan Total Mikroba

Sehingga didapat persamaan regresi $\ln k = -2938 + 13,434$

Tabel perhitungan regresi linear nilai k dengan $1/T$

$1/T$ (x)	$\ln k$ (y)	x^2	y^2	xy
0,003597122302	2,78932	$1,293928886 \times 10^{-5}$	7,7803	0,010033
0,003472222222	3,38879	$1,205632716 \times 10^{-5}$	11,4839	0,011767
0,003355704698	3,49317	$1,126075402 \times 10^{-5}$	12,2022	0,011722

Maka : $A = 13,434$; $B = -2938$; $r = 0,87$

Dengan demikian nilai E_a dapat diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = -2938$$

$$R = 1,986 \text{ kal/mol } ^\circ\text{K}$$

$$-E_a = 1,986 \times -2938$$

$$E_a = 5.834,868$$

dan nilai ko diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = 13,434$$

$$k_0 = 682.829,1767$$

dengan demikian persamaan Arrhenius untuk laju peningkatan kadar air produk adalah :

$$k = k_0 \times e^{B(1/T)}$$

dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu :

$$\text{Suhu } 5^\circ\text{C}, \quad k = 682.829,1767 \times e^{-2938 \times (1/(273+5))}$$

$$k = 17,56/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 15^\circ\text{C}, \quad k = 682.829,1767 \times e^{-2938 \times (1/(273+15))}$$

$$k = 25,34/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C}, \quad k = 682.829,1767 \times e^{-2938 \times (1/(273+25))}$$

$$k = 35,69/\text{hari}$$

dengan kinetika reaksi ordo nol, $t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$ dimana

A_t = nilai batas kritis/batas mutu akhir

A_0 = nilai mutu awal produk

Maka umur simpan produk dapat dihitung sebagai berikut :

Suhu 5°C :

$$t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$$

$$ts = \frac{\ln 57,1 - \ln 384}{17,56}$$

$$ts = 0,11 \text{ hari}$$

Suhu 15°C:

$$ts = \frac{\ln 57,1 - \ln 630}{25,34}$$

$$ts = 0,09 \text{ hari}$$

Suhu 25°C:

$$ts = \frac{\ln 57,1 - \ln 760}{35,69}$$

$$ts = 0,07 \text{ hari}$$

Perhitungan Q10

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 5°C – 15°C

$$Q10 = \frac{ts(t1)}{ts(t2)} = \frac{0,11}{0,09} = 1,22$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 15°C – 25°C

$$Q10 = \frac{ts(t2)}{ts(t3)} = \frac{0,09}{0,07} = 1,28$$

Lampiran 10. Data hasil analisis angka lempeng total metode TPC terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.

Hasil Angka Lempeng Total

Lama Penyimpanan (Hari)	Jumlah Total Mikroba (cfu/ml)		
	5 ^o C	15 ^o C	25 ^o C
0	5,76 x 10 ¹	5,76 x 10 ¹	5,76 x 10 ¹
5	9,61 x 10 ¹	10,61 x 10 ¹	27,1 x 10 ¹
10	12,5 x 10 ¹	25,4 x 10 ¹	36,2 x 10 ¹
15	25,4 x 10 ¹	44,6 x 10 ¹	51,5 x 10 ¹
20	38,2 x 10 ¹	63,4 x 10 ¹	76,2 x 10 ¹

Tabel Perhitungan Regresi Linear Jumlah Total Mikroba Pada Suhu 5^oC

Lama Penyimpanan (x)	Total Mikroba (y)	xy	x ²	y ²
0	57,6	0	0	3317,76
5	96,1	480,5	25	9235,21
10	125	1250	100	15.625
15	254	3810	225	64.516
20	382	7640	400	145.924
∑x = 50	∑y = 914,7	∑xy = 13.180,5	∑x ² = 750	∑y ² = 23.8617,97

$$a = 21,6 \quad b = 16,134 \quad r = 0,95$$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(914,7)(750) - (50)(13.180,5)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$a = 21,6$$

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(5 \times 13.180,5) - (50)(914,7)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$b = 16,134$$

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{(5 \times 13.180,5) - (105)(914,7)}{\sqrt{((5 \times 750) - (50)^2) \times ((5 \times 23.8617,97) - (914,7)^2)}}$$

$$r = 0,95$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 21,6 + 16,134x$

Tabel perhitungan regresi linear total mikroba pada suhu 15°C

Lama Penyimpanan (x)	Total Mikroba (y)	xy	x ²	y ²
0	57,6	0	0	3317,76
5	106,1	530,5	25	11.257,21
10	254	2540	100	64.516
15	446	6690	225	198.916
20	634	12.680	400	401.956
$\Sigma x = 50$	$\Sigma y = 1497,7$	$\Sigma xy = 22.440,5$	$\Sigma x^2 = 750$	$\Sigma y^2 = 679.962,97$

$$a = 1 \quad b = 29,854 \quad r = 0,98$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 1 + 29,854x$

Tabel perhitungan regresi linear total mikroba pada suhu 25°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	57,6	0	0	3317,76
5	271	1355	25	73.441
10	362	3620	100	131.044
15	515	7725	225	265.225
20	762	15.240	400	580.644
$\Sigma x = 50$	$\Sigma y = 1967,6$	$\Sigma xy = 27.940$	$\Sigma x^2 = 750$	$\Sigma y^2 = 1.053.671,76$

$$a = 62,96 \quad b = 33,056 \quad r = 0,99$$

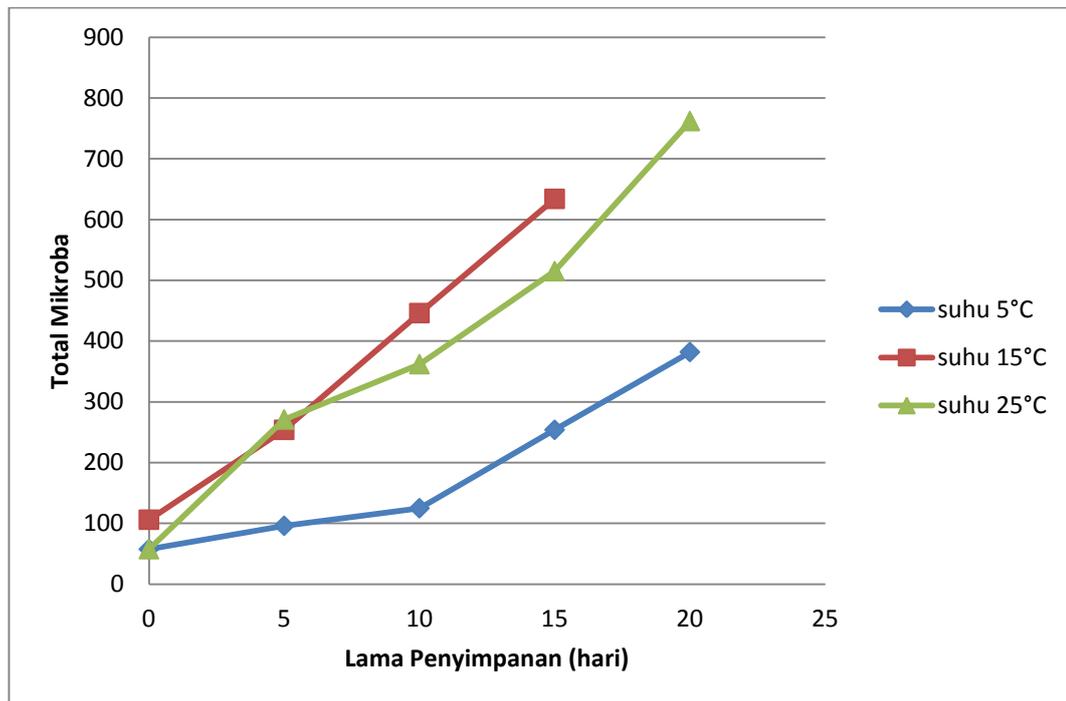
sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 62,96 + 33,056x$

dengan demikian untuk penyimpanan pada suhu 5°C, 15°C dan 25°C persamaan

regresinya adalah

Tabel persamaan regresi linear total mikroba pada tiap suhu

Suhu	Persamaan Regresi	r	Nilai a	Nilai b
5°C	$Y = 21,6 + 16,134x$	0,95	21,6	16,134
15°C	$Y = 1 + 29,854x$	0,98	1	29,854
25°C	$Y = 62,96 + 33,056x$	0,99	62,96	33,056



Grafik Total Mikroba Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda

Tabel Hasil Nilai $1/T$ dan $\ln k$ Berdasarkan Total Mikroba Setiap Suhu Penyimpanan

T°C	T +273	1/T	b= k	ln k
5°C	278	0,003597122302	16,134	2,7809
15°C	288	0,003472222222	29,854	3,3963
25°C	298	0,003355704698	33,056	3,4982

1/T (x)	ln k (y)	x ²	y ²	xy
0,003597122302	2,7809	1,293928886x10 ⁻⁵	7,733	0,010003
0,003472222222	3,3963	1,205632716x10 ⁻⁵	11,535	0,011792
0,003355704698	3,4982	1,126075402x10 ⁻⁵	12,237	0,011739

Selanjutnya apabila nilai $\ln k$ ini diterapkan ke dalam rumus arrhenius, yaitu :

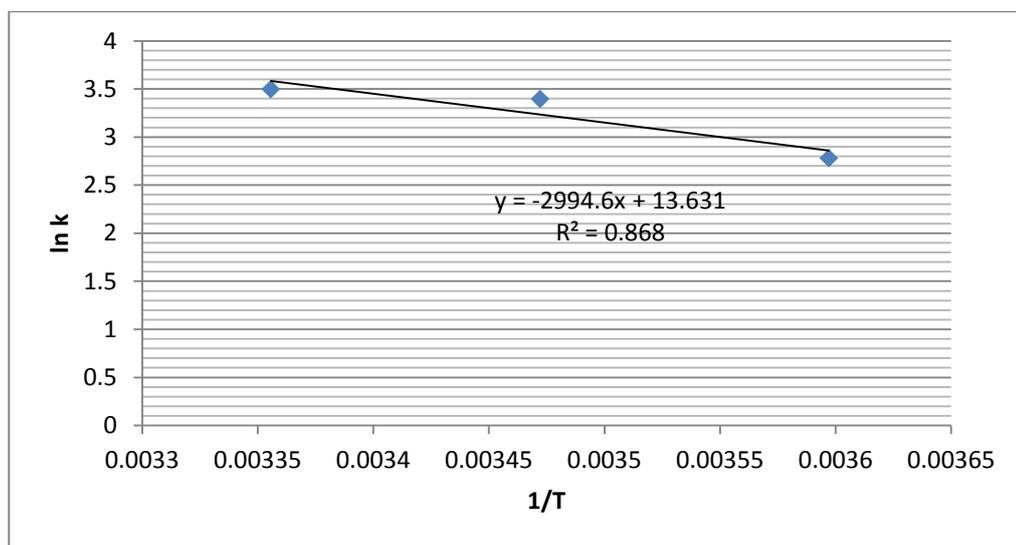
$$k = k_0 \times e^{-E/RT}$$

$$\text{atau } \ln k = \ln k_0 - E/RT$$

karena $\ln k_0$ dan $-E_a/R$ merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai :

$$\ln k = A + B \times 1/T$$

sehingga apabila setiap nilai k dan $1/T$ diplotkan dalam sebuah kurva, maka akan diperoleh data :



Grafik Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan Total Mikroba

Sehingga didapat persamaan regresi $\ln k = -2994,6x + 13,631$

Tabel perhitungan regresi linear nilai k dengan $1/T$

$1/T$ (x)	$\ln k$ (y)	x^2	y^2	xy
0,003597122302	2,7809	$1,293928886 \times 10^{-5}$	7,733	0,010003
0,003472222222	3,3963	$1,205632716 \times 10^{-5}$	11,535	0,011792
0,003355704698	3,4982	$1,126075402 \times 10^{-5}$	12,237	0,011739

Maka : $A = 13,631$; $B = -2994,6x$; $r = 0,868$

Dengan demikian nilai E_a dapat diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$-E_a/R = B$$

$$-E_a/R = -2994,6$$

$$R = 1,986 \text{ kal/mol } ^\circ\text{K}$$

$$-E_a = 1,986 \times -2994,6$$

$$E_a = 5.947,2756$$

dan nilai k_0 diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$\ln k_0 = A$$

$$\ln k_0 = 13,631$$

$$k_0 = 831.511,1608$$

dengan demikian persamaan Arrhenius untuk laju peningkatan kadar air produk adalah :

$$k = k_0 \times e^{B(1/T)}$$

dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu :

$$\text{Suhu } 5^\circ\text{C}, \quad k = 831.511,1608 \times e^{-2994,6 \times (1/(273+5))}$$

$$k = 17,44/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 15^\circ\text{C}, \quad k = 831.511,1608 \times e^{-2994,6 \times (1/(273+15))}$$

$$k = 25,36/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 25^\circ\text{C}, \quad k = 831.511,1608 \times e^{-2994,6 \times (1/(273+25))}$$

$$k = 35,94/\text{hari}$$

dengan kinetika reaksi ordo nol, $t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$ dimana

A_t = nilai batas kritis/batas mutu akhir

A_0 = nilai mutu awal produk

Maka umur simpan produk dapat dihitung sebagai berikut :

Suhu 5°C :

$$t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$$

$$ts = \frac{\ln 57,6 - \ln 382}{17,44}$$

$$ts = 0,11 \text{ hari}$$

Suhu 15°C:

$$ts = \frac{\ln 57,6 - \ln 634}{25,36}$$

$$ts = 0,09 \text{ hari}$$

Suhu 25°C:

$$ts = \frac{\ln 57,6 - \ln 762}{35,94}$$

$$ts = 0,07 \text{ hari}$$

Perhitungan Q10

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 5°C – 15°C

$$Q10 = \frac{ts(t1)}{ts(t2)} = \frac{0,11}{0,09} = 1,22$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 15°C – 25°C

$$Q10 = \frac{ts(t2)}{ts(t3)} = \frac{0,09}{0,07} = 1,28$$

Lampiran 11. Data hasil analisis angka lempeng total metode TPC terhadap smoothies black mulberry dalam kemasan botol kaca dengan model Arrhenius selama penyimpanan.

Hasil Angka Lempeng Total

Lama Penyimpanan (Hari)	Jumlah Total Mikroba (cfu/ml)		
	5 ⁰ C	15 ⁰ C	25 ⁰ C
0	5,73 x 10 ¹	5,73 x 10 ¹	5,73 x 10 ¹
5	9,61 x 10 ¹	10,63 x 10 ¹	27,6 x 10 ¹
10	12,2 x 10 ¹	25,1 x 10 ¹	36,1 x 10 ¹
15	25,2 x 10 ¹	44,5 x 10 ¹	51,4 x 10 ¹
20	38,2 x 10 ¹	63,4 x 10 ¹	76,1 x 10 ¹

Tabel Perhitungan Regresi Linear Jumlah Total Mikroba Pada Suhu 5⁰C

Lama Penyimpanan (x)	Total Mikroba (y)	xy	x ²	y ²
0	57,3	0	0	3283,29
5	96,1	480,5	25	9235,21
10	122	1220	100	14.884
15	252	3780	225	63.504
20	382	7640	400	145.924
∑x = 50	∑y = 909,4	∑xy = 13.120,5	∑x ² = 750	∑y ² = 236.830,5

$$a = 20,82 \quad b = 16,106 \quad r = 0,95$$

$$a = \frac{(\sum y)(\sum x^2) - (\sum x)(\sum xy)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$a = \frac{(909,4)(750) - (50)(13.120,5)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$a = 20,82$$

$$b = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{(5 \times 13.120,5) - (50)(909,4)}{(5 \times 750) - (50)^2}$$

$$b = 16,106$$

$$r = \frac{n\sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n\sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n\sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}}$$

$$r = \frac{(5 \times 13.120,5) - (50)(909,4)}{\sqrt{((5 \times 750) - (50)^2) \times ((5 \times 236.830,5) - (909,4)^2)}}$$

$$r = 0,95$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 20,82 + 16,106x$

Tabel perhitungan regresi linear total mikroba pada suhu 15°C

Lama Penyimpanan (x)	Total Mikroba (y)	xy	x ²	y ²
0	57,3	0	0	3283,29
5	106,3	531,5	25	11.299,69
10	251	2510	100	63.001
15	445	6675	225	198.025
20	634	12.680	400	401.956
$\sum x = 50$	$\sum y = 1493,6$	$\sum xy = 22.396,5$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 499.344,98$

$$a = 0,3 \quad b = 29,842 \quad r = 0,98$$

sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 0,3 + 29,842x$

Tabel perhitungan regresi linear total mikroba pada suhu 25°C

Lama Penyimpanan (x)	Kadar air (y)	xy	x ²	y ²
0	57,3	0	0	3283,29
5	276	1380	25	76.176
10	361	3610	100	130.321
15	514	7710	225	264.196
20	761	15.220	400	579.121
$\sum x = 50$	$\sum y = 1969,3$	$\sum xy = 27.920$	$\sum x^2 = 750$	$\sum y^2 = 1.053.097,29$

$$a = 64,78 \quad b = 32,908 \quad r = 0,99$$

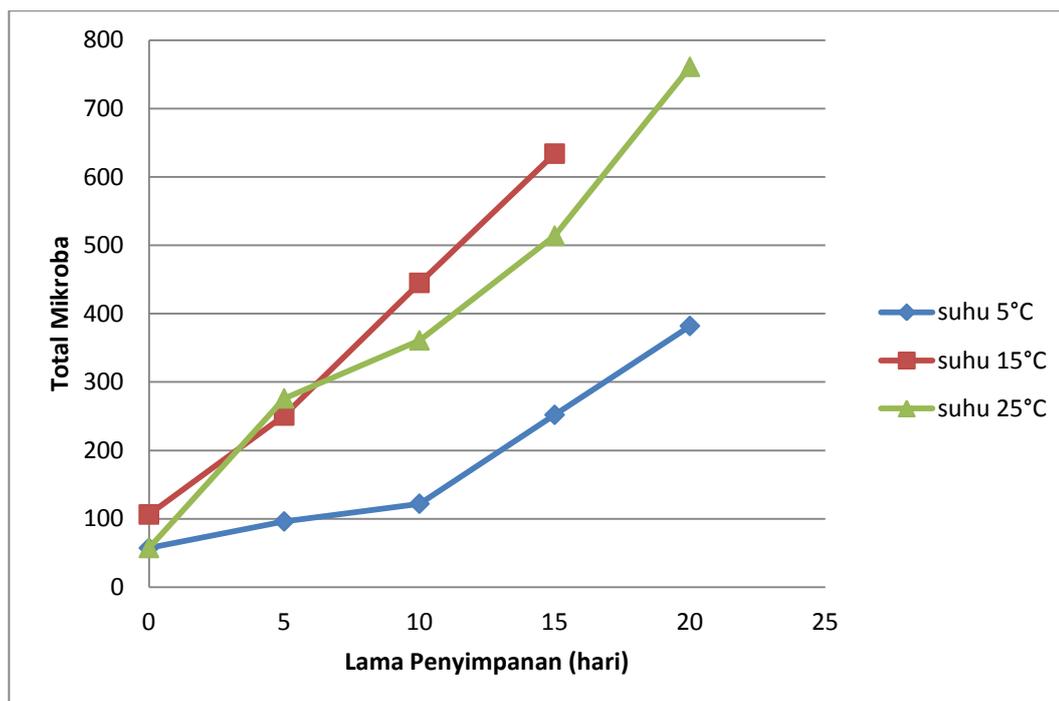
sehingga didapat persamaan sebagai berikut $y = 64,78 + 32,908x$

dengan demikian untuk penyimpanan pada suhu 5°C, 15°C dan 25°C persamaan

regresinya adalah

Tabel persamaan regresi linear total mikroba pada tiap suhu

Suhu	Persamaan Regresi	r	Nilai a	Nilai b
5°C	$Y = 20,82 + 16,106x$	0,95	20,82	16,106
15°C	$Y = 0,3 + 29,842x$	0,98	0,3	29,842
25°C	$Y = 64,78 + 32,908x$	0,99	64,78	32,908



Grafik Total Mikroba Selama Penyimpanan pada Suhu Berbeda

Tabel Hasil Nilai 1/T dan ln k Berdasarkan Total Mikroba Setiap Suhu Penyimpanan

T°C	T +273	1/T	b= k	ln k
5°C	278	0,003597122302	16,106	2,77919
15°C	288	0,003472222222	29,842	3,39592
25°C	298	0,003355704698	32,908	3,49372

1/T (x)	ln k (y)	x ²	y ²	xy
0,003597122302	2,77919	1,293928886x10 ⁻⁵	7,7239	0,009997
0,003472222222	3,39592	1,205632716x10 ⁻⁵	11,5323	0,011791
0,003355704698	3,49372	1,126075402x10 ⁻⁵	12,2061	0,011724

Selanjutnya apabila nilai $\ln k$ ini diterapkan ke dalam rumus arrhenius, yaitu :

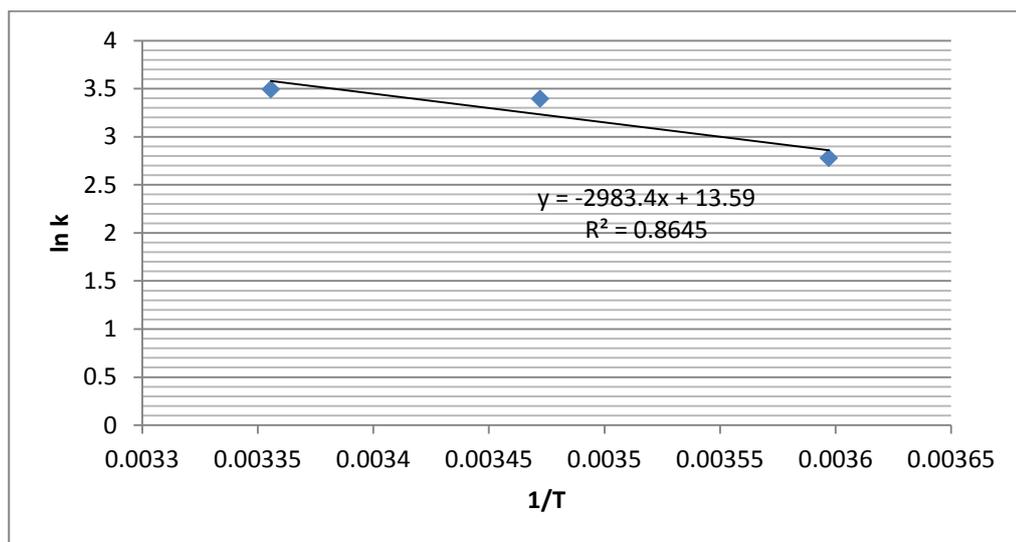
$$k = k_0 \times e^{-E/RT}$$

$$\text{atau } \ln k = \ln k_0 - E/RT$$

karena $\ln k_0$ dan $-Ea/R$ merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai :

$$\ln k = A + B \times 1/T$$

sehingga apabila setiap nilai k dan $1/T$ diplotkan dalam sebuah kurva, maka akan diperoleh data :



Grafik Hubungan antara $1/T$ dan $\ln k$ berdasarkan Total Mikroba

Sehingga didapat persamaan regresi $\ln k = -2983,4x + 13,59$

Tabel perhitungan regresi linear nilai k dengan 1/T

1/T (x)	ln k (y)	x ²	y ²	xy
0,003597122302	2,77919	1,293928886x10 ⁻⁵	7,7239	0,009997
0,003472222222	3,39592	1,205632716x10 ⁻⁵	11,5323	0,011791
0,003355704698	3,49372	1,126075402x10 ⁻⁵	12,2061	0,011724

Maka : A = 13,59 ; B = -2983,4 ; r = 0,86

Dengan demikian nilai Ea dapat diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$-Ea/R = B$$

$$-Ea/R = -2983,4$$

$$R = 1,986 \text{ kal/mol } ^\circ\text{K}$$

$$-Ea = 1,986 \times -2983,4$$

$$Ea = 5.925,0324$$

dan nilai ko diperoleh yaitu sebagai berikut :

$$\ln ko = A$$

$$\ln ko = 13,59$$

$$ko = 798.108,634$$

dengan demikian persamaan Arrhenius untuk laju peningkatan kadar air produk adalah :

$$k = ko \times e^{B(1/T)}$$

dari persamaan tersebut, diperoleh nilai k dari masing-masing suhu yaitu :

$$\text{Suhu } 5^\circ\text{C}, \quad k = 798.108,634 \times e^{-2983,4 \times (1/(273+5))}$$

$$k = 17,43/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 15^\circ\text{C}, \quad k = 798.108,634 \times e^{-2983,4 \times (1/(273+15))}$$

$$k = 25,30/\text{hari}$$

$$\text{Suhu } 25^{\circ}\text{C}, \quad k = 798.108,634 \times e^{-2983,4 \times (1/(273+25))}$$

$$k = 35,82/\text{hari}$$

dengan kinetika reaksi ordo nol, $t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$ dimana

A_t = nilai batas kritis/batas mutu akhir

A_0 = nilai mutu awal produk

Maka umur simpan produk dapat dihitung sebagai berikut :

Suhu 5°C :

$$t_s = \frac{\ln A_0 - \ln A_t}{k}$$

$$t_s = \frac{\ln 57,3 - \ln 382}{17,43}$$

$$t_s = 0,11 \text{ hari}$$

Suhu 15°C :

$$t_s = \frac{\ln 57,3 - \ln 634}{25,30}$$

$$t_s = 0,09 \text{ hari}$$

Suhu 25°C :

$$t_s = \frac{\ln 57,3 - \ln 761}{35,82}$$

$$t_s = 0,07 \text{ hari}$$

Perhitungan Q10

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 5⁰C – 15⁰C

$$Q10 = \frac{ts(t1)}{ts(t2)} = \frac{0,11}{0,09} = 1,22$$

Besarnya laju penurunan mutu (Q10) pada suhu 15⁰C – 25⁰C

$$Q10 = \frac{ts(t2)}{ts(t3)} = \frac{0,09}{0,07} = 1,28$$

