**IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini berdasarkan pada metode percobaan yang telah diuraikan pada bab 3. Hasil dan pembahasan penelitian 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. 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 susu skim serbuk *foam-mat drying* sebelum dilakukan penyimpanan meliputi, kadar air, total padatan terlarut (TSS), kadar protein metode formol, dan total mikroba. Dengan kadar air sebagai parameter utama penurunan mutu produk secara keseluruhan. Parameter-parameter tersebut dianalisis mulai awal penyimpanan pada hari ke-0.

Berdasarkan data hasil perhitungan kadar air pada sampel susu skim serbuk *foam-mat drying* yang dikemas menggunakan alumunium foil dalam kondisi anaerob (vakum) dan disimpan pada suhu yang berbeda, didapat hasil seperti yang terlihat pada tabel 1:

Tabel 1. Kadar air produk dalam kondisi anaerob (vakum)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Waktu Penyimpanan**  **(hari)** | **Suhu Penyimpanan** | | |
| **12oC** | **28oC** | **38oC** |
| **Kadar Air (%)** | | |
| 0 | 4,25 | 4,25 | 4,25 |
| 7 | 4,37 | 4,36 | 5,42 |
| 14 | 4,50 | 4,95 | 5,54 |
| 21 | 4,86 | 5,35 | 5,84 |
| 28 | 4,93 | 5,46 | 5,92 |

Berdasarkan hasil analisis kadar air di atas maka dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan kadar air selama penyimpanan, dimana kenaikan tertinggi terjadi pada penyimpanan dengan suhu 38oC yaitu sebesar 5,92%, untuk lebih jelasnya data tersebut diplotkan ke dalam kurva pada gambar 4.

Gambar 4. Kurva kadar air susu bubuk pada beberapa macam suhu dan waktu penyimpanan

Persamaan regresi yang dihitung dari kurva di atas dapat dilihat pada tabel 2 :

Tabel 2. Hasil regresi kadar air produk dalam kondisi anaerob (vakum)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Suhu** | **Persamaan Regresi** | **r** | **nilai K** | **ln K** | **T (oK)** | **1/T** |
| 12oC | Y = 4,212 + 0,026 X | 0,97 | 0,026 | -3,649 | 12+273=285oK | 0,0035 |
| 28oC | Y = 4,192 + 0,049 X | 0,97 | 0,049 | -3,015 | 28+273=301oK | 0,0033 |
| 38oC | Y = 4,642 + 0,054 X | 0,88 | 0,054 | -2,918 | 38+273=311oK | 0,0032 |

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

k = ko x e-E/RT

atau ln k = ln ko – E/RT

karena ln ko dan –E/R merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai :

ln k = A + B x 1/T

sehingga apabila setiap nilai k dan 1/T diplotkan dalam sebuah kurva, maka akan diperoleh data pada gambar 5 :

Gambar 5. Kurva hubungan antara k dengan 1/T

Dari kurva di atas maka didapatkan persamaan regresi ln k = 5,27-2541,4 X. Dengan demikian besarnya nilai E dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

-E/R = B

dimana nilai R diketahui sebagai nilai konstanta gas sebesar 1,986 kal/mol sehingga didapat nilai E sebesar 5046,426 kal/moloK sedangkan nilai ko dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

ln ko = A

sehingga didapat nilai ko sebesar 194,41. Kemudian persamaan untuk laju peningkatan kadar air produk tersebut adalah :

k = 194,41 x e-2541,4x(1/T)

Apabila sudah didapatkan model seperti di atas, maka laju peningkatan kadar air pada suhu 12oC, 28oC, dan 38oC dapat diketahui, nilai k pada masing – masing suhu dapat dilihat pada tabel 3:

Tabel 3. Nilai laju peningkatan kadar air (k) pada suhu yang berbeda

|  |  |
| --- | --- |
| **Suhu** | **Nilai k** |
| 12oC | 0,026/hari |
| 28oC | 0,044/hari |
| 38oC | 0,057/hari |

Dari hasil di atas dapat dihitung umur simpan produk susu skim *foam-mat drying* dengan menggunakan rumus :

dimana kadar air kritis susu bubuk menurut Adnan (1984) adalah sebesar 8% sehingga umur simpan produk susu skim serbuk *foam-mat drying* yang dikemas menggunakan alumunium foil dalam keadaan anaerob (vakum) pada masing – masing suhu dapat dilihat pada tabel 4 :

Tabel 4. Umur simpan susu skim foam-mat drying dalam kondisi anaerob (vakum)

|  |  |
| --- | --- |
| **Suhu** | **Umur Simpan** |
| 12oC | 144 hari |
| 28oC | 85 hari |
| 38oC | 65 hari |

kemudian berdasarkan data hasil perhitungan kadar air pada sampel susu skim serbuk *foam-mat drying* yang dikemas menggunakan alumunium foil dalam kondisi anaerob fakultatif (non-vakum) dan disimpan pada suhu yang berbeda, didapat hasil seperti yang terlihat pada tabel 5:

Tabel 5. Kadar air produk dalam kondisi anaerob fakultatif (non-vakum)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Waktu Penyimpanan**  **(hari)** | **Suhu Penyimpanan** | | |
| **12oC** | **28oC** | **38oC** |
| **Kadar Air (%)** | | |
| 0 | 4,25 | 4,25 | 4,25 |
| 7 | 4,93 | 4,36 | 5,24 |
| 14 | 5,28 | 4,93 | 5,40 |
| 21 | 5,38 | 5,28 | 5,42 |
| 28 | 5,46 | 5,38 | 5,92 |

Berdasarkan hasil analisis kadar air di atas maka dapat disimpulkan bahwa terjadi kenaikan kadar air selama penyimpanan, dimana kenaikan tertinggi terjadi pada penyimpanan dengan suhu 38oC yaitu sebesar 5,92%, untuk lebih jelasnya data tersebut diplotkan ke dalam kurva pada gambar 6.

Gambar 6. Kurva kadar air susu bubuk pada beberapa macam suhu dan waktu penyimpanan

Persamaan regresi yang dihitung dari kurva di atas dapat dilihat pada tabel 6 :

Tabel 6. Hasil Regresi kadar air produk dalam kondisi anaerob fakultatif (non-vakum)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Suhu** | **Persamaan Regresi** | **r** | **nilai K** | **ln K** | **T (oK)** | **1/T** |
| 12oC | Y = 4,486 + 0,041 X | 0,91 | 0,041 | -3,194 | 12+273=285oK | 0,0035 |
| 28oC | Y = 4,204 + 0,045 X | 0,97 | 0,045 | -3,101 | 28+273=301oK | 0,0033 |
| 38oC | Y = 4,542 + 0,050 X | 0,90 | 0,050 | -2,995 | 38+273=311oK | 0,0032 |

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

k = ko x e-E/RT

atau ln k = ln ko – E/RT

karena ln ko dan –E/R merupakan bilangan konstanta, maka persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai :

ln k = A + B x 1/T

sehingga apabila setiap nilai k dan 1/T diplotkan dalam sebuah kurva, maka akan diperoleh data pada gambar 7 :

Gambar 7. Kurva hubungan antara k dengan 1/T

Dari kurva di atas maka didapatkan persamaan regresi ln k = - 0,98 - 635 X. Dengan demikian besarnya nilai E dapat diketahui dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

-E/R = B

dimana nilai R diketahui sebagai nilai konstanta gas sebesar 1,986 kal/mol sehingga didapat nilai E sebesar 1261,11 kal/moloK dan sedangkan nilai ko dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

ln ko = A

sehingga didapat nilai ko sebesar sebesar 0,375. Kemudian persamaan untuk laju peningkatan kadar air produk tersebut adalah :

k = 0,375 x e-635x(1/T)

Apabila sudah didapatkan model seperti di atas, maka laju peningkatan kadar air pada suhu 12oC, 28oC, dan 38oC dapat diketahui, nilai k pada masing – masing suhu dapat dilihat pada tabel 7:

Tabel 7. Nilai laju peningkatan kadar air (k) pada suhu yang berbeda

|  |  |
| --- | --- |
| **Suhu** | **Nilai k** |
| 12oC | 0,040/hari |
| 28oC | 0,046/hari |
| 38oC | 0,049/hari |

Dari hasil di atas dapat dihitung umur simpan produk susu skim *foam-mat drying* dengan menggunakan rumus :

dimana kadar air kritis susu bubuk menurut Adnan (1984) adalah sebesar 8%, sehingga umur simpan produk susu skim serbuk *foam-mat drying* yang dikemas menggunakan alumunium foil dalam keadaan anaerob fakultatif (non-vakum) pada masing – masing suhu dapat dilihat pada tabel 8 :

Tabel 8. Umur Simpan Susu Skim *Foam-mat drying*

|  |  |
| --- | --- |
| **Suhu** | **Umur Simpan** |
| 12oC | 93 hari |
| 28oC | 81 hari |
| 38oC | 76 hari |

Umur simpan susu bubuk maksimal adalah 2 tahun dengan penanganan yang baik dan benar. Susu bubuk rentan terhadap perubahan gizi karena mudah beroksidasi dengan udara (Siaroto dan Prahahesta, 2009).

Pendugaan umur simpan pangan dapat diterapkan dengan dua metode yaitu *Extended Storage Studies* (ESS) dan *Accelerated Storage Studies* (ASS), ESS adalah penentuan tanggal kadaluwarsa dengan cara menyimpan suatu seri produk pada kondisi normal sehari-hari. Metode ini sangat tepat dan akurat namun pelaksanaannya memerlukan waktu yang panjang dan analisis karakteristik mutu yang dilakukan relatif banyak. Sedangkan ASS menggunakan suatu kondisi yang dapat mempercapat reaksi penurunan mutu produk. Keuntungan metode ini adalah memerlukan waktu yang relatif singkat namun tetap memiliki ketepatan dan akurasi yang tinggi. ASS diterapkan pada produk pangan dengan memvariasikan kondisi RH, suhu atau intensitas cahaya baik secara terpisah maupun gabungannya (Floros, dalam Syalfina 2007).

Metode ASS dapat dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan yaitu dengan persamaan Arrhenius dan pendekatan kadar air kritis. Persamaan Arrhenius digunakan untuk menduga umur simpan suatu produk berdasarkan perubahan kimia atau komposisi kimianya hingga produk tersebut tidak dapat diterima oleh konsumen, sedangkan penentuan umur simpan dengan kadar air kritis digunakan untuk produk pangan yang relatif mudah rusak akibat penyerapan kadar air dari lingkungan. Kedua metode ini menggunakan kondisi lingkungan yang dapat mempercepat kerusakannya dengan cara menaikkan atau menurunkan suhu dan kelembaban selama penyimpanan (Kusnandar, 2006).

**4.2. Kadar Air**

Berdasarkan Tabel 1 dan 5, dapat dilihat bahwa nilai kadar air cenderung naik selama waktu penyimpanan. Semakin tinggi suhu penyimpanan, maka tingkat kenaikan kadar air produk juga akan semakin tinggi. Naiknya kadar air dapat disebabkan adanya permeabilitas bahan kemasan produk terhadap uap air dan kondisi kemasan tersebut, sifat bahan-bahan yang terdapat pada produk susu skim serbuk *foam-mat drying* yang higroskopis sehingga cenderung mengadsorbsi uap air dari udara, dan tingkat kelembaban udara lingkungan terhadap produk.

Permeabilitas uap air terhadap kemasan selama penyimpanan juga berperan dalam mempengaruhi umur simpan produk ini, permeabilitas yang relatif kecil mampu menghambat laju transmisi udara dari lingkungan penyimpanan ke dalam kemasan. Kebanyakan kemasan digunakan untuk membatasi antara makanan dan keadaan sekelilingnya untuk menunda proses kerusakan dalam jangka waktu yang diinginkan (Buckle *et al,* 1987)

Kandungan kadar air dalam bahan pangan sangat mempengaruhi konsistensi mutu dan keawetan bahan pangan. Kadar air akan mempengaruhi sifat-sifat fisik dan sifat kimia dari produk dan kerusakan produk oleh mikroorganisme serta kerusakan enzimatis lainnya. Kenaikan kadar air bahan pangan dalam kemasan dipengaruhi oleh permeabilitas uap air, sifat penyerapan uap air bahan pangan dan kelembaban relatif lingkungan sekitar kemasan (Rahayu, 2005)

Kelembaban relatif lingkungan (RH) juga sangat berpengaruh terhadap umur simpan, pada RH tinggi maka akan mengandung lebih banyak uap air sehingga akan terjadi penyerapan uap air ke dalam bahan pangan yang memiliki RH yang rendah. Semakin banyak uap air yang diserap bahan pangan maka akan mempercepat kerusakan sehingga umur simpan produk lebih singkat (Rahayu, 2005).

Heldman dan Singh dalam Syalfina (2007) menyatakan bahwa kadar air kesetimbangan suatu bahan adalah saat tekanan uap air dari bahan dalam kondisi seimbang dengan lingkungannya, sedangkan kelembaban relatif pada saat terjadinya kadar kesetimbangan disebut kelembaban relatif kesetimbangan.

Kenaikan kadar air disebabkan pula oleh adanya perbedaan tekanan luar dan tekanan dalam kemasan yang akan menyebabkan adanya mobilisasi air. Bila tekanan luar lebih besar dari tekanan dalam kemasan maka uap air akan berpindah dari luar ke dalam kemasan, sehingga lambat laun kadar air produk akan meningkat. Semakin besar perbedaan tekanan luar dan dalam kemasan, semakin singkat umur simpan produk tersebut karena mobilisasi uap air terjadi semakin cepat. Selain itu penyimpanan dalam suhu yang lebih tinggi akan menyebabkan memuainya kemasan sehingga pori-pori kemasan akan membesar dengan peristiwa ini dan adanya perbedaan tekanan dalam dan tekanan luar kemasan serta pebedaan kelembaban maka penyerapan uap air akan lebih cepat terjadi.

Produk pangan yang dikeringkan cenderung memiliki sifat lebih higroskopis dibandingkan dengan produk asalnya, ini dikarenakan produk yang dikeringkan akan memiliki pori-pori yang cukup banyak dan kering sehingga dapat dengan mudah menyerap air. Produk pangan cair yang diolah dengan menggunakan teknik *foam-mat* akan bersifat lebih higroskopis dibandingkan produk yang dikeringkan dengan metode lain dikarenakan pada proses *foam-mat* ditambahkan *foaming agent* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan bahan sehingga air dalam bahan akan keluar dan kemudian menguap dengan cepat, proses pengeringan dengan metode ini dapat berlangsung dengan cepat walaupun dengan suhu yang relatif rendah.

Pada pendugaan umur simpan produk susu skim serbuk *foam-mat drying* ini digunakan parameter peningkatan kadar air selama penyimpanan sebagai indikator penurunan mutu secara keseluruhan. Kadar air dalam bahan pangan erat kaitannya dengan aw (*water activity)* semakin rendah kadar air maka aw akan semakin rendah pula. Berikut (gambar 8) adalah kurva sorpsi isotermis air yang menghubungkan antara laju reaksi relatif, aw dan kadar air :



Gambar 8. Kurva sorpsi isotermis

dari kurva di atas dapat dilihat bahwa kadar air dapat mempengaruhi aktivitas enzim, aktivitas mikroorganisme, reaksi lainnya yang dapat memicu kerusakan terhadap produk atau bahan pangan.

Kadar air susu skim serbuk *foam-mat drying* yang diteliti memiliki kadar air sebesar 4,25% hal ini sesuai dengan ketentuan SNI yang mengharuskan bahwa produk susu bubuk harus memiliki kadar air maksimal 5%.

**4.3. Total Padatan Terlarut**

Total padatan terlarut (TSS) pada susu skim serbuk *foam-mat* yang dikemas menggunakan kemasan alumunium foil dalam kondisi anaerob dan disimpan selama 28 hari dapat dilihat pada tabel 9 :

Tabel 9. Total Padatan terlarut susu skim serbuk *foam-mat* yang dikemas menggunakan kemasan alumunium foil dalam kondisi anaerob (vakum)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Waktu Penyimpanan**  **(hari)** | **Suhu Penyimpanan** | | |
| **12oC** | **28oC** | **38oC** |
| **Total Padatan Terlarut (%)** | | |
| 0 | 89,66 | 89,66 | 89,66 |
| 7 | 87,09 | 87,86 | 86,00 |
| 14 | 81,90 | 82,35 | 79,43 |
| 21 | 79,82 | 81,55 | 79,24 |
| 28 | 79,20 | 80,19 | 77,22 |

sedangkan total padatan terlarut pada susu skim serbuk *foam-mat* yang dikemas menggunakan kemasan alumunium foil dalam kondisi anaerob fakultatif dan disimpan selama 28 hari dapat dilihat pada tabel 10 :

Tabel 10. Total Padatan terlarut susu skim serbuk *foam-mat* yang dikemas menggunakan kemasan alumunium foil dalam kondisi anaerob fakultatif (Non-vakum).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Waktu Penyimpanan**  **(hari)** | **Suhu Penyimpanan** | | |
| **12oC** | **28oC** | **38oC** |
| **Total Padatan Terlarut (%)** | | |
| 0 | 89,66 | 89,66 | 89,66 |
| 7 | 89,40 | 87,05 | 86,09 |
| 14 | 84,00 | 83,33 | 83,33 |
| 21 | 82,35 | 81,81 | 81,90 |
| 28 | 80,14 | 79,41 | 78,64 |

Berdasarkan tabel 9 dan 10 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan padatan terlarut pada produk susu skim serbuk *foam-mat drying* baik dalam kondisi kemasan anaerob fakultatif maupun anaerob. Hal ini dapat terjadi akibat peningkatan kadar air sehingga laktosa amorf akan berubah menjadi kristal laktosa yang dapat mendenaturasi protein sehingga kelarutannya berkurang (Adnan, 1984).

Kemudian kerusakan pada produk susu bubuk dapat ditandai dengan munculnya curd atau white flecks, yaitu bintik-bintik putih di dalam larutan susu yang tidak larut dan dapat membekas pada dinding botol atau gelas sebagai suatu lapisan putih.  Susu bubuk  dengan kemunculan  curd atau  white flecks  dalam jumlah tidak banyak, akan mempunyai kecepatan larut yang lebih baik daripada  susu bubuk dengan kemunculan  curd atau  white flecks  dalam jumlah banyak. Penyebab utama kemunculan curd atau white flecks adalah akibat denaturasi protein susu.  Denaturasi  terjadi  terutama  selama  tahapan  proses yang melibatkan panas sehingga menyebabkan koagulasi protein susu. Denaturasi protein dapat terjadi oleh berbagai penyebab, yang utama adalah panas, pH, garam dan pengaruh permukaan. Rentang suhu pada saat terjadi denaturasi dan koagulasi sebagian besar protein sekitar 55-750C (Hadiwiyoto, 2004).

Pengeringan juga berpengeruh terhadap kualitas susu bubuk dari segi kelarutannya (*Solubility,)* kelarutan menunjukkan besar kecilnya residu protein yang tidak larut dalam produk susu. Indeks Solubilitas maksimal adalah 0,5 ml, semakin tinggi indeks solubilitas maka semakin rendah kualitas susu. Residu yang tidak larut disebabkan oleh protein yang terdenaturasi, partikel yang hangus dan lengket (*burnt and sticky particles*), partikel yang sukar larut, dan bahan campuran (impuritas).Selain itu faktor-faktor yang mempengaruhi kelaritan adalah ukuran partikel, suhu udara pengeringan, tekanan udara pengeringan, dan suhu udara keluar (Cahyadi 2010).

**4.4. Kadar Protein**

Kadar protein pada susu skim serbuk *foam-mat drying* yang dikemas menggunakan kemasan alumunium foil dengan kondisi anaerob fakultatif dan anaerob diuji pada hari ke-0 dan hari ke-28 dapat dilihat pada tabel 11 :

Tabel 11. Kadar protein susu skim serbuk *foam-mat drying* yang dikemas menggunakan kemasan alumunium foil dengan kondisi anaerob fakultatif dan anaerob

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Hari dan**  **Kondisi penyimpanan** | **Suhu Penyimpanan** | | |
| **12oC** | **28oC** | **38oC** |
| **Kadar Protein (%)** | | |
| 0 hari  Anaerob fakultatif | 18,628 | 18,628 | 18,628 |
| 28 hari  Anaerob fakultatif | 4,758 | 4,941 | 4,758 |
| 0 hari  Anaerob | 18,628 | 18,628 | 18,628 |
| 28 hari  Anaerob | 4,941 | 4,941 | 4,941 |

Kadar protein susu skim serbuk *foam-mat drying* dianalisis menggunakan metode formol, dari hasil analisis terjadi penurunan kadar protein dari hari ke-0 hingga hari ke-28. Hal ini terjadi dengan seiring kenaikan kadar air yang dapat mendenaturasi protein sehingga protein susu menggumpal dan menjadi tidak larut, berkurangnya kelarutan pada produk dapat mempengaruhi hasil dari analisis kadar protein dengan metode formol, karena metode ini dapat mengidentifikasi protein yang larut dalam air, protein yang terdenaturasi akan kehilanagan daya larutnya maka protein tersebut tidak dapat dihitung menggunakan metode ini.

Beberapa protein yang terdapat pada susu adalah albumin, casein, dan globulin, protein ini dapat terdenaturasi oleh beberapa faktor misalnya suhu. Seperti yang telah dijelaskan dalam Abdullah (2012) bahwa suhu pengeringan yang terbaik untuk pembuatan susu skim serbuk *foam-mat* dalam adalah 55oC maka besar kemungkinan protein yang terdapat pada susu skim tersebut sudah terdenaturasi, karena protein pada susu mulai terdenaturasi pada suhu 55oC (Hadiwiyoto, 2004).

**4.5. Kerusakan Mikrobiologi**

Total mikroba pada susu skim serbuk *foam-mat drying* yang dikemas menggunakan kemasan alumunium foil dengan kondisi anaerob fakultatif dan anaerob diuji pada hari ke-0 dan hari ke-28 dapat dilihat pada tabel 12 :

Tabel 12. Total mikroba susu skim serbuk *foam-mat drying* yang dikemas menggunakan kemasan alumunium foil dengan kondisi anaerob fakultatif dan anaerob

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Hari dan**  **Kondisi penyimpanan** | **Suhu Penyimpanan** | | |
| **12oC** | **28oC** | **38oC** |
| **Total Mikroba (g/koloni)** | | |
| 0 hari  Anaerob fakultatif | 420 | 420 | 420 |
| 28 hari  Anaerob fakultatif | 431 | 439 | 512 |
| 0 hari  Anaerob | 420 | 420 | 420 |
| 28 hari  Anaerob | 347 | 443 | 499 |

Mikroorganisme menghendaki aw minimum agar dapat tumbuh dengan baik, yaitu untuk bakteri 0,90, khamir 0,80−0,90, dan kapang 0,60−0,70. Pada aw yang tinggi, oksidasi lemak berlangsung lebih cepat dibanding pada aw rendah.Kandungan air dalam bahan pangan, selain mempengaruhi terjadinya perubahan kimia juga ikut menentukan kandungan mikroba pada pangan (Arpah, 2003).

Kandungan air dalam bahan mempengaruh daya tahan bahan makanan terhadap serang mikroba, yang dinyatakan dengan *aw*.*aw*adalah jumlah air bebas yang dapatdigunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya (Cahyadi, 2010).

Aw sangat dipengaruhi oleh kadar air dari bahan pangan, berikut adalah grafik hubungan antara kadar air dan aw yang dapat dilihat pada gambar 9 :

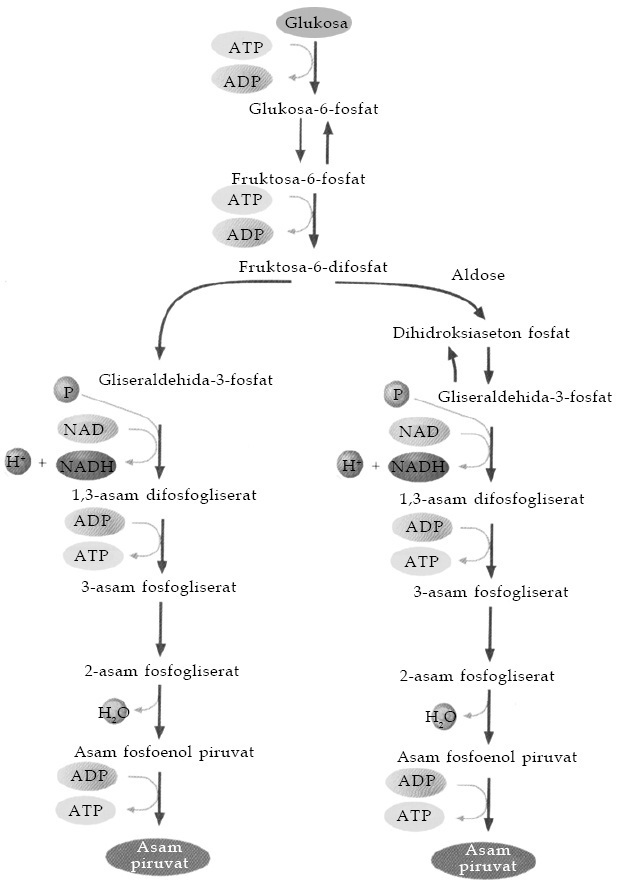


Gambar 9. Grafik hubungan antara kadar air dengan aw

Mikroba patogen yang umum mencemari susu bubuk adalah E. coli. SNI mensyaratkan bakteri E. coli tidak terdapat dalam susu dan produk olahannya. Selain E.coli, beberapa bakteri patogen yang umum mencemari susu segar adalah Brucellasp., Bacillus cereus, Campylobacter sp., Listeria monocytogenes, Salmonella sp., dan Staphylococcus aureus. Susu perlu mendapat penanganan yang tepat dan benar, antara lain dengan melakukan proses pemanasan, baik pasteurisasi ataupun sterilisasi untuk membunuh mikroba patogen. Pencemaran pada susu bisa juga terjadi setelah proses pemanasan dan pada saat pengemasan. Alat dan cara pengemasan yang tidak steril berpotensi menyuburkan tumbuhnya bakteri patogen di dalam susu (Djaafar, dan Rahayu, 2007).

Berdasarkan pertumbuhannya mikroba diklasifikasikan berdasarkan suhu optimum untuk pertumbuhannya seperti bakteri psikrofil yaitu bakteri yang dapat hidup pada suhu rendah di atas suhu titik beku, kemudian bakteri mesofil yaitu bakteri yang dapat hidup pada suhu kamar yaitu sekitar 20-30oC, dan thermofil yaitu bakteri yang mempunyai suhu optimum perumbuhan minimal di atas 45oC, biasanya 55oC (Fardiaz, 1992).

Kenaikan kadar air bahan tidak hanya dipengaruhi oleh adanya perbedaan suhu, tekanan, dan RH di dalam dan diluar kemasan, tetapi adanya perbedaan suhu penyimpanan dan adanya kandungan nutrisi (karbohidrat) dalam produk dapat menyebabkan mikroba melakukan aktivitasnya seperti metabolisme. Metabolisme karbohidrat oleh mikroorganisme dapat menghasilkan air (H2O) sehingga kadar air dalam bahan pangan tersebut akan meningkat. Air yang dihasilkan oleh mikroorganisme berasal dari proses glikolisis. Untuk lebih jelasnya proses glikolisis dapat dilihat pada gambar 10 :



Gambar 10. Bagan reaksi glikolisis

Dari reaksi-reaksi yang terjadi pada tahap-tahap di atas, maka reaksi glokolisis secara keseluruhan adalah :

Glukosa + 2 fosfat + 2 ADP 2 laktat +2 ATP +2 H2O

Dengan adanya aktivitas metabolisme mikroorganisme dalam produk sehingga menghasilkan air maka produk tersebut akan mengalami kenaikan kadar air yang dapat berdampak terhadap umur simpan dari produk tersebut.