

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Konsep Pengeringan Gula Semut**

Salah satu cara untuk mengeluarkan sebagian air dari suatu bahan adalah dengan menguapkannya. Perpindahan panas dan massa terjadi secara bersamaan, yang merupakan dua peristiwa penting selama proses pengeringan. Kecepatan perpindahan panas dari udara pengering dipengaruhi oleh banyak faktor, termasuk jenis alat pengering yang digunakan, bahan konstruksi yang digunakan, metode pengeringan, kecepatan tekanan, suhu udara pengering, dan suhu permukaan bahan (Amanah et al., 2013).

Salah satu proses penting dalam pembuatan gula semut adalah pengeringan. Di tingkat pengrajin, ini biasanya dilakukan dengan penjemuran di bawah sinar matahari karena tidak memerlukan biaya untuk menyediakan sumber panas. Namun, penjemuran yang ditujukan untuk produk makanan kurang efektif karena bahan sulit harus tetap bersih, atau dengan kata lain, resiko kontaminasi produk sulit harus dikontrol.

Sebelumnya, Amanah et al. (2013) menggunakan alat pengering tipe rak untuk mengeringkan gula semut. Mereka menemukan bahwa alat tersebut berhasil mengurangi kadar air gula semut dari 7% menjadi 3% dalam waktu hingga delapan jam, sesuai dengan kapasitas alat pengering. Kadar air akhir yang dihasilkan menunjukkan bahwa pengeringan dengan alat pengering mekanis lebih efisien daripada pengeringan secara alami di bawah sinar matahari. Menurut uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari sifat pengeringan gula semut dengan pengering tipe rak berbentuk silinder.

Pengeringan gula semut memegang peran penting dalam proses produksinya. Gula semut, yang terdiri dari kristal-kristal kecil berwarna kuning kecokelatan, dikenal dengan berbagai nama seperti palm sugar, gula semut, powdered coconut sugar, atau palm zuiker (Baharuddin, 2010). Kelebihan gula semut dibandingkan gula merah terletak pada kemudahan penggunaannya, karena bentuk kristal yang kecil memudahkan dalam penggunaan sebagai bahan tambahan pada makanan dan minuman.

Proses pengeringan menjadi tahap kunci dalam produksi gula semut. Studi yang dilakukan oleh Setiawan et al. (2015) menunjukkan bahwa pengeringan menggunakan pengering tipe rak memberikan keuntungan dibandingkan dengan pengeringan menggunakan sinar matahari. Metode ini menghasilkan waktu pengeringan yang lebih singkat, karena panas yang dihasilkan stabil dan proses pengeringan lebih bersih. Penggunaan pengering tipe rak juga memungkinkan penyeragaman kualitas gula semut yang dihasilkan (Setiawan, A., Purwadi, R., & Fudholi, A., 2015).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas gula semut yang dihasilkan. Contohnya, penelitian oleh Kurniawan dan Sugiarto (2018) menyelidiki pengaruh suhu pengeringan terhadap kualitas gula semut. Temuan mereka menunjukkan bahwa suhu pengeringan yang tepat dapat meningkatkan kualitas gula semut dengan mengurangi kadar air serta meningkatkan warna dan aroma gula semut (Kurniawan, 2018).

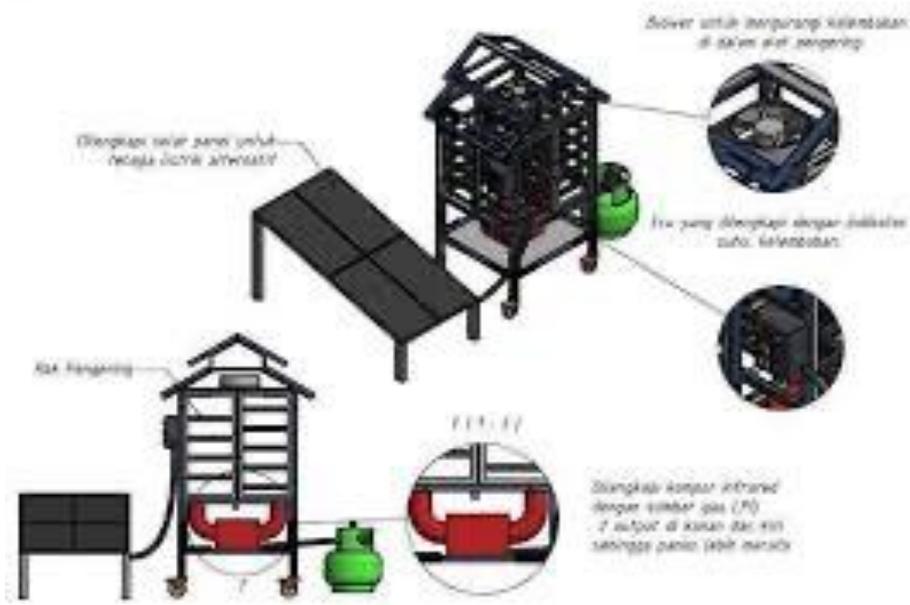
Selain suhu pengeringan, kecepatan blower juga memainkan peranan penting dalam proses pengeringan gula semut. Penelitian oleh Pratiwi dan Noviyanto (2020) menunjukkan bahwa kecepatan blower berpengaruh terhadap efisiensi pengeringan dan kualitas gula semut aren. Temuan tersebut menegaskan bahwa kecepatan blower yang optimal dapat menghasilkan gula semut dengan tingkat kekeringan yang tepat dan tekstur yang baik (Pratiwi, 2020).

Selain itu, metode pengeringan yang digunakan juga memiliki dampak terhadap kualitas gula semut. Penelitian oleh Setiawan, Purwadi, dan Fudholi (2015) mengamati penggunaan blower dan pemanas gas LPG dalam proses pengeringan gula semut aren. Mereka menemukan bahwa pengeringan menggunakan blower dan pemanas gas LPG dapat menghasilkan gula semut dengan kadar air rendah dan kualitas yang baik (Setiawan, A., Haryanto, B., & Cahyono, H, 2015).

Dalam kajian pengeringan gula semut, penelitian juga dilakukan di luar Indonesia. Sebagai contoh, Navarro-Blasco, Romagnoli, dan Medina (2019) menginvestigasi pengaruh suhu pengeringan dan kecepatan udara terhadap kualitas gula semut. Penelitian mereka menunjukkan bahwa suhu pengeringan dan

kecepatan udara memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kualitas gula semut, terutama dalam hal kadar air dan ukuran kristal (Navarro-Blasco, 2019).

Mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya, pengeringan gula semut menjadi tahap yang penting dalam produksi yang memengaruhi kualitas akhir produk. Selain faktor suhu pengeringan, kecepatan blower, dan metode pengeringan yang digunakan, terdapat faktor-faktor lain yang perlu dipertimbangkan. Studi oleh Kurniawan dan Sugiarto (2018) menunjukkan bahwa lamanya waktu pengeringan juga berdampak pada kualitas gula semut. Hasil penelitian mereka mengungkapkan bahwa waktu pengeringan yang terlalu lama dapat menyebabkan perubahan warna dan aroma pada gula semut, sedangkan waktu pengeringan yang terlalu singkat dapat meningkatkan kadar air yang tidak diinginkan. Oleh karena itu, pemilihan waktu pengeringan yang tepat sangat penting untuk menghasilkan gula semut berkualitas (Kurniawan, 2018). Gambar 3 menunjukkan konsep pengering gula semut tipe rak.



Gambar 3. Konsep pengeringan tipe rak

## 2.2. Penggunaan Bahan Bakar Gas LPG dalam Proses Pengeringan

Banyak penelitian telah dilakukan untuk mengevaluasi penggunaan gas LPG dalam proses pengeringan dan dampaknya terhadap produk yang dihasilkan. Penelitian oleh Hartanto dan Santoso (2019) menyelidiki penggunaan gas LPG dalam pengeringan jagung. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan

gas LPG dapat menghasilkan waktu pengeringan yang lebih singkat dan mengurangi kadar air pada biji jagung, sehingga meningkatkan efisiensi dan kualitas pengeringan (Hartanto, 2019).

Selain itu, penelitian oleh Sudibyo et al. (2018) mempelajari penggunaan gas LPG dalam pengeringan tepung ikan. Temuan mereka menunjukkan bahwa penggunaan gas LPG sebagai sumber panas dalam pengeringan tepung ikan dapat menghasilkan produk dengan kadar air yang lebih rendah, tekstur yang lebih baik, dan kualitas organoleptik yang lebih baik dibandingkan dengan pengeringan menggunakan sumber panas lainnya (Sudibyo, 2018).

Studi lain yang dilakukan oleh Zhang et al. (2017) mengkaji penggunaan gas LPG dalam pengeringan daun teh. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan gas LPG dapat memberikan suhu yang lebih tinggi dan stabil selama proses pengeringan, sehingga menghasilkan daun teh yang lebih berkualitas dengan kadar air yang lebih rendah dan kandungan senyawa bioaktif yang lebih tinggi (Zhang, 2017).

Selain itu, penelitian juga telah dilakukan untuk membandingkan penggunaan gas LPG dengan bahan bakar lainnya dalam proses pengeringan. Misalnya, penelitian oleh Pranoto et al. (2020) membandingkan penggunaan gas LPG dengan penggunaan briket sebagai sumber panas dalam pengeringan ikan asin. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan gas LPG menghasilkan waktu pengeringan yang lebih singkat dan produk dengan kadar air yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan briket (Pranoto, 2020).

Selain keuntungan dalam efisiensi dan kualitas pengeringan, penggunaan gas LPG juga memiliki kelebihan lain. Gas LPG dapat diatur dengan mudah untuk menghasilkan suhu yang sesuai dengan kebutuhan proses pengeringan, serta memberikan panas yang homogen untuk mencegah terjadinya penggorengan pada produk. Selain itu, penggunaan gas LPG juga dapat mengurangi dampak lingkungan karena memiliki emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan bakar fosil lainnya.

Dalam konteks penggunaan gas LPG dalam proses pengeringan, perlu juga diperhatikan faktor-faktor seperti pengaturan suhu, laju aliran gas, dan desainya sistem pengeringan yang digunakan. Penelitian oleh Wang et al. (2019)

mengeksplorasi pengaruh suhu udara, laju aliran gas LPG, dan desain sistem pengeringan dalam pengeringan biji kopi. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa pengaturan yang tepat dari faktor-faktor ini dapat meningkatkan efisiensi pengeringan dan kualitas biji kopi yang dihasilkan.

Meskipun terdapat banyak keuntungan dalam penggunaan gas LPG dalam proses pengeringan, terdapat juga beberapa tantangan yang perlu diperhatikan. Salah satu tantangan utama adalah pengendalian suhu dan kecepatan aliran gas secara akurat untuk memastikan pengeringan yang optimal dan mencegah kerusakan pada produk. Selain itu, aspek keselamatan juga menjadi faktor penting yang harus dipertimbangkan, termasuk pengendalian kebocoran gas dan pemantauan yang ketat terhadap penggunaan bahan bakar yang dapat menghasilkan api terbuka.

Dalam upaya mengatasi tantangan tersebut, penelitian terus dilakukan untuk mengembangkan teknologi dan sistem pengeringan yang lebih efisien, aman, dan berkelanjutan. Penggunaan teknologi cerdas seperti pengendalian suhu otomatis, sensor kelembaban, dan sistem pemantauan gas dapat membantu meningkatkan kontrol proses pengeringan dengan lebih baik.

Secara keseluruhan, penggunaan bahan bakar gas LPG dalam proses pengeringan menawarkan berbagai keuntungan, termasuk efisiensi pengeringan yang tinggi, kualitas produk yang baik, dan dampak lingkungan yang lebih rendah. Penelitian-penelitian sebelumnya telah membuktikan efektivitas penggunaan gas LPG dalam berbagai konteks pengeringan, mulai dari produk pangan, pertanian, hingga manufaktur. Namun, tantangan seperti pengendalian suhu, kecepatan aliran gas, keselamatan, dan pengembangan teknologi yang lebih canggih tetap menjadi fokus penelitian di masa mendatang untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas pengeringan. Gambar 4 menunjukkan penggunaan bahan bakar gas pada proses pengeringan.



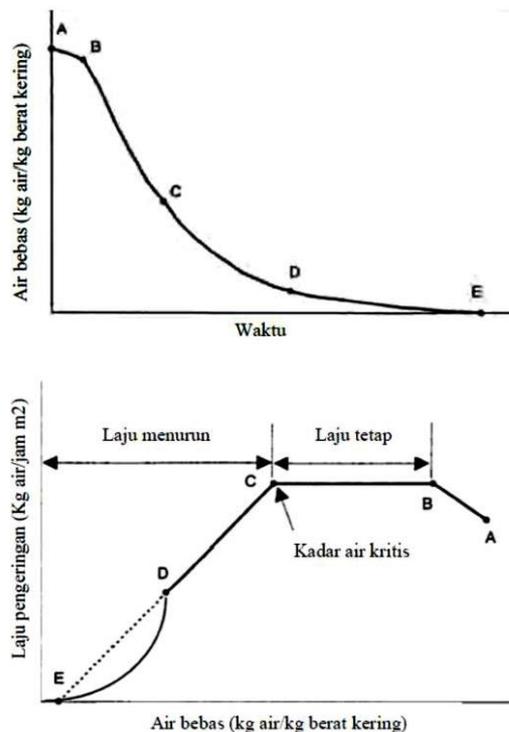
Gambar 4. Penggunaan bahan bakar gas untuk pengeringan

### 2.3 Metode Pengeringan

Pengeringan merupakan proses mengurangi kadar air dalam suatu bahan pertanian hingga mencapai titik kesetimbangan dengan udara di sekelilingnya atau pada tingkat kadar air tertentu yang memastikan mutu bahan pertanian terjaga dari serangan jamur, aktivitas serangga, dan enzim (Henderson dan Perry 1976). Umumnya, proses pengeringan ini menggunakan udara sebagai media pengering. Udara berperan dalam menyuplai panas ke dalam sistem untuk menguapkan air dari bahan dan mengangkut uap air keluar dari sistem. Pengeluaran air dari permukaan bahan dapat terjadi secara alami karena adanya perbedaan tekanan uap antara bahan dan udara sekitarnya. Meskipun proses pengeringan ini terjadi pada tekanan atmosfer, percepatan pengeringan dapat dicapai dengan mengatur kondisi udara lingkungan, seperti mencampurkan udara kering dan uap air. Pengaturan kondisi udara ini melibatkan pemanasan, pendinginan, pelembaban, penghilangan kelembaban, dan pencampuran udara berdasarkan karakteristik fisiknya yang dapat dianalisis melalui diagram psikometri (Goswami 1986).

Menurut Henderson dan Perry (1976), proses pengeringan terbagi menjadi dua periode, yaitu: (1) periode pengeringan dengan laju tetap/konstan dan (2) periode dengan laju menurun. Pada periode pengeringan dengan laju tetap, terjadi perpindahan massa air bebas dari permukaan bahan. Hal ini disebabkan oleh

perbedaan tekanan uap air antara permukaan bahan dan udara pengering. Proses ini berlangsung hingga air bebas di permukaan bahan habis menguap. Sementara itu, periode pengeringan dengan laju menurun terjadi setelah periode pengeringan laju tetap selesai. Di antara kedua periode tersebut terdapat titik kadar air kritis. Pengeringan dengan laju menurun berlangsung hingga mencapai kadar air kesetimbangan, yang merupakan kadar air terendah yang dapat dicapai pada suhu dan kelembaban tertentu. Proses pengeringan ini dapat divisualisasikan melalui kurva pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 5. Kurva laju pengeringan

Keterikatan air dalam produk pangan dapat digolongkan menjadi beberapa jenis, yaitu: air bebas (bulk water), air kapiler, air yang terikat secara fisik, dan air yang terikat secara kimia. Air bebas adalah air yang bebas dari komponen lain, sehingga setiap molekul air hanya berinteraksi dengan molekul air lainnya dan memiliki sifat fisiko-kimiawi yang sama dengan air murni. Air kapiler adalah air yang terperangkap dalam saluran sempit antara komponen bahan tertentu. Mayoritas dari jenis air ini memiliki sifat fisiko-kimiawi yang serupa dengan air bebas. Air yang terikat secara fisik adalah air yang sebagian besar molekulnya tidak sepenuhnya dikelilingi oleh molekul air lainnya, melainkan terhubung dengan

unsur lain seperti protein, karbohidrat, atau mineral. Jenis air ini memiliki sifat fisiko-kimiawi yang berbeda dari air bebas.

#### 2.4 Pindah Panas Pada Sistem

Pindah panas adalah proses perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu antara benda atau material. Pindah panas ini dapat terjadi antara dua medium yang berbeda, dan secara umum terbagi menjadi tiga cara, yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi. Pindah panas konduksi terjadi di dalam bahan atau dari suatu bahan ke bahan lainnya, di mana energi kinetik antara molekul saling bertukar tanpa ada pergerakan makroskopik dari molekul tersebut. Pindah panas konveksi terjadi akibat adanya pergerakan fluida panas, seperti aliran udara atau air, yang menyebabkan transfer energi dari satu tempat ke tempat lainnya. Sementara itu, pindah panas secara radiasi terjadi ketika energi dikirimkan dalam bentuk gelombang elektromagnetik dari suatu benda yang memiliki suhu tinggi ke benda dengan suhu yang lebih rendah. Perbedaan suhu antara karakteristik permukaan dari kedua bahan memainkan peran penting dalam mekanisme pindah panas ini (Heldman dan Singh 1976).

Total kalor yang digunakan dalam proses pengeringan gula semut terdiri dari beberapa komponen, yaitu: 1) kalor yang diperlukan untuk memanaskan gula semut dari suhu atmosfer ke suhu yang diinginkan, 2) kalor yang diperlukan untuk menghangatkan dan memanaskan kandungan air dalam gula semut, 3) kalor yang diperlukan untuk menguapkan (kalor laten) kandungan air dalam gula semut, 4) kalor yang keluar melalui ventilasi atau cerobong gas buang, 5) kebocoran kalor melalui dinding alat pengering gula semut, dan 6) kerugian kalor akibat radiasi dan kehilangan kalor ke udara sekitar.

Untuk mengevaluasi performa alat pengering gula kristal ini, dilakukan perhitungan secara bertahap sebagai berikut. Jumlah total kalor yang digunakan dalam proses pengeringan gula semut dapat dihitung seperti berikut:

$$Q_T = Q_D + Q_L \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

$Q_D$  : Kalor (energi) untuk pemanasan gula semut basah (k Joule)

$Q_L$  : Kalor (energi) yang hilang (k Joule)

Kalor untuk pemanasan gula semut basah (Q<sub>D</sub>), terdiri dari beberapa komponen energi dan dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_D = Q_S + Q_W + Q_{EW} \dots\dots\dots (2)$$

dimana

Q<sub>S</sub> : Kalor pemanasan gula semut (k Joule)

Q<sub>W</sub> : Kalor pemanasan air yang terkandung pada gula semut (k Joule)

Q<sub>EW</sub> : Kalor penguapan air gula semut (k Joule)

Kalor untuk pemanasan gula semut dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Q_S = W_{sf} C_{ps} (T_d - T_f) \dots\dots\dots (3)$$

dimana

W<sub>sf</sub> : berat gula semut basah setelah produksi (kg)

C<sub>ps</sub> : Panas jenis gula semut (k Joule/kg °C)

T<sub>d</sub> : Temperatur gula semut kering (°C)

T<sub>f</sub> : Temperatur gula semut awal (basah) (°C)

Kalor pemanasan air gula semut dinyatakan dengan persamaan berikut ini :

$$Q_W = W_{wf} C_{pw} (T_d - T_f) \dots\dots\dots (4)$$

dimana

W<sub>wf</sub> : berat kandungan air pada gula semut (kg)

C<sub>pw</sub> : Panas jenis air (k Joule/kg °C)

Kalor penguapan air gula semut dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$Q_{EW} = \Delta W_w h \dots\dots\dots (5)$$

dimana

ΔW<sub>w</sub> : berat air yang terbuang selama pengeringan (kg)

h<sub>fg</sub> : Kalor laten penguapan (k Joule/kg °C)

Sedangkan kalor (energi) yang hilang (Q<sub>L</sub>) diantaranya terdiri dari laju aliran kalor melalui dinding, laju aliran kalor melalui ventilasi, laju aliran kalor hasil pembakaran yang terbuang ke lingkungan. efisiensi total pengeringan gula semut dinyatakan sebagai berikut :

$$Q_L = (q_{Lw} + q_{lv} + q_{LA}) t \dots\dots\dots (6)$$

$$\mu_L = \frac{!''}{!#} \dots\dots\dots (7)$$

dimana

Q<sub>B</sub> : Kalor hasil pembakaran bahan bakar (k Joule)

Perpindahan kalor pada gula semut yang berada pada pan merupakan gabungan antara konduksi dan konveksi, yang sebagian besar dalam arah berlawanan. Semakin besar kapasitas gula semut (dalam satuan kg) yang dikeringkan, maka ketebalan lapisan perpindahan kalor konduksi semakin besar, sehingga untuk menghasilkan temperatur rata-rata gula semut yang sama besar, diperlukan pengaturan kapasitas bahan bakar yang berbeda. Semakin tebal lapisan gula semut pada pan, akan mengakibatkan laju pengeluaran kandungan uap air yang semakin sulit. Semakin tinggi kecepatan aliran udara pemanas akan mempercepat pengusiran kandungan air dalam gula semut, tetapi kalor yang terbuang semakin besar pula, sehingga perlu diatur kecepatan udara pemanas yang tepat. Untuk memperoleh standar operasi alat pengering gula ini, maka diperlukan pengaturan kapasitas gula semut, pengaturan konsumsi bahan bakar serta lama waktu operasi yang berbeda-beda guna memperoleh gula semut dengan tingkat kekeringan tertentu.

## 2.5 Gula Semut

Gula semut adalah salah satu inovasi dalam pengolahan nira, yang memiliki bentuk kristal kecil-kecil dan warna kuning kecokelatan. Gula semut juga dikenal dengan sebutan *palm sugar*, gula semut, *powdered coconut sugar*, atau *palm zuiker*. Keunikan bentuk kristal kecil ini membuat penggunaan gula semut menjadi lebih praktis (Baharuddin, 2010).

Pada pembuatan gula semut, nira yang digunakan sebagai bahan baku harus memiliki kualitas yang lebih baik daripada nira yang digunakan untuk pembuatan gula merah. Nira yang telah mengalami fermentasi dengan pH kurang dari 6 sulit untuk diolah menjadi gula semut melalui proses kristalisasi. Namun, nira tersebut masih dapat diolah menjadi gula cetak. Oleh karena itu, bahan baku yang digunakan sebaiknya adalah nira yang langsung diolah atau dimasak setelah disadap. Setiap penundaan dalam pengolahan nira dapat menyebabkan penurunan kualitas gula dan memperlambat proses produksi gula semut (Pangemanan, 2019).

Gula semut memiliki beberapa keunggulan, antara lain kemudahan larut, bentuk yang menarik, kemudahan dalam pengemasan dan pengangkutan, serta rasa dan aroma khas. Gula semut dapat digunakan sebagai tambahan dalam jamu atau minuman hangat, dalam adonan roti, kue, atau makanan lainnya. Selain itu, gula

semut juga dapat digunakan sebagai pengganti gula pasir (Zuliana C, 2016). Dari segi kesehatan, gula semut memiliki tingkat kemurnian yang tinggi (sekitar  $\pm 90\%$ ) dibandingkan dengan gula merah cetak (sekitar  $\pm 77\%$ ). Selain itu, gula semut memiliki indeks glikemik yang lebih rendah (sekitar 35) dibandingkan dengan gula kristal putih (sekitar  $\pm 65$ ). Kandungan sukrosa yang tinggi dalam gula semut membuat rasanya lebih manis, sedangkan bentuknya yang berbentuk bubuk memungkinkan tingkat kelarutan yang tinggi, sehingga mudah larut dalam air pada suhu normal. Gula semut juga memiliki aroma yang khas dan harum (Baharuddin, 2010).

Gula semut memiliki beragam kegunaan yang hampir serupa dengan gula merah, bahkan lebih beragam. Gula semut dapat digunakan sebagai hiasan pada kue basah dan kering, serta sebagai pengganti gula putih dalam minuman kopi dan teh. Keistimewaan gula semut yang menarik minat masyarakat adalah rasa manis yang khas dan aroma yang lebih khas dibandingkan dengan gula putih. Selain itu, gula semut juga memiliki manfaat yang serupa dengan gula pasir dari tebu. Gula semut dapat digunakan sebagai bumbu masak, pemanis minuman, serta pemanis dalam industri makanan seperti adonan roti, kue, dan produk makanan lainnya. Tabel 1 menunjukkan syarat mutu Gula Palma SNI 01 – 3743 -1995.

Tabel 1. Syarat Mutu Gula Palma SNI

No	Kriteria Uji	Satuan	Persyaratan Cetak	Butiran
1	Keadaan			
1.1	Bentuk		Normal	Normal
1.2	Rasa dan Aroma		Normal, Khas Kuning	Normal, Khas Kuning
1.3	Warna		Kuning Kuning Kecokelatan sampai Coklat	Kuning Kuning Kecokelatan sampai Coklat
2	Bagian yang larut dalam air	% bb	Maks 1	Maks. 0.2
3	Air	% bb	Maks 10	Maks 3
4	Abu	% bb	Maks 2	Maks 2
5	Gula Pereduksi	% bb	Maks 10	Min 6
6	Jumlah Gula Sebagai Sakarosa	% bb	Maks 77	Min 90
7	Cemaran Logam			
7.1	Seng (Zn)	mg/kg	Maks 40	Maks 40
7.2	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks 2	Maks 2

---

7.3	Tembaga	mg/kg	Maks 10	Maka 10
7.4	Raksa (Hg)	mg/kg	Maks 0.03	Maks 0.03
7.5	Timah (Sn)	mg/kg	Maks 40	Maks 40
8	Aren	mg/kg	Maks 1	Maks 2

---

Sumber : (Badan Standarisasi Nasi