

## **BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, dapat diambil kesimpulan:

1. Karakteristik kimia gula aren berubah secara sistematis selama pengolahan bertingkat, ditandai dengan penurunan kecerahan ( $L^*$ ) dari 30,76 menjadi 12,95, aktivitas air dari 0,777 menjadi 0,594, dan kadar air dari 32,32% menjadi 5,78%, serta peningkatan kadar abu, protein, lemak, karbohidrat, total gula, sukrosa, dan gula reduksi. Perubahan tersebut menunjukkan terjadinya pemekatan komponen yang disertai transformasi kimia selama pengolahan dengan gula aren semut menunjukkan karakteristik kimia yang paling terkonsentrasi.
2. Profil metabolit dan senyawa volatil menunjukkan transformasi komposisi metabolit yang progresif selama pengolahan bertingkat nira aren. Gula aren cair didominasi metabolit primer, terutama gula dan asam amino, serta beberapa metabolit sekunder seperti senyawa fenolik alami. Pada gula aren cetak, sebagian metabolit tersebut menurun atau menghilang, disertai munculnya produk antara reaksi Maillard seperti N-(1-Deoxy-1-fructosyl) phenylalanine dan 5-HMF. Transformasi semakin lanjut pada gula aren semut, ditunjukkan oleh peningkatan HMF, turunan fenolik, dan metabolit heterosiklik, serta senyawa volatil golongan pyrazine, furan, pyrrole, dan pyranone yang berkaitan dengan karakter aroma sweet, caramel, roasted, dan nutty. Hasil ini menunjukkan bahwa pengolahan bertingkat menggeser profil metabolit dari komponen alami menuju senyawa hasil transformasi termal..

3. Sifat fungsional gula aren menunjukkan perubahan seiring meningkatnya intensitas pengolahan. Total komponen fenolik meningkat dari 8,94 mg GAE/g pada gula aren cair menjadi 11,87 mg GAE/g pada gula aren semut, diikuti peningkatan aktivitas antioksidan DPPH dari 39,23% menjadi 63,76%. Sebaliknya, indeks glikemik in vitro menurun dari 39,79 menjadi 35,40, dengan seluruh produk tetap dalam kategori indeks glikemik rendah. Dengan demikian, pengolahan yang lebih lanjut menghasilkan produk dengan kandungan fenolik dan aktivitas antioksidan lebih tinggi serta respons glikemik lebih rendah.
4. Hubungan antara profil metabolit dan karakteristik produk menunjukkan adanya *trade-off* selama pengolahan. Peningkatan produk transformasi termal berkaitan dengan meningkatnya aktivitas antioksidan dan terbentuknya karakter aroma *caramel* dan *roasted*, tetapi juga disertai penurunan sebagian metabolit alami dan peningkatan HMF. Dengan demikian, intensifikasi pengolahan memberikan manfaat fungsional dan sensorial sekaligus memicu perubahan komponen yang perlu diperhatikan dalam pengendalian mutu produk.
5. Perbedaan karakteristik selama pengolahan menghasilkan potensi pemanfaatan yang berbeda pada setiap bentuk gula aren. Gula aren cair sesuai dikembangkan sebagai pemanis cair yang mempertahankan karakter bahan baku dan mudah diaplikasikan pada pangan atau minuman. Gula aren cetak sesuai untuk pemanis dengan karakter khas gula aren dan keseimbangan aroma *sweet*, *caramel*, dan *roasted*, sedangkan gula aren semut berpotensi sebagai pemanis serbuk dengan stabilitas penyimpanan, sifat fungsional, dan karakter aroma hasil pemanasan yang lebih kuat. Dengan demikian, bentuk gula aren yang paling sesuai ditentukan oleh karakteristik dan tujuan pemanfaatannya, bukan semata-mata oleh tingkat pengolahan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diberikan saran:

1. Perlu dilakukan *targeted metabolomics* untuk mengkuantifikasi metabolit utama yang teridentifikasi melalui analisis *untargeted* LC-MS/MS, khususnya senyawa hasil reaksi Maillard, senyawa fenolik, dan metabolit bioaktif, guna mengonfirmasi perubahan metabolit selama pengolahan.
2. Pengujian sifat fungsional dapat dikembangkan melalui metode ABTS, FRAP, atau ORAC serta pengujian aktivitas biologis secara *in vitro* maupun *in vivo* untuk mengonfirmasi kontribusi metabolit hasil transformasi termal terhadap sifat fungsional gula aren.
3. Perlu dikaji pengaruh suhu, waktu pemanasan, dan derajat pemekatan terhadap transformasi metabolit, pembentukan senyawa aroma, dan sifat fungsional untuk menentukan kondisi pengolahan yang optimal.
4. Perlu dilakukan kuantifikasi HMF dan produk transformasi termal lainnya pada berbagai tingkat pengolahan untuk mengevaluasi aspek keamanan pangan serta keseimbangan antara pembentukan senyawa yang berkontribusi terhadap sifat fungsional dan senyawa yang berpotensi merugikan.