

ANALISIS KONTAMINASI LOGAM BERAT DAN MIKROBA PADA GULA AREN SESUAI STANDAR PANGAN INDONESIA DI PUSAT PRODUKSI DESA MENGGALA LOMBOK UTARA



Dwining Elfriede^{1*)}, Yalun Arifin¹⁾, Natasya Aprilia¹⁾

¹Universitas Prasetya Mulya

*Corresponding author: dwiningputrie@gmail.com

To cite this article:

Elfriede, D., Arifin, Y., & Aprilia, N. (2023). Analisis Kontaminasi Logam Berat dan Mikroba Pada Gula Aren Sesuai Standar Pangan Indonesia di Pusat Produksi Desa Menggala Lombok Utara. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa Dan Pertanian*, 8(6), 214–222. <https://doi.org/10.37149/jimdp.v8i6.513>

Received: March 31, 2023; **Accepted:** October 10, 2023; **Published:** October 20, 2023

ABSTRACT

Palm sugar is widely produced in the North Lombok region, but the production process is still conventional. Consequently, the probability of metal contamination and microbial contamination is very high. This study aims to assign the safety characteristics of palm sugar in Menggala Village, North Lombok, in guaranteeing public health by analyzing the possible contamination. The requirements of factors are based on SNI 3743-2021 for metal contamination and SNI 7388:2009 for microbial contamination. This study used samples from Menggala Village, North Lombok, in November 2021. Samples were taken from one batch of the final product at the production house center, as much as 2 kg from 5 kg of total production. Heavy metal content was analyzed using AAS and ICP-OES. Analysis of Total Viable Count (TVC) and Total Yeast and Mold Count (TYMC) used the pour-plate TPC method, while the coliform test was analyzed using the Most Probable Number (MPN) method. The results of heavy metal contamination meet the SNI 3743:2021 standard. So, the palm sugar is free from these. The results of the TVC and TYMC meet the SNI 7388:2009 standard. However, the palm sugar does not meet the established criteria of SNI 7388:2009 for coliforms. The amount of presence above the threshold is the possible presence of pathogenic microbes that are harmful to human health. The cleanliness factor is the main factor causing the high value of coliform analysis. Several recommendations can be implemented, namely improving hygiene and sanitation facilities for workers, maintaining worker hygiene such as washing hands before and after processing, going to the toilet, handling dirty materials, and wearing clean clothes with head coverings, gloves, masks, or work shoes. Training and education programs are required, and incentives for workers to comply with these standards.

Keywords: Menggala Village; metal contamination; microbial contamination; North Lombok; palm sugar,

PENDAHULUAN

Gula mempunyai peran strategis dalam meningkatkan ekonomi Indonesia pada bidang perkebunan. Konsumsi gula di Indonesia diproyeksikan akan meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan penambahan kuantitas penduduk. Berdasarkan bahan pembuatnya, gula di Indonesia dibedakan menjadi beberapa jenis yaitu gula tebu, gula aren, dan gula kelapa. Menurut Badan Pusat Statistik tahun 2018 konsumsi gula di Indonesia mencapai 5,1 juta ton, namun pencapaian produksinya hanya 2,19 juta ton. Kebutuhan gula masyarakat Indonesia yang tidak disertai dengan ketersediaan gula menyebabkan Indonesia harus melakukan impor gula. Gula aren menjadi salah satu produk yang dapat digunakan sebagai pemanis alternatif atau dijadikan substituen gula tebu (Barlina *et al*, 2020).

Aren (*Arenga pinnata* Merr) merupakan merupakan tanaman endemik di negara-negara Asia Tenggara dan dapat ditemukan hampir seluruh kepulauan di Indonesia. Pohon aren juga dikenal sebagai tumbuhan dengan tinggi nilai sosial ekonomi karena hampir seluruh bagian pohonnya dapat dimanfaatkan. Gula aren menjadi salah satu produk yang diperoleh dari hasil penyadapan nira pada



pohon aren yang berpotensi untuk dimasukkan ke dalam produk pangan sebagai pengganti sukrosa (Saputro *et. al* 2020). Data dari media perkebunan menunjukkan produksi gula aren nasional diperkirakan sekitar 30 ribu ton per tahun dan masih berpotensi meningkat. Gula aren sendiri mempunyai warna dan aroma yang khas sehingga banyak digunakan dalam berbagai olahan makanan.

Salah satu pusat penghasil gula aren di Indonesia berada di Nusa Tenggara Barat (NTB). Jumlah keseluruhan luas area tanaman aren di provinsi NTB berjumlah 966,3 ha dengan jumlah produksi mencapai 211,3 ton. Sentra produksi gula aren di Provinsi NTB berada di Lombok Utara yaitu Kecamatan Pemenang. Kecamatan pemenang menjadi kecamatan tertinggi di Lombok Utara sebagai penghasil tanaman aren dengan rata-rata produksi mencapai 284,44 kg/Ha dan total luas area tanaman aren 20 Ha. Desa Menggala menjadi salah satu desa dalam Kecamatan Pemenang yang menjadikan gula aren sebagai salah satu mata pencaharian masyarakat setempat. Umumnya proses pengolahan gula aren di Desa Menggala masih sangat sederhana. Hal ini menyebabkan gula aren yang dihasilkan sangat beragam dan potensi kontaminasi senyawa berbahaya sangat besar.

Industri gula aren merupakan salah satu industri rumah tangga yang masih banyak diolah secara sederhana, padahal peluang pasar cukup besar karena nilai ekonomi gula aren yang cukup tinggi. Permintaan pasar akan gula aren masih cenderung meningkat karena produk gula aren masih banyak dimanfaatkan masyarakat dalam berbagai proses pembuatan makanan. Namun, gula aren petani lokal ini belum mampu bersaing dengan baik dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan rendahnya kesadaran produsen tentang pentingnya mutu produk. Kualitas produk gula aren bervariasi antar produsen tergantung pada masing-masing teknik produksi yang digunakan. Perbedaannya didasarkan pada personal hygiene, fasilitas sanitasi, kondisi panen, suhu pemanasan, waktu pemanasan, dan kondisi penyimpanan (Kurniawan *et. al* 2018).

Keamanan pangan ditujukan untuk mencegah kontaminasi pada bahan pangan sehingga dapat mengurangi potensi terjadinya sakit akibat konsumsi pangan yang berbahaya. Kontaminasi tersebut meliputi kontaminasi fisik, biologi, maupun kimia. Kehadiran logam berat dan mikroba dalam makanan dengan nilai ambang batas melebihi standar akan menimbulkan efek membahayakan untuk kesehatan masyarakat. Pencemaran logam berat menjadi salah satu perhatian utama untuk keamanan dan ketahanan pangan karena memberikan dampak yang merugikan pada kesehatan manusia dan lingkungan (Motesharrei *et. al* 2016).

Pengembangan penelitian gula aren saat ini meliputi modernisasi pembuatan gula aren (Agus *et. al* 2020), risiko dan faktor yang dapat berpengaruh terhadap hasil produksi (Widyantara, 2019), korelasi antara industri gula aren dengan kesejahteraan masyarakat (Pusung, *et.al* 2018), karakteristik kimia dan organoleptik gula aren di desa Tanjung Batu dan Kabangka (Mita *et. al* 2022) dan analisis karakteristik kualitas gula aren Baduy (Elfriede *et. al*, 2022). Penelitian mengenai kontaminasi gula aren telah dilakukan oleh Lay dan Karouw (2018) di desa Hariang-Lebak Banten. Hasilnya ditemukan cemaran logam timbal (Pb) dengan kadar <0.05%. Selain itu, penelitian Phaichamnan *et. al* (2010) pada sampel gula palma ditemukan kontaminasi cemaran mikroba yang melebihi batas standar yang ditetapkan.

Berdasarkan uraian di atas, diperlukan pengujian karakteristik keamanan gula aren Desa Menggala, Lombok Utara yang ditinjau dari kriteria cemaran logam berat dan cemaran mikroba. Hasil dari uji ini akan dibandingkan dengan SNI 3743-2021 untuk cemaran logam dan SNI 7388:2009 untuk cemaran mikroba. Penelitian ini adalah pertama kalinya gula aren dari Desa Menggala, Lombok Utara, dianalisis kontaminasi logam berat dan mikroba. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui tingkat keamanan gula aren dari daerah tersebut sesuai dengan standar pangan Indonesia dan memberikan rekomendasi perbaikan kualitas produk berdasarkan hasil analisis karakteristik yang diperoleh. Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kepercayaan konsumen dan pemasaran yang luas melalui penerapan industri gula aren yang aman dan berkualitas

MATERI DAN METODE

Pengambilan sampel dilakukan dari pengrajin gula aren di Desa Menggala, Kecamatan Pemenang, Lombok Utara pada bulan November 2021. Sampel diambil dari 1 *batch* produk akhir (gula cetak) dari pusat rumah produksi sebanyak 2 kg dari total produksi sebanyak 5 kg sesuai dengan minimal persyaratan pengujian. Sampel di kemas dengan kemasan plastik dan kemasan kardus, dibawa langsung oleh peneliti dari tempat produksi ke tempat pengujian dengan menggunakan moda transportasi darat dan udara, selanjutnya sampel disimpan dalam kulkas. Parameter yang diuji adalah cemaran logam berat (Pb, Cd, Sn, Hg, dan As) yang dibandingkan dengan SNI 3743:2021 dan

cemaran mikroba (ALT, koliform, dan AKK) yang dibandingkan dengan SNI 7338:2009. Sampel digerus dan ditimbang sesuai dengan kebutuhan pengujian. Pengujian dilakukan secara duplo.

Analisis Cemaran Logam

Analisa cemaran logam dilakukan di Laboratorium Balai Besar Industri Agro. Analisis cemaran logam timbal (Pb) dilakukan dengan pengabuan kering pada suhu 450°C yang dilarutkan dalam larutan asam yang mengacu pada AOAC, sedangkan analisis cemaran logam timah (Sn), merkuri (Hg), dan Arsen (As) dilakukan berdasarkan SNI 2896:1998. Kemudian dilanjutkan pembacaan nilai dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) yang menggunakan Lambda 283,3 nm untuk Pb, 286,3 nm untuk Sn, 253,7 nm untuk Hg, dan 193,7 nm untuk As. Sedangkan untuk kadmium (Cd) dilakukan dengan *microwave digestion* kemudian dilakukan pembacaan nilai yang menggunakan Lambda 228,8 nm dengan *Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (Julshamn *et. al* 2013). Hasil perhitungan akan dibandingkan dengan SNI 3734:2021.

Analisis Cemaran Mikroba

1. Angka Lempeng Total

Semua peralatan yang digunakan dalam analisis cemaran mikroba telah disterilisasi dengan alat autoclave (T : 121°C, t : 15 menit, p : 1 atm). Angka Lempeng Total (ALT) dilakukan secara kuantitatif untuk menghitung banyaknya mikroba pada sampel dengan metode *Total Plate Count* (TPC) cawan tuang sesuai acuan SNI 01-2897-1992. Satu ml sampel dari masing-masing pengenceran tingkat 10^{-1} , 10^{-2} , dan 10^{-3} dituangkan ke cawan petri dan ditambahkan media *Plate Count Agar* (PCA), kemudian diinkubasi 72 jam pada suhu 30°C (duplo). ALT dihitung dengan *Standar Plate Count* (SPC) yaitu minimal 30-300 koloni, kemudian hasil dari perhitungan koloni dibandingkan dengan SNI 7388:2009 kategori nomor 11 dengan batas ALT untuk gula aren adalah 3×10^3 koloni/g.

2. Analisis Koliform

Analisis bakteri koliform dilakukan dengan metode Angka Paling Mungkin (APM) sesuai acuan ISO 4831:2006. Pengenceran awal dilakukan dengan mengambil 1 g sampel gula aren ke dalam tabung berisi 9 ml NaCl fisiologis (10^{-1}), lalu 1 ml dari tabung 10^{-1} ke dalam 9 ml 0,85% NaCl fisiologis (10^{-2}). Analisis koliform menggunakan 2 tahapan yaitu: a) Uji Pendugaan (*Presumptive test*) yaitu uji pendugaan ini menggunakan seri 3 tabung, sebanyak 10 ml sampel dari tabung 10^{-1} dipindahkan ke dalam tiga tabung *Lactose Broth double strength*, 1 ml sampel dari tabung 10^{-1} dipindahkan ke dalam tiga tabung *Lactose Broth single strength*, 1 ml sampel dari tabung 10^{-2} dipindahkan ke dalam tiga tabung *Lactose Broth single strength*. Tabung Durham dimasukkan terbalik ke dalam masing-masing tabung. Lalu, dilakukan inkubasi (T : 37°C, t : 24 jam dan 48 jam). Setelah 24 jam pertama, tabung yang membentuk gas diambil dan dihitung, sedangkan tabung yang tidak terbentuk gas disimpan kembali selama 24 jam kedua, kemudian lihat kembali perubahannya. Bila terbentuk gas dan terjadi perubahan warna maka uji pendugaan dinyatakan positif dan dapat dilanjutkan ke uji penegasan (*confirmed test*), dan b) Uji Penegasan (*Confirmed test*) yaitu uji ini dilakukan dengan mengambil 1 ose dari masing-masing tabung hasil positif yang terbentuk gas pada uji pendugaan ke dalam tabung *Brilliant Green Lactose Bile broth* (BGLB). Setelah itu, tabung-tabung diinkubasi (T : 37°C, t : 24 jam dan 48 jam). Terbentuknya gelembung dan perubahan warna pada tabung menunjukkan indikasi positif. Hasil dari perhitungan dibandingkan dengan SNI 7388:2009 kategori nomor 11 dengan batas APM untuk gula aren adalah <3/g.

Angka Kapang Khamir

Angka Kapang Khamir (AKK) dilakukan dengan metode *Total Plate Count* (TPC) cawan tuang. Satu ml sampel dari masing-masing pengenceran tingkat 10^{-1} , 10^{-2} , dan 10^{-3} dituangkan ke cawan petri dan ditambahkan media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Setelah itu, dilakukan inkubasi (T : 25°C, t : 5 hari). Perhitungan dilakukan dengan *Standar Plate Count* (SPC) yaitu minimal 30-300 koloni, kemudian hasil dari perhitungan koloni dibandingkan dengan SNI 7388:2009 kategori nomor 11 dengan batas ALT untuk gula aren adalah 3×10^3 koloni/g.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Cemaran Logam

Logam berat merupakan salah satu kontaminan yang sangat beracun atau merusak lingkungan, sedangkan beberapa lainnya bersifat toksik hanya jika dikonsumsi secara berlebihan atau ditemui dalam bentuk tertentu. Konsumsi makanan yang terkontaminasi merupakan cara utama

masuknya logam berat ke dalam tubuh manusia (Pratiwi *et al*, 2022). Logam berat yang masuk diabsorpsi oleh saluran pencernaan dan didistribusikan dengan cepat keseluruh tubuh, kemudian terakumulasi ditubuh manusia (Pratiwi, 2020). Peningkatan akumulasi logam berat seperti di hati dan ginjal akan membatasi kinerja enzim yang dapat mengganggu metabolisme tubuh sehingga dapat beresiko penyakit kanker (Dehkordi dan Alehashem 2013).

Gula aren yang berkualitas adalah gula aren yang memiliki cemaran logam sesuai yang disarankan SNI 3743-2021. Cemaran logam itu diantaranya Pb, Cd, Sn, Hg, dan As.

Tabel 1. Hasil analisis cemaran logam

Parameter	Syarat SNI (mg/kg)	Rata-rata (mg/kg)	Interpretasi
Pb	maks. 0,25	< 0,03	MS
Cd	maks. 0,20	<0,00011	MS
Sn	maks. 40	< 0,03	MS
Hg	maks. 0,03	< 0,03	MS
As	maks. 1,0	< 0,03	MS

Keterangan: MS = Memenuhi Syarat

Tabel 1 menunjukkan hasil analisis cemaran logam berat sampel gula aren. Berdasarkan data yang diperoleh, menunjukkan bahwa sampel gula aren memenuhi persyaratan cemaran logam berat sesuai dengan SNI 7388:2009. Hasil analisis ini dapat digunakan oleh produsen di Desa Menggala untuk meningkatkan kepercayaan konsumen karena telah terbukti aman dari kontaminasi logam berat. Lokasi produksi terletak di dalam hutan yang masih asri, jauh dari lalu lintas kendaraan maupun aktivitas industri. Selain itu penggunaan air untuk mencuci peralatan berasal dari pegunungan yang tidak terkontaminasi limbah industri, sifat tanah yang subur dan tidak menggunakan pestisida (Khan *et. al* 2008). Namun, kondisi produksi ini dapat berubah seiring waktu seiring dengan pengembangan desa. Untuk mengantisipasi hal tersebut, maka produsen harus memastikan sumber-sumber logam berat seperti air, peralatan masak, personil tetap menjalankan prinsip-prinsip higienis dan sanitasi pangan. Selain itu, gula aren harus dilakukan uji laboratorium secara berkala untuk menjamin keamanan produk bebas dari logam berat.

Kandungan logam yang masih dapat terdeteksi harus tetap diwaspadai. Penggunaan peralatan memasak berbahan dasar logam dapat berdampak negatif untuk mengakumulasi transfer logam berat ke dalam makanan karena adanya penggabungan dengan senyawa organik yang kemudian mempercepat proses pengendapan dan sedimentasi (Ogidi *et. al* 2017; Cahyani *et al* 2016). Selain itu, lokasi produksi yang tidak tertutup dapat meningkatkan kontaminasi logam melalui udara ke dalam tubuh manusia yang dapat terakumulasi dan menimbulkan masalah kesehatan (Ollor *et. al* 2022), sehingga diperlukan komitmen dan biaya dari produsen untuk membangun rumah produksi yang layak sesuai dengan standar keamanan pangan.

Analisis Cemaran Mikroba

Tingginya kandungan gula mengakibatkan nira sangat mudah terjadi fermentasi sehingga berubah menjadi alkohol diikuti dengan perubahan rasa asam. Kontaminasi mikroorganisme selama pemrosesan dan penyimpanan nira dapat mengubah sebagian sukrosa menjadi gula reguksi yang kemudian menjadi asam organik dan alkohol. Marsigit (2005) dan Mulyawanti *et. al* (2011) menyebutkan bahwa mikroorganisme *Saccharomyces cerevisiae* banyak ditemukan pada nira sehingga terjadi proses fermentasi gula menjadi alkohol. Mikrobaa tersebut mungkin berasal dari bumbung tempat penyadapan, udara, ataupun kontaminan lainnya selama proses penyadapan yang mencemari nira. Berdasarkan SNI 7388:2009, gula aren termasuk dalam kategori pangan nomor 11 (pemanis, termasuk madu). Jenis cemaran mikroba seperti Angka Lempeng Total (ALT), Angka Kapang Kamir (AKK), dan koliform menjadi tiga aspek yang perlu dianalisis untuk mengetahui kualitas gula aren.

1. Angka Lempeng Total

Angka Lempeng Total (ALT) digunakan untuk mengetahui banyaknya mikroorganisme dalam produk dengan cara menghitung pertumbuhan koloni mikroba di media agar yang dapat dilihat secara langsung tanpa menggunakan mikroskop (Maghfiroh *et al* 2021). ALT akan memberikan perkiraan jumlah mikroorganisme yang dapat tumbuh secara aerobik. Menurut persyaratan perhitungan *Standard Plate Count* (SPC) jumlah koloni tidak memenuhi syarat yaitu 30-300 koloni maka hasil dianggap bersih atau Terlalu Sedikit Untuk Dihitung (TSUD).

Jumlah mikroorganisme pada sampel menunjukkan angka 0 CFU/g. Kandungan air dan tingkat kelembaban dalam makanan menjadi faktor yang mempengaruhi daya tahan makanan

terhadap serangan mikrobaa. Gula aren memiliki kadar air yang rendah mencapai 7-8% sehingga tidak mendukung pertumbuhan mikrobaa. Menurut SNI 7338:2009, batas cemaran mikrobaa pada pengujian Angka Lempeng Total adalah maksimal 3×10^3 CFU/g, sehingga sampel dapat dinyatakan memenuhi persyaratan SNI 7338:2009.

Walaupun nilai ALT telah memenuhi standar, namun keberadaan mikroba pada gula aren sangat tergantung dari wadah yang digunakan, metode perlakuan awal untuk mensterilkan wadah dan waktu penyadapan. Hal tersebut dibuktikan dari rata-rata pertumbuhan bakteri yang disadap dengan menggunakan wadah aluminium mencapai 12,5 CFU/ml pada pagi hari dan meningkat menjadi 350 CFU/ml pada sore hari (Gunawan *et al.*, 2020). Jaya *et al.* (2016) mengungkapkan bahwa interaksi antara suhu pemanasan dan lama penyimpanan secara signifikan ($P < 0,01$) dapat mempengaruhi jumlah mikroorganisme. Pemanasan nira aren dengan suhu 121°C merupakan perlakuan terbaik selama penyimpanan. Penyimpanan nira aren selama 4 hari pada wadah tertutup masih dapat diolah menjadi gula karena nilai pH 6,38.

2. Uji Koliform

Analisis koliform bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu grup bakteri yang dapat digunakan sebagai indikator/indeks potensi keberadaan bakteri berbahaya lainnya di dalam sampel (Rompre *et al.* 2002). Sebagian besar koliform terdapat dalam usus manusia dan ditemukan dalam limbah tinja sehingga analisis koliform digunakan sebagai indikator kualitas mikrobiologis bahan pangan. Pada analisis uji koliform menggunakan media *lactose broth* dan BGLB. Tabung yang positif akan membuat media berwarna keruh dan membentuk gelembung gas (Patel *et al.*, 2014). Gelembung udara yang terbentuk dalam tabung durham dapat terjadi karena kemampuan koliform untuk menghasilkan asam dan gas dari proses fermentasi laktosa selama 24-48 jam dengan suhu 37°C .

Tabel 2. Hasil analisis koliform *presumptive test*

No. Sampel	Syarat SNI (MPN/g)	Angka Tabung Positif (0,1-0,01-0,001)	Hasil Analisis \pm St. Dev (MPN/g)	Interpretasi
1	<3	3-2-0	420 ± 0	TMS
2	<3	3-2-0	420 ± 0	TMS

Keterangan : TMS = Tidak Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil analisis koliform dengan metode APM yang telah dilakukan terhadap sampel gula aren, dapat dilihat dari Tabel 2, bahwa sampel gula aren tidak memenuhi syarat cemaran bakteri koliform SNI 7388:2009 dengan angka cemaran <3 MPN/g.

Tahapan selanjutnya adalah uji penegasan (*confirmed test*) menggunakan media BGLB untuk menghilangkan hasil positif palsu (*false positive*). Tabung dinyatakan positif (+) bakteri apabila terlihat adanya gelembung gas dan berwarna keruh.

Tabel 3. Hasil analisis koliform *confirmed test*

No. Sampel	Syarat SNI (MPN/g)	Angka Tabung Positif (0,1-0,01-0,001)	Hasil Analisis \pm St. Dev (MPN/g)	Interpretasi
1	<3	3-2-0	420 ± 0	TMS
2	<3	3-2-0	420 ± 0	TMS

Keterangan : TMS = Tidak Memenuhi Syarat

Hasil pengamatan pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa uji penegasan tetap menghasilkan tabung positif, ditandai dengan pembentukan gelembung dan berwarna keruh. Hal ini dapat disimpulkan bahwa sampel gula aren tidak memenuhi standar sesuai SNI 7388:2009.

Golongan total koliform terbagi menjadi dua, yaitu 1) koliform fekal, seperti *E. coli* yang dapat ditemukan dari hasil pembuangan manusia dan hewan berdarah panas, 2) koliform nonfekal, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang dapat ditemukan dari hewan atau tanaman yang sudah mati. Keberadaan bakteri tersebut terjadi saat menggunakan pupuk pada tanaman yang bersumber dari hasil pembuangan manusia atau hewan. Beberapa koliform, seperti *E. coli*, dapat menjadi resisten terhadap antibiotik, yang membuatnya lebih sulit untuk diobati jika menginfeksi manusia. Infeksi dapat terjadi pada mukosa hidung dan faring, selain itu dapat mengakibatkan pneumonia dan infeksi saluran kencing. Bagi produsen, dampak yang dapat terjadi yaitu penarikan produk, kerugian finansial, dan kerusakan reputasi.

Faktor kebersihan menjadi salah satu faktor utama yang menyebabkan nilai yang tinggi pada analisis koliform.



Gambar 1. Proses produksi gula aren

Gambar 1 menunjukkan proses produksi gula aren, dimana proses produksi gula aren yang kurang memenuhi standar kebersihan seperti penerapan praktik higiene dan sanitasi yang kurang baik dari karyawan sehingga dapat mencemari produk akhir. Kontaminasi dari tangan manusia dan alat produksi menjadi salah satu sumber yang dapat berkontribusi pada pertumbuhan kembali bakteri koliform (Mellor *et. al* 2013). Selain itu, gula dapat terkontaminasi dari lantai produksi yang bersentuhan langsung dengan tanah.

Angka Kapang Khamir

Analisis Angka Kapang Khamir dilakukan untuk mengetahui banyaknya kapang dan khamir yang terdapat pada produk pangan dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Berdasarkan hasil analisis angka kapang khamir yang dilakukan terhadap sampel gula aren dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis angka kapang khamir

No. Sampel	Syarat SNI (Cfu/g)	Negative Control (Cfu/g)	Hasil Analisis \pm St. Dev (Cfu/g)	Interpretasi
1	1×10^2	0	0 ± 0	MS
2	1×10^2	0	0 ± 0	MS

Keterangan: MS = Memenuhi Syarat

Berdasarkan hasil pengamatan dapat disimpulkan bahwa produk tidak ditemukan pertumbuhan kapang dan khamir. Pertumbuhan kapang sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor tersebut adalah kandungan nutrisi substrat, suhu, ketersediaan oksigen, tingkat keasaman dan keberadaan senyawa penghambat (Assah dan Indriaty 2018). Berdasarkan SNI 7338:2009, batas cemaran pada pengujian Angka Kapang Khamir adalah maksimal 1×10^2 cfu/g. Tidak ditemukannya pertumbuhan kapang dan khamir sehingga dapat disimpulkan bahwa sampel dinyatakan memenuhi persyaratan batas cemaran mikroba kapang dan khamir.

Keberadaan kapang dan khamir dapat menyebabkan kerusakan produk, kerugian ekonomi, dan masalah kesehatan seperti alergi dan toksikosis. Kapang merupakan sel eukariotik, nonmotile, terdiri dari benang-benang halus atau hifa, sedangkan khamir merupakan sel eukariotik sel, berbentuk bulat lonjong, diklasifikasikan sebagai anaerob fakultatif, yang berarti mereka mampu melakukan respirasi aerob dan anaerob (Osman dan Bozoglu, 2016). Penelitian yang dilakukan oleh Mulyawanti *et. al* (2011), keberadaan khamir *Candida tropicalis* dan *Candida crusei* dapat ditemukan pada sampel nira aren. *Candida sp* menjadi salah satu jamur patogen pada manusia yang dapat menimbulkan infeksi mukosa dan kulit serta infeksi sistemik (Navarro-Arias *et al*, 2019); (Turner dan Geraldine, 2014).

Khamir *Candida tropicalis* telah diidentifikasi dapat menghambat pertumbuhan *C. acutatum* secara in vitro dan penyakit antraknosa (68,20%) melalui mekanisme hiperparasitisme. Khamir ini dapat membentuk senyawa volatil (34,51%), enzim kitinolitik (indeks kitinolitik 1,4) dan enzim ACC deaminase. Namun kemampuannya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui mekanisme induksi resistensi masih belum diketahui. Berdasarkan hasil penelitian Hartati *et al* (2019) dapat disimpulkan bahwa khamir *C. tropicalis* mampu meningkatkan tinggi, jumlah daun, dan bobot kering tanaman cabai melalui perlakuan induksi resistensi. Khamir ini juga mempunyai virulensi paling tinggi

dikarenakan kemampuan perlekatan pada sel epitelial dan mensekresi proteinase dalam tingkat sedang.

Rekomendasi Pemenuhan Keamanan Pangan

Gula aren pada dasarnya terdiri dari sukrosa, glukosa dan fruktosa, serta komponen lain seperti protein, padatan tidak larut, dan sekelompok mineral. Sebagian besar komponen ini berasal dari alam. Namun, keberadaan unsur-unsur seperti kromium (Cr), timbal (Pb), dan kadmium (Cd) dapat dikaitkan dengan aktivitas antropogenik, seperti praktik pertanian, proses industri, eksploitasi mineral, dan pembuangan residu beracun atau komposisi tanah. Selain itu, dalam literatur dilaporkan bahwa pupuk yang digunakan di perkebunan dapat menyebabkan kontaminasi tanaman dan tanah oleh logam beracun (Santos *et al* 2018). Faktor lain yang perlu menjadi pertimbangan adalah kurangnya standarisasi dan kontrol kualitas dalam persiapan produk pengrajin yang meningkatkan risiko kontaminasi. Cemaran logam menjadi salah satu parameter syarat mutu penentu kualitas gula aren. Di Indonesia terdapat standar yang digunakan untuk menjamin keamanan, keselamatan, dan kesehatan dari suatu produk.

Mikroorganisme yang dapat tumbuh pada gula aren yaitu bakteri *Staphylococcus aureus*, *Micrococcus sp.* dan *Escherichia coli*, serta khamir *Candida tropicalis*. Bakteri-bakteri ini dapat tumbuh pada suhu 30-37°C dan biasa ditemukan kulit manusia dan membran mukosa hewan vertebrata berdarah panas, meskipun demikian bakteri ini dapat ditemukan di lingkungan sekitar termasuk udara, air, debu, hasil pembuangan manusia dan hewan (Argaw dan Addis, 2015). Keberadaan bakteri pada gula aren dapat disebabkan oleh kontak dengan manusia selama proses produksi, biasanya ditemukan pada kulit manusia. Bakteri *Staphylococcus aureus* bersifat patogen bagi manusia karena dapat menghasilkan toksin. Bakteri *Micrococcus sp.* ini tidak dianggap patogen, namun beberapa strain telah dilaporkan menyebabkan berbagai jenis infeksi (Bergey *et al*, 1994). Sedangkan *Escherichia coli* dapat bersifat patogen apabila melebihi batas keberterimaan sehingga dapat menjadi indikator kebersihan, kualitas makanan, dan keamanan pangan. Interaksi antar mikroorganisme dapat saling berkompetisi untuk mendapatkan nutrisi dalam gula aren. Peningkatan konsentrasi sukrosa dapat mencegah tumbuhnya *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* dan *Candida sp.* Penggunaan suhu dan lama waktu pemanasan yang tepat dapat mengurangi pertumbuhan mikroorganisme tersebut.

Pentingnya keamanan pangan melalui penerapan higiene dan sanitasi perlu diterapkan selama proses produksi terutama untuk industri makanan sebagai upaya untuk memberikan perlindungan terhadap konsumen. Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) telah mengeluarkan Cara Produksi Pangan yang Baik bagi Industri Rumah Tangga (CPPB-IRT) dimana didalamnya mengatur persyaratan yang harus dipenuhi saat menangani makanan dari bahan mentah hingga produk jadi. Area proses produksi gula aren di Desa Menggala Lombok Utara yang masih sederhana dan menunjukkan potensi besar untuk menjadi sumber pencemaran potensial. Lokasi, lingkungan, bangunan dan fasilitas produksi harus selalu bersih dan terbebas dari kontaminasi fisik, kimia dan biologi.

Berdasarkan Peraturan Kepala BPOM tentang CPPB-IRT, terdapat beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan yaitu 1) Sarana higiene dan sanitasi bagi pekerja seperti fasilitas mencuci tangan dan toilet harus dalam keadaan bersih dan memadai. Hal ini menjadi sangat penting untuk diterapkan terutama untuk pekerja yang berkontak langsung dengan bahan pangan (*food handler*), 2) Kebersihan dari pekerja harus selalu dijaga. Mulai dari mencuci tangan dengan sabun sebelum dan sesudah produksi, sesudah dari toilet, dan sesudah memegang alat/bahan yang kotor, 3) Pekerja juga seharusnya mengenakan pakaian yang bersih dan dilengkapi dengan berbagai pelengkap pendukung seperti penutup kepala, sarung tangan, masker, ataupun sepatu kerja, 4) Adanya program pelatihan dan pendidikan yang berkelanjutan, serta insentif bagi pekerja untuk mematuhi standar tersebut.

Banyak faktor yang mempengaruhi higiene dan sanitasi antara lain faktor lingkungan, faktor infrastruktur (gedung dan fasilitas), dan pengetahuan pekerja pengolah makanan. Cakupan area pengawasan yang luas, masih kurangnya kesadaran dan pengetahuan bagi para produsen dan konsumen tentang keamanan pangan. Selain itu keterbatasan tenaga pengawas dan penyuluhan yang kompeten, serta infrastruktur yang kurang mendukung menjadi tantangan dalam meningkatkan keamanan pangan di Indonesia (Wahongon *et. al* 2021)

KESIMPULAN DAN SARAN

Sampel gula aren dari Desa Menggala sudah memenuhi kriteria SNI 3743:2021 untuk cemaran logam berat dan SNI 7338:2009 mengenai batas maksimum cemaran mikroba untuk

parameter ALT dan AKK. Sedangkan untuk total koliform belum memenuhi standar SNI yang ditetapkan dengan nilai 420 APM/g. Kebersihan personil, peralatan dan lingkungan menjadi kunci utama untuk dapat menurunkan jumlah koliform. Penerapan higiene dan sanitasi harus diterapkan dengan membuat fasilitas bagi pekerja seperti fasilitas mencuci tangan dan toilet harus dalam keadaan bersih dan memadai, kebersihan dari pekerja harus selalu dijaga dan mengenakan pakaian yang bersih dan dilengkapi dengan berbagai pelengkap pendukung seperti penutup kepala, sarung tangan, masker, ataupun sepatu kerja. Strategi mitigasi untuk mengurangi resiko kontaminasi dapat dilakukan dengan menerapkan prosedur sterilisasi alat yang ketat dan melakukan pengecekan produk secara berkala. Selain itu perlu adanya program pelatihan dan pendidikan yang berkelanjutan, serta insentif bagi pekerja untuk mematuhi standar tersebut. Pemahaman konsumen dalam memilih produk yang aman perlu dilakukan untuk menghindari penyakit bawaan makanan seperti edukasi cek label produk dan cara penyimpanan yang tepat. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan potensi patogenitas mikroorganisme pada gula aren Desa Menggala. Penggunaan teknologi modern dalam industri makanan juga diperlukan untuk memantau proses produksi dan kualitas produk serta penggunaan teknologi biologi molekuler untuk melakukan identifikasi dan pengawasan mikroorganisme patogen untuk peningkatan kualitas produk di masa depan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas pendanaan kegiatan yang diusulkan dalam hibah internal Sekolah STEM Universitas Prasetiya Mulya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat

REFERENSI

- Agus, Saleh, M., & Harjito. (2020). Desa Tongo, Kecamatan Sekongkang, Kabupaten Sumbawa Barat. *Jurnal Tambora*, 133-142.
- Argaw, S., & Addis, M. (2015). Argaw, S. dan Addis, M. A Review on Staphylococcal Food Poisoning. *Food Science and Quality Management*, 59-72.
- Barlina, R., Karouw, S., & Pasang, P. (2020). Pengaruh Sabut Kelapa Terhadap Kualitas Nira Aren dan Palm Wine. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 166.
- Bergey, D., Buchanan, R., & Gibbons, N. (1994). *Bergey's Manual of Determinative Bacteriology, Ninth Ed.* America: Baltimore, Williams & Wilkins Co.
- Cahyani, N., Lumban Batu, D., & Sulistiono. (2016). Kandungan logam berat Pb, Hg, Cd, dan Cu pada daging ikan rejung (Sillago sihama) di estuary sungai donan, cilacap, jawa tengah. *JPHPI*, 267-276.
- Dehkordi, J., & Alehashem, M. (2013). Heavy metal contamination of vegetables in Isfahan, Iran. *Res Pharm Sci*, 51-58.
- Elfriede, D., Dewi, R., Fransisca, & Wdiastuti, N. (2022). Quality Characteristic Analysis of Baduy Palm Sugar. *Carpathian journal of food science and technology*, 48-59.
- Gunawan, W., Maulani, R., Hati, E., Awaliyah, F., Afif, A., & Albab, A. (2020). Evaluation of Palm Sap (Neera) Quality (Arenga pinnata Merr) in Processing of HouseHold Palm Sugar (Case Study on Aren Farmers in Gunung Halu Village, Gunung Halu District, West Bandung Regency). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 466.
- Hartati, S., Tarina, L., Yulia, E., & Djaya, L. (2019). Pengaruh induksi resistensi oleh Khamir *Candida tropicalis* terhadap pertumbuhan tanaman cabai terinfeksi *Colletotrichum acutatum*. *Jurnal Agrikultura*, 17-24.
- Julshamn, K., Maage, A., Norli, H., Grobecker, K., Jorhem, L., Fecher, P., et al. (2013). Determination of Arsenic, Cadmium, Mercury, and Lead in Foods by Pressure Digestion and Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry: First Action 2013.06. *J AOAC Int*, 1101.
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y., Huang, Y., & Zhu, Y. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution*, 686-692.
- Kurniawan, T., Jayanudin, J., Kustiningsih, I., & Firdaus, M. (2018). Palm Sap Sources, Characteristics, and Utilization in Indonesia. *Journal of Food and Nutrition Research*, 590-596.
- Lay, A., & Karouw, S. (2018). Mutu Gula Aren dan Perubahannya Selama Penyimpanan (Studi Kasus di Desa Hariang-Lebak Provinsi Banten). *Buletin Palma*.

- Maghfiroh, L., Estoepangestie, A., Nurhajati, T., Harijani, N., Effendi, M., & Handijatno, D. (2021). Total plate count of commercial pasteurized milk sold by street vendors in Mulyorejo sub-district Surabaya. *Journal of halal product and research*, 65.
- Marsigit, W. (2005). Penggunaan Bahan Tambahan Pada Nira Dan Mutu Gula Aren. *Jurnal Penelitian UNIB*, 42-48.
- Mellor, J., Smith, J., Samie, A., & Dillingham, R. (2013). Coliform Sources and Mechanisms for Regrowth in Household Drinking Water in Limpopo, South Africa. *J Environ Eng (New York)*, 1152-1161.
- Mita, S., Asyik, N., & Sadimantara, M. (2022). Karakteristik kimia dan organoleptic gula aren yang diproduksi oleh masyarakat Desa Tanjung Batu dan Kabangka. . *Journal of Agricultural Sciences*, 118-125.
- Motesharrei, S., Rivas, J., Kalnay, E., Asrar, G., Busalacchi, A., & Cahalan, R. (2016). Modeling sustainability: population, inequality, consumption, and bidirectional coupling of the Earth and Human Systems. *National Science Review*, 470-494.
- Mulyawanti, I., Setyawan, N., Nur, A., & Syah, A. (2011). Evaluasi Mutu Kimia, Fisika dan Mikrobiologi Nira Aren (*Arenga pinnata*) Selama Penyimpanan. *Agritech*, 325-332.
- Navarro-Arias, M., Hernández-Chávez, M., García-Carnero, L., Amezcua-Hernández, D., Lozoya-Pérez, N., Estrada-Mata, E., et al. (2019). Differential recognition of *Candida tropicalis*, *Candida guilliermondii*, *Candida krusei*, and *Candida auris* by human innate immune cells. *Infect Drug Resist*, 783-794.
- Ollor, O., Awa, J., Aleru, C., Agi, V., & Wachukwu, C. (2022). Cooking Pots: A Source of Heavy Metal Contamination of Food and Water. *Journal of Advances in Microbiology*, 425-432.
- Phaichamnan, M., Posri, W., & Meenune, M. (2010). Quality profile of palm sugar concentrate produced in Songkhla Province, Thailand. *International Food Research Journal*, 425-432.
- Osman, E., & Bozoglu, T. (2016). *Food Microbiology: Principles into Practice 2 Volumes* (1 ed.). Istanbul: John Wiley & Sons, Ltd.
- Patel, A., Singhania, R., Pandey, A., Joshi, V., Nigam, P., & Soccol, C. (2014). *Encyclopedia of Food Microbiology: Second Edition*. UK: Elsevier Inc.
- Pratiwi, D. (2020). Dampak pencemaran logam berat (timbal, tembaga, merkuri, kadmium, krom) terhadap organisme perairan dan kesehatan manusia. . *Jurnal akuatek*, 59-65.
- Pratiwi, W., & Asri, M. (2022). *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Indigenous Pendegradasi Pestisida Profenofos dan Klorantraniliprol di Jombang Jawa Timur*. Lentera Bio : Berkala Ilmiah Biologi.
- Pusung, R., Tumbel, T., & Punuindoong, A. (2018). Pengaruh industri gula aren terhadap tingkat kesejahteraan rumah tangga di desa Mopolo, Kecamatan Ranoyapo. *Jurnal Administrasi Bisnis*, 10-20.
- Rompre, A., Servais, P., Baudart, J., Roubin, M., & Laurent, P. (2002). Detection and enumeration of coliforms in drinking water: current methods and emerging approaches. *Journal of Microbiological Methods*, 31-54.
- Santos, J., Quinária, S., & Felsner, M. (2018). Fast and direct Cr, Cd, and Pb analysis in brown sugar by GF AAS. *Food Chemistry*, 19-26.
- Turner, S., & Geraldine, B. (2014). The *Candida* pathogenic species complex. *Cold Spring Harb Perspect Med*.
- Saputro, A., van de Walle, D., & Dewettinck, K. (2020). Physicochemical properties of coarse palm sap sugars as a natural alternative sweetener. *Food Bioscience*, 1-17.
- Wahongan, A., Simbala, Y., & Gosal, V. (2021). Strategi Mewujudkan Keamanan Pangan Dalam Upaya Perlindungan Konsumen. *LexEtSocietatis*, 1-26.
- Widyantara, W. (2019). Risiko dan faktor-faktor yang mempengaruhi produksi gula aren cetak di desa belimbing, kabupaten tabanan. *Jurnal Manajemen Agribisnis*, 71-75.