

#### 4. FAKTOR PENYEBAB KONTAMINASI PADA RANTAI PRODUKSI SUSU KEDELAI

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No 86 tahun 2019, rantai pangan didefinisikan sebagai tahapan di dalam produksi, pengolahan, distribusi, penyimpanan, dan penanganan dari bahan baku hingga produk jadi, mulai dari proses produksi hingga konsumsi. Secara singkat, rangkaian proses produksi pangan digambarkan dalam skema (Gambar 3), yang dimulai dari persiapan bahan baku, kemudian kondisi penyimpanan dan pengangkutan bahan baku, lalu masuk ke proses pengolahan susu kedelai, hingga ke pendistribusian susu kedelai (Lestari, 2020).



**Gambar 3. Rantai Produksi Pangan (Susu Kedelai)** (Sumber : Surono *et al.*, 2018 dalam Lestari, 2020)

Pada setiap rantai produksi tersebut, ditemukan beberapa faktor penyebab/sumber kontaminasi mikroorganisme pada susu kedelai, diantaranya kualitas mikrobiologi bahan baku, kondisi kesehatan dan kebersihan diri pekerja/penjamah makanan (*personal hygiene*), metode yang diterapkan, peralatan-peralatan yang digunakan, serta kondisi lingkungan sekitar (Ismail, 2012; Ray, 2004).

##### 4.1. Persiapan Bahan Baku

Kontaminasi mikroorganisme dapat berasal secara alami dari bahan mentah, maupun selama proses pemanenan, pengolahan, penyimpanan, dan distribusi produk pangan. Tingginya jumlah cemaran mikroba pada suatu produk pangan, salah satunya dapat disebabkan oleh kualitas bahan baku dan kondisi penyimpanan yang buruk. Sehingga pemilihan bahan baku dengan kualitas mikrobiologis yang baik, disertai penanganan yang higienis diperlukan untuk memproduksi makanan yang aman (Adams & Moss, 2008). Dua bahan baku utama yang digunakan dalam produksi susu kedelai adalah air dan kacang kedelai. Air digunakan dalam proses pencucian, perendaman, perebusan,

dan pasteurisasi susu kedelai, sehingga sumber air bersih yang digunakan harus memenuhi syarat mikrobiologis air SNI 01-3553 Tahun 2006 (Rianti *et al.*, 2018).

Beberapa penelitian terkait cemaran pada susu kedelai, menemukan bahwa kualitas mikrobiologi air mempengaruhi total cemaran mikroorganisme pada susu kedelai. Keberadaan *Escherichia coli* dan bakteri koliform lain pada susu kedelai, dapat disebabkan karena air yang digunakan tidak bersih dan kemungkinan sudah tercemar feses (Hendriani & Budiarmo, 2020; Alfiah *et al.*, 2017; Rachmatiah *et al.*, 2013). Sebagian besar usaha rumah tangga yang memproduksi susu kedelai, diketahui menggunakan air sungai untuk mencuci kedelai, air mentah untuk membuat susu kedelai, serta tidak memiliki fasilitas air bersih di tempat usahanya (Syarifin *et al.*, 2015; Sirait, 2009). Air baku yang umum digunakan oleh pembuat susu kedelai berasal dari air PDAM (Nisaa *et al.*, 2020; Syarifin *et al.*, 2015).

Namun, di beberapa wilayah di Indonesia masih banyak ditemukan cemaran bakteri dalam jumlah yang tinggi pada air minum yang bersumber dari PDAM. Berdasarkan paparan dari Yuliani & Imaningsih (2020), kualitas air minum dari depot isi ulang di Pulau Jawa lebih buruk dibandingkan Pulau Kalimantan karena memiliki persentase cemaran koliform dan *Escherichia coli* yang lebih tinggi, secara berturut-turut sebesar 38,63% dan 66,66%. Namun, kualitas air PDAM di Pulau Jawa lebih baik dibandingkan Pulau Kalimantan karena persentase kelayakannya 100%, sementara persentase kelayakan air PDAM di Pulau Kalimantan hanya 66,66%. Dampak dari kualitas air PDAM yang buruk adalah cenderung menghasilkan produk minuman dengan kualitas mikrobiologi yang buruk juga (Ray, 2004). Sumber air yang baik harus jauh dari bahaya sumber kontaminasi, seperti toilet, *septic tank*, tumpukan sampah, dan kandang hewan (Ding *et al.*, 2017).

Mikroorganisme yang ditemukan pada tanaman kedelai adalah *Pseudomonas glycinea* sebagai penyebab timbulnya penyakit hawar daun (*bacterial blight*), yang penularannya dapat terjadi melalui benih dan menginfeksi batang, tangkai daun, bagian polong, serta biji di dalamnya (Malvick, 2015; Jay *et al.*, 2008). Sementara itu, penelitian yang dilakukan Danele *et al.*, (2019) menemukan bahwa *Pseudomonas aeruginosa* juga dapat

tumbuh dengan baik pada media yang terbuat dari kacang kedelai, karena kandungan proteinnya yang tinggi. Hal ini yang membuat susu kedelai termasuk salah satu produk pangan yang rentan terkontaminasi oleh *Pseudomonas aeruginosa* (Molita *et al.*, 2019).

*Aspergillus* merupakan salah satu genus kapang yang dikenal sebagai penghasil aflatoksin, yang sering mengkontaminasi tanaman kacang-kacangan dan udara di pabrik kedelai. *Aspergillus parasiticus* diketahui sebagai penghasil aflatoksin tertinggi di pabrik tersebut (Hameed *et al.*, 2012; Magan & Olsen, 2004). Spesies lainnya, *Aspergillus flavus* dapat dengan mudah tumbuh pada kacang-kacangan yang disimpan di suhu lebih dari 25°C dengan  $a_w$  0.77, serta kelembaban lebih dari 8% (Coppock *et al.*, 2018). Apabila kacang kedelai dan udara di sekitar lingkungan produksi sudah tercemar oleh spesies *Aspergillus* tersebut, dapat pula menyebabkan kontaminasi pada susu kedelai yang diproduksi (Rais *et al.*, 2019).

Untuk menyediakan produk susu kedelai yang aman dikonsumsi, maka harus menggunakan bahan baku kedelai dalam kondisi yang masih segar dan tidak busuk, serta membeli dari tempat penjualan bahan makanan yang diawasi pemerintah. Untuk menghilangkan kemungkinan adanya biji kedelai yang kulitnya pecah dan berjamur dapat dilakukan penyortiran, serta penggunaan fungisida untuk mengurangi infeksi jamur pada tanaman kedelai (Patel *et al.*, 2015; Sianipar, 2009; Sirait, 2009).

#### **4.2. Penyimpanan Bahan Baku**

Kondisi tempat penyimpanan bahan baku yang terbuka, kotor, lembab/tidak kedap air, dan tidak menggunakan wadah khusus/bersama bahan baku lain, dapat meningkatkan kemungkinan masuknya kotoran, debu, polusi, dan mikroorganisme dari lingkungan luar (Nisaa *et al.*, 2020; Hendriani & Budiarmo, 2020; Syarifin *et al.*, 2015; Sirait, 2009). Selain itu, kemungkinan kontaminasi koliform juga dapat berasal dari peralatan produksi yang kotor, seperti tempat penyimpanan kedelai (Hilmarni *et al.*, 2019). Sehingga penggunaan pengawet anti jamur dan kondisi penyimpanan kedelai, seperti suhu, kelembaban dan serangan hama, perlu diperhatikan untuk meminimalkan perubahan kualitas kedelai selama penyimpanan (Patel *et al.*, 2015). Perubahan kualitas

kedelai yang terjadi dikarenakan penuaan biologis, infeksi mikroba, maupun serangan dari serangga. Infeksi mikroorganisme ini sebagian besar berasal dari jenis kapang *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Rhizopus spp.* Berdasarkan pedoman dari FAO (2002), kedelai harus dikemas dalam kemasan yang terbuat dari ijuk atau plastik dan diletakkan di atas palet kayu selama penyimpanan, agar tidak kontak langsung dengan lantai. Sedangkan, untuk penyimpanan dalam jumlah kecil dapat menggunakan wadah yang tertutup.

### 4.3. Proses Produksi Susu Kedelai

Tahapan proses pembuatan susu kedelai, berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh Manto & Hilal (2016) di salah satu produsen susu kedelai:

#### 1. Perendaman

Kedelai yang telah dicuci, direndam dalam air bersih selama 6-8 jam. Pada tahap pencucian, sebaiknya menggunakan air mengalir dan bukan air sungai, sebab kontaminasi *Escherichia coli* dapat berasal dari peralatan yang kotor dan bahan baku yang tidak higienis atau tidak dicuci dengan air bersih (Hendriani & Budiarmo, 2020; Syarifin *et al.*, 2015; Sianipar, 2009). Kontaminasi koliform maupun bakteri patogen dalam jumlah yang tinggi dapat disebabkan karena kurang memperhatikan kebersihan pengolahan bahan baku, serta kebersihan dan kesehatan pengolah/penjamah yang buruk (Hendriani & Budiarmo, 2020; Molita *et al.*, 2019; Syarifin *et al.*, 2015).

#### 2. Perebusan

Kedelai direbus hingga mendidih dan mengeluarkan buih untuk mempermudah proses penggilingan/penghancuran dan untuk membunuh mikroorganisme yang masuk pada proses pencucian dan perendaman (Hendriani & Budiarmo, 2020). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Juwana (2011), suhu perebusan yang baik untuk kacang hijau adalah 90°C, karena mampu menghasilkan susu kacang hijau dengan jumlah kontaminan bakteri yang rendah dan memiliki umur simpan hingga 7 hari.



### 3. Penghancuran

Proses penghancuran dilakukan menggunakan *blender* selama 8-10 menit (hingga halus) dengan perbandingan 1 bagian kedelai dan 3 bagian air. Pada tahap ini, ada kemungkinan terkontaminasi oleh koliform, apabila alat penggilingan yang digunakan tidak bersih atau tidak dicuci secara rutin (Hilmarni *et al.*, 2019). Pembersihan alat dengan air dan sabun pencuci setiap sebelum dan setelah proses produksi, merupakan salah satu cara pemeliharaan alat produksi dan untuk mencegah kontaminasi silang (Rianti *et al.*, 2018).

### 4. Penyaringan

Kedelai yang telah dihancurkan, disaring dengan selembar kain khusus untuk memperoleh cairannya. Pada tahap penyaringan sangat penting untuk memperhatikan kebersihan personal dan peralatan penyaringan yang digunakan. Sebab pada proses ini, tangan pekerja akan kontak langsung dengan alat penyaringan. Apabila pengetahuan pengolah untuk menjaga kebersihan diri rendah, dapat menyebabkan tingginya jumlah mikroorganisme kontaminan pada susu kedelai (Alfiah *et al.*, 2017). Selain itu, kebersihan tempat penyimpanan susu kedelai setelah proses penyaringan juga perlu diperhatikan untuk mencegah tingginya cemaran koliform (Hilmarni *et al.*, 2019).

### 5. Pasteurisasi

Proses pasteurisasi seharusnya dilakukan pada suhu sekitar 90°C untuk membunuh mikroorganisme patogen yang berada dalam susu kedelai mentah yang masuk pada proses-proses sebelumnya. Jika suhu yang digunakan sudah tepat, maka seharusnya bakteri *Escherichia coli* dan beberapa bakteri tidak tahan panas lainnya sudah mati pada tahap ini (Nasution, 2018). Selain itu, wadah penyimpanan susu kedelai setelah proses pasteurisasi juga harus dalam keadaan bersih untuk mencegah kontaminasi pasca pemanasan. Sebab, berbagai jenis mikroba masih dapat mengkontaminasi produk setelah melalui proses pemanasan, melalui peralatan/wadah yang kurang bersih, hygiene penjamah yang buruk, air mentah yang ditambahkan, dan polusi dari udara sekitar (Hilmarni *et al.*, 2019; Ray, 2004).

### 6. Pengemasan

Sebagian besar pengemasan produk susu kedelai dari industri rumahan masih dilakukan secara manual oleh pekerja dan dilakukan di tempat terbuka. Risiko

kontaminasi setelah proses pasteurisasi dapat terjadi karena proses pengemasan yang tidak higienis (secara manual di ruangan terbuka) dan waktu pengemasan yang cukup lama, sehingga terjadi kontaminasi silang dan penurunan suhu, yang dapat menyebabkan bakteri tumbuh kembali pada susu kedelai (Manto & Hilal, 2016). Beberapa sampel susu kedelai tidak berlabel dengan jumlah cemaran mikroorganisme (bakteri dan kapang) yang tinggi, dikemas menggunakan botol bekas yang digunakan secara berulang (tidak steril) dan tidak dicuci dengan bersih, serta dalam wadah yang terbuka (Nisaa *et al.*, 2020; Molita *et al.*, 2019; Patandung & Ibrahim, 2018; Paramasatiari *et al.*, 2018; Santri *et al.*, 2015; Ismail, 2012). Sedangkan, susu kedelai berlabel yang diproduksi sesuai dengan prinsip hygiene sanitasi makanan (Menkes RI, 2011; Menkes RI, 2003) menunjukkan hasil jumlah koliform yang memenuhi syarat (Molita *et al.*, 2019).

Ada tiga hal penting yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan susu kedelai untuk mencegah tingginya cemaran mikroba:

1. Penjamah/pengolah susu kedelai harus memperhatikan higienitas personal, seperti mencuci tangan sebelum mengolah, menggunakan alat pelindung diri (APD) yang lengkap (apron, masker, sarung tangan, dan penutup kepala), dan tidak bicara selama proses produksi (Molita *et al.*, 2019; Paramasatiari *et al.*, 2018; Manto & Hilal, 2016; Sirait, 2009; Sianipar, 2009). Sebab, beberapa bakteri seperti *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus*, dan *Salmonella sp* dapat mengkontaminasi susu kedelai melalui udara, serta kebersihan dan kesehatan pengolah yang buruk (Molita *et al.*, 2019; Mustika *et al.*, 2019; Sianipar, 2009). Mencuci tangan dengan sabun merupakan salah satu cara yang terbukti efektif mengurangi jumlah bakteri pada tangan hingga 8% (Burton *et al.*, 2012).
2. Proses pengolahan yang masih secara manual harus didukung dengan kebersihan peralatan yang digunakan (pencucian dan disinfeksi secara teratur) untuk meminimalkan terjadinya risiko kontaminasi ulang pada produk (Nisaa *et al.*, 2020; Hendriani & Budiarmo, 2020; Paramasatiari *et al.*, 2018; Sirait, 2009; Lund *et al.*, 2000). Beberapa bakteri, seperti *Salmonella*, *Escherichia*, *Pseudomonas*,

*Clostridium*, *Bacillus spp*, serta khamir dan kapang dapat masuk ke dalam makanan melalui peralatan (Bibek, 2004).

3. Lokasi usaha harus jauh dari tempat-tempat dengan potensi cemaran yang tinggi (sungai, jalan besar, tempat pembuangan sampah), memiliki pembuangan sampah yang tertutup, memiliki sirkulasi udara (ventilasi) yang baik, lantai produksi harus tetap bersih dan tidak lembab, serta tersedianya fasilitas sanitasi yang memadai (toilet dan tempat cuci tangan) (Nisaa *et al.*, 2020; Patandung & Ibrahim, 2018; Sirait, 2009; Sianipar 2009). Keberadaan lalat, burung, dan hewan pengerat di dalam fasilitas produksi juga harus diwaspadai, karena dapat membawa mikroorganisme patogen (Bibek, 2004).

#### 4.4. Pendistribusian Susu Kedelai

Kondisi penyimpanan yang tidak tepat setelah proses pengolahan juga dapat meningkatkan jumlah cemaran mikroba. Berbagai jenis mikroorganisme dapat masuk ke dalam produk, melalui peralatan, personel, air, dan udara sebagai kontaminan pasca panas (Ray, 2004). Definisi proses pendistribusian susu kedelai dalam PP No 86 Tahun 2019, merupakan serangkaian kegiatan pemindahan produk ke tempat lain menggunakan berbagai jenis angkutan dalam rangka peredaran dan/atau pemasaran susu kedelai.

Beberapa faktor yang mempengaruhi masuknya cemaran mikroba pada tahap pendistribusian susu kedelai:

1. Masih ada beberapa tempat usaha yang belum menggunakan kendaraan/wadah khusus dan bersih untuk mengangkut susu kedelai (Nasution, 2018; Syarifin *et al.*, 2015; Sirait, 2009; Sianipar, 2009). Sebaiknya, kendaraan yang digunakan harus selalu dibersihkan setiap selesai mengirimkan produk ke konsumen untuk mencegah terjadinya risiko kontaminasi ulang (Rianti *et al.*, 2018; Lund *et al.*, 2000).
2. Tempat penyimpanan/penyajian produk yang tidak tertutup, disimpan dan disajikan bersamaan dengan produk pangan lain yang hampir busuk, kondisi kulkas yang kotor dan basah, serta disimpan di suhu ruang untuk waktu yang lama (Hendriani &

3. Budiarmo, 2020; Octaviani & Aria, 2018; Santri *et al.*, 2015; Rachmatiah *et al.*, 2013). Sekalipun susu kedelai sudah dikemas di dalam plastik, penyajiannya harus tetap dalam wadah yang tertutup dan terpisah dari produk pangan lain, yang bertujuan untuk menjaga produk dari paparan sinar matahari dan cemaran lingkungan luar, serta kemungkinan kontaminasi silang yang dapat menurunkan kualitas susu kedelai (Kamil *et al.*, 2017; Murtiningtyas, 2016). Penyimpanan di dalam kulkas yang bersih dan tertata rapi, tertutup dan tidak lembab, terbukti efektif dalam menjaga kualitas mikrobiologi produk, karena susu kedelai yang diuji memiliki nilai MPN koliform yang rendah (memenuhi syarat) (Molita *et al.*, 2019; Octaviani & Aria, 2018).
4. Lokasi penjualan dengan higienitas dan sanitasi yang buruk; serta dekat dengan sumber pencemaran, seperti pabrik, tempat pembuangan akhir (TPA), jalan besar, saluran pembuangan air, dan pasar tradisional. Sebagian besar susu kedelai yang dijual di lokasi tersebut memiliki jumlah cemaran *Escherichia coli* yang tidak memenuhi syarat (Molita *et al.*, 2019; Kamil, 2017; Syarifin *et al.*, 2015). Selain itu, kondisi kebersihan lingkungan yang buruk, seperti banyaknya alat dan debu yang berterbangan, adanya tikus, tidak ada pembuangan sampah yang tertutup, serta belum adanya fasilitas sanitasi air bersih, juga dapat menjadi sumber cemaran mikroba pada produk susu kedelai yang dijual (Nasution, 2018; Sirait, 2009).

Untuk mengendalikan kualitas mikrobiologi pada sumbernya, diperlukan peran dari tenaga kerja yang terlatih, pemeriksaan fasilitas yang ketat dan pengawasan operasional, serta pengujian mikrobiologi mulai dari bahan baku yang digunakan, produk dalam proses, produk jadi, peralatan, lingkungan, hingga personalnya (Adams & Moss, 2008). Selain itu, *National Food Processor Association* juga labelomendasikan pedoman dalam memilih bahan baku yang berkualitas baik, pemasangan prosedur sanitasi yang baik, mengidentifikasi titik kontrol kritis analisis bahaya (HACCP) mulai dari proses produksi hingga dikonsumsi oleh manusia (Ray, 2004).