

TINJAUAN PUSTAKA

Efektivitas Susu Kedelai Murni (*Glycine max* (L.) Merrill) Sebagai Alternatif Bahan Remineralisasi Gigi

Deli Mona¹, Mayang Bellia Sari², Gunawan³

1. Departemen Kedokteran Gigi, Fakultas Kedokteran Gigi, Universitas Andalas

Korespondensi: Deli Mona; deli.mona@dent.unand.ac.id

Abstrak

Tujuan: untuk mengetahui efektivitas susu kedelai murni (*Glycine max* (L.) Merrill) sebagai alternatif bahan remineralisasi gigi. **Metode:** dengan cara mengumpulkan dan menelaah berbagai jurnal, literatur review, dan buku mengenai susu kedelai, kalsium, remineralisasi, dan demineralisasi gigi. Literatur review dilakukan dengan mencari kesamaan, ketidaksamaan, memberikan pandangan, membandingkan, dan menyimpulkan dari jurnal yang didapatkan. **Hasil:** Remineralisasi salah satunya dapat terjadi karena adanya ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} yang cukup sehingga ion ini dapat berdifusi kedalam permukaan gigi dan terjadi rebuilding kristal hidroksiapatit yang larut sehingga dapat meningkatkan kekerasan permukaan gigi. **Kesimpulan:** kalsium dan fosfor yang terdapat pada susu kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) efektif untuk meningkatkan remineralisasi gigi dengan indikator terjadinya peningkatan kekerasan permukaan email gigi.

Kata kunci: Susu kedelai, kalsium, demineralisasi, remineralisasi

Abstract

Objective: to determine the effectiveness of pure soy milk (*Glycine max* (L.) Merrill) as an alternative tooth remineralization material. **Methods:** by collecting and reviewing various journals, literature reviews, and books on soy milk, calcium, remineralization, and demineralization of teeth. Literature review is done by looking for similarities, dissimilarities, providing views, comparing, and concluding from the journals obtained.

Remineralization can occur due to the presence of sufficient Ca^{2+} and PO_4^{3-} ions so that these ions can diffuse into the tooth surface and rebuilding of soluble hydroxyapatite crystals occurs so that it can increase the hardness of the tooth surface. **Conclusion:** calcium and phosphorus contained in soy milk (*Glycine max* (L.) Merrill) are effective for increasing tooth remineralization with an indicator of an increase in the surface hardness of tooth enamel.

Keywords: Soy milk, calcium, demineralization, remineralization

PENDAHULUAN

Kelainan yang sering terjadi pada rongga mulut yaitu kerusakan pada jaringan keras gigi. Sekitar 96% kerusakan gigi terjadi pada bagian email gigi.¹ Hasil Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018 menyatakan bahwa 45,3% proporsi masalah gigi di Indonesia adalah gigi sakit/rusak/berlubang. Proporsi masalah gigi rusak/berlubang/sakit untuk daerah Sumatera Barat sebanyak 43,87%, sedangkan khusus untuk Kota Padang sebanyak 36,71%.²

Kerusakan jaringan keras gigi terdiri dari lesi karies dan lesi non-karies. Lesi karies merupakan kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganisme atau plak, sedangkan lesi non-karies merupakan kerusakan yang tidak disebabkan oleh mikroorganisme atau plak. Lesi non-karies terdiri dari abrasi, atrisi, abfraksi, dan erosi.³ Erosi gigi merupakan hilangnya struktur gigi yang disebabkan oleh efek asamlangsung pada permukaan gigi.⁴ Berdasarkan Riset Kesehatan Dasar (Riskesdas) tahun 2018 proporsi erosi gigi di Indonesia menurut karakteristik didapatkan erosi pada email sebanyak 7,5%, dentin 1,9%, dan keterlibatan pulpa sebanyak 0,1%. Tahap awal erosi gigi terbatas pada lapisan email gigi, tetapi semakin lama akan meluas ke dentin sehingga dapat menyebabkan hipersensitivitas dentin yang menyakitkan serta terganggunya fungsi estetik dan fungsional.⁴

Kerusakan pada struktur gigi terjadi ketika pH rongga mulut turun di bawah 5,5 selama lebih dari 30-60 menit.⁵ Kekuatan pH akan berpengaruh terhadap kehilangan kalsium pada gigi.⁶ Mineral kalsium dan fosfor dengan jumlah yang sedikit akan menurunkan densitas tulang dan terjadinya peningkatan hormon paratiroid

sehingga kekerasan permukaan gigi menurun.⁷ Keadaan pH saliva yang semakin rendah menyebabkan kekuatan ion hidrogen semakin meningkat sehingga ikatan hidroksiapatit mengalami kerusakan dan melarutkan kristal email dan terjadi proses demineralisasi.

Demineralisasi merupakan proses larutnya mineral pada jaringan keras gigi yang disebabkan oleh paparan asam dari makanan atau minuman yang masuk ke rongga mulut dalam waktu yang lama sehingga menyebabkan perubahan pH rongga mulut menjadi asam.⁸ Demineralisasi dapat terjadi apabila pH rongga mulut berada di bawah pH kritis yaitu 5,5.⁹ Analisis Multiple Regression menyatakan 86% struktur email gigi yang hilang berhubungan dengan pH, ion kalsium, fosfat, dan fluorida.⁶ Remineralisasi merupakan proses kembalinya mineral gigi yang larut pada struktur hidroksiapatit.⁸ Ion kalsium dan fosfat dengan jumlah yang cukup serta pH saliva yang kembali normal menyebabkan terjadinya proses remineralisasi. Proses remineralisasi yang maksimal membutuhkan waktu 90-180 menit.⁵

Kehilangan mineral gigi merupakan proses yang terjadi secara dinamis melalui proses demineralisasi dan remineralisasi.¹⁰ Ketika proses demineralisasi dan remineralisasi tidak seimbang maka mineral gigi akan lebih cepat larut.¹¹ Porositas akan terjadi ketika proses demineralisasi berlangsung secara terus menerus.¹² Saat terjadinya proses demineralisasi ion yang pertama larut yaitu ion kalsium kemudian ion fosfat.⁸ Proses remineralisasi dapat terjadi secara alami menggunakan kalsium dan fosfat yang terdapat pada saliva. Proses remineralisasi dari saliva terjadi secara lambat dan konsentrasi ion yang rendah pada saliva menyebabkan mineral hanya

berdifusi pada permukaan lesi sehingga lesi yang terjadi dibawah permukaan tidak teremineralisasi dengan baik. Potensi remineralisasi dapat meningkat ketika ada tambahan ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} secara ekstrinsik sehingga ion ini dapat berdifusi dan mendukung remineralisasi lesi di bawah permukaan dengan cepat dan lebih dalam. Proses remineralisasi dapat meningkat dengan terapi menggunakan agen remineralisasi tambahan lainnya.¹³

Berdasarkan perkembangan teknologi, bahan untuk meningkatkan remineralisasi gigi yang tersedia di pasar kedokteran gigi antara lain Recaldent (CPPACP), NovaMin, Fluoride.¹² Produk fluoride sebagai produk yang berasal dari bahan kimia dengan konsentrasi tinggi pada perawatan gigi dapat meningkatkan masalah keamanan bagi pengguna.¹⁴ Fluoride yang digunakan secara berlebihan dapat meningkatkan risiko terjadinya fluorosis gigi.¹⁵ Pasien yang memiliki risiko karies tinggi tidak mampu ditangani dengan efek kariostatik yang dimiliki fluoride. Recaldent (CPP-ACP) dalam proses remineralisasi akan melewati fase amorf (non-kristal) kemudian baru beradhesi ke enamel gigi. CPP-ACP pada permukaan email gigi membentuk deposit yang berukuran kecil dan kurang adhesif sehingga mudah lepas jika terkena paparan asam kembali. Novamin menghasilkan deposit yang lebih besar dibandingkan CPP-ACP sehingga dapat menurunkan demineralisasi email. Novamin merupakan bahan bioactive glass yang akan membentuk hydroxycarbonate apatite (HCA).¹⁶ Novamin diindikasikan untuk perawatan hipersensitivitas dentin.¹⁰ Saat ini produk susu dikembangkan sebagai agen bioaktif untuk melepaskan mineral yang dapat meningkatkan remineralisasi gigi dalam kondisi kariogenik.

Data Badan Pusat Statistik (BPS) mengenai tingkat konsumsi susu masyarakat Indonesia berkisar 16,27 kg/kapita/tahun. Susu merupakan minuman yang kandungan gizinya hampir sempurna dan sebagai sumber pemberi kehidupan setelah kelahiran. Susu bertindak sebagai pemberi kalsium dan fosfat, serta berperan dalam proses remineralisasi.¹⁷ Susu sapi dapat dijadikan sebagai agen remineralisasi gigi karena memiliki mineral kalsium dan fosfor yang dapat memengaruhi kekerasan email.¹⁸ Harga susu hewani terus meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan untuk mengonsumsi susu. Selain itu, sebagian orang mengalami alergi saat mengonsumsi susu sapi. Alternatif lain untuk mengatasi kondisi ini dapat mengganti susu sapi dengan susu yang berasal dari tumbuh-tumbuhan. Susu kedelai (Glycine max (L.) Merrill) merupakan susu yang berasal dari tumbuh-tumbuhan serta mengandung kadar asam amino dan protein yang mirip dengan susu sapi tetapi tidak mengandung kolesterol. Susu kedelai mengandung mineral kalsium dan fosfor yang baik untuk kesehatan tubuh. Selain itu susu almond merupakan susu yang juga berasal dari tumbuh-tumbuhan dan memiliki protein yang tinggi tetapi berdasarkan harga di pasaran harga susu almond lebih mahal dibandingkan susu kedelai.

Ion kalsium dan fosfat akan menempel pada permukaan email kemudian berdifusi ke bawah permukaan email dan masuk ke ruang kristal hidroksiapatit yang kosong karena demineralisasi sehingga terjadi proses remineralisasi dengan membentuk kembali kristal hidroksiapatit. Ruang hidroksiapatit yang terisi kembali akan menyebabkan terjadinya peningkatan kekerasan permukaan email.¹⁹ Menurut

Standar Industri Indonesia syarat mutu pH susu kedelai sekitar 6,5- 7,5 dengan tujuan dapat menghambat pertumbuhan mikroba yang dapat merusak susu. Penelitian yang dilakukan oleh picaully mendapatkan bahwa pH yang dihasilkan dari perbandingan kedelai dan air terhadap protein susu rata-rata berkisar antara 6,9 sampai 7,2 yang menunjukkan kondisi susu kedelai tidak terlalu asam dan sesuai dengan standar.²⁰ Penelitian Hidayat menyatakan susu kedelai dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan kekerasan email dan remineralisasi gigi.¹⁸ Penelitian Widyaningtyas menyatakan remineralisasi pada email gigi dengan perendaman dalam susu kedelai selama 14 harilebih besar dibandingkan yang tidak direndam dalam susu kedelai.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis tertarik untuk melakukan literatur riview mengenai efektivitas susu kedelai (*Glycine max* (L.) Merill) sebagai alternatif bahan remineralisasi gigi.

METODE

Penelitian ini dikategorikan dalam scoping riview dengan mencari literatur mengenai Susu kedelai, kalsium, demineralisasi, remineralisasi. Pencarian jurnal dan buku terkait topik yang diangkat melalui Pubmed, Google scholar, ResearchGate, dan ScienceDirect. Sebanyak 400 artikel menjelaskan mengenai kata kunci yang diterbitkan antara tahun 2012-2022. Metode studi dilakukan dengan cara mengumpulkan dan menelaah berbagai jurnal yang terkait dengan topik. Jurnal yang relevant dengan judul yang diangkat

hanya 12 jurnal dengan mencari kesamaan, ketidaksamaan, memberikan pandangan, membandingkan, dan menyimpulkan dari jurnal yang didapatkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari analisa artikel yang dikumpulkan diperoleh kalsium dan fosfor yang terdapat pada susu kedelai (*Glycine max* (L.) Merill) efektif untuk meningkatkan remineralisasi gigi dengan indikator terjadinya peningkatan kekerasan permukaan email gigi. Hal ini terjadi karena salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya remineralisasi yaitu adanya ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} yang cukup sehingga ion ini dapat berdifusi kedalam permukaan gigi dan terjadi rebuilding kristal hidroksiapatit yang larut sehingga dapat meningkatkan kekerasan permukaan gigi.

1. Susu Kedelai

Susu kedelai merupakan produk olahan alternatif yang memiliki kandungan seperti susu hewani. Susu kedelai banyak dikenal sebagai alternatif pengganti susu sapi karena memiliki protein yang cukup tinggi dan harga yang relatif murah. Susu kedelai tidak mengandung laktosa sehingga cocok untuk dikonsumsi bagi penderita intoleransi laktos.²¹ Kacang kedelai diekstrak sehingga menghasilkan produk susu kedelai yang mengandung protein, lemak, karbohidrat, dan serat.²² Komposisi nutrisi dari susu kedelai serta perbandingan nutrisi dari susu kedelai dan susu sapi dapat dilihat pada tabel di bawah.

Tabel 1. Komposisi susu kedelai dan susu sapi (dalam 100 gram)

Komponen	Susu Kedelai	Susu Sapi
Kalori (Kkal)	41,00	61,00
Protein (gr)	3,50	3,20
Lemak (gr)	2,50	3,50
Karbohidrat (gr)	5,00	4,30
Kalsium (mg)	50,00	143,00
Fosfor (gr)	45,00	60,00
Besi (gr)	0,70	1,70
Vitamin A (SI)	200,00	130,00
Vitamin B1 (mg)	0,08	0,03
Vitamin C (mg)	2,00	1,00

(Aman and Harjo,1973)

Kandungan utama pada susu kedelai yaitu mineral kalsium dan fosfor yang memiliki peran penting pada proses remineralisasi gigi. Susu kedelai memiliki viskositas yang rendah sehingga ion kalsium dan fosfat dapat berdifusi ke daerah yang mengalami hypomineralized email. Susu kedelai memiliki pH 6,3 dan setiap 100 gram biji kedelai mengandung 196 mg kalsium dan 506 mg fosfor.¹⁸

Susu kedelai memiliki kandungan protein, lemak, karbohidrat, dan serat. Kacang kedelai memiliki mineral fosfat dan kalsium yang bermanfaat untuk kesehatan. Pada bidang kesehatan kacang kedelai memiliki manfaat untuk mencegah terjadinya osteoporosis. Osteoporosis dapat dicegah karena kacang kedelai memiliki protein kualitas tinggi, sumber kalsium yang dapat diserap dengan baik oleh tubuh dan salah satu sumber makanan yang kaya isoflavon.²² Isoflavon merupakan bagian dari fitoestrogen yang berkaitan dengan osteoporosis dan gejala menopause.²³ Isoflavon mempertahankan massa tulang dengan mengurangi pengeluaran kalsium dari tulang. Pada bidang kedokteran gigi kalsium

merupakan mineral yang sangat penting dalam perkembangan tulang dan gigi.²⁴ Ion kalsium dan fosfor pada susu kedelai dapat menghambat proses penguraian hidroksiapatit yang disebabkan oleh adanya kontak antara email gigi dengan asam sehingga dapat menyebabkan terjadinya rebuilding hidroksiapatit. Ion hidrogen pada reaksi demineralisasi menyebabkan terjadinya mikroporositas sehingga tegangan permukaan pada email gigi tinggi. Mikroporositas ini hanya dapat diisi kembali oleh ion mineral yang sama dengan ion mineral yang larut. Ion yang larut pada proses demineralisasi yaitu ion kalsium dan fosfat.²⁴ Mineral yang terdapat pada susu kedelai akan berdifusi ke permukaan email gigi dan menggantikan mineral yang larut pada proses demineralisasi. Reaksi kimia dari proses remineralisasi yaitu $10\text{Ca}^{2+} + 6(\text{H}_2\text{PO}_4)^{2-} + 14\text{OH}^-$ menghasilkan $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$. Mineral utama dari kristal apatit yaitu kalsium dan fosfat. Mineral ini akan menyebabkan terjadinya proses remineralisasi dan menghasilkan kristal hidroksiapatit. Proses ini akan menurunkan mikroporositas email

sehingga kekerasan permukaan email meningkat.²⁵

2. Susu kedelai terhadap remineralisasi gigi

Proses remineralisasi merupakan proses dimana kembalinya mineral-mineral gigi yang larut pada struktur gigi ketika proses demineralisasi terjadi. Remineralisasi dapat dilihat dari adanya peningkatan kekerasan email gigi dan penurunan kedalaman mikroporositas gigi. Penelitian Widyaningtya meneliti tentang analisa peningkatan remineralisasi dengan indikator kedalaman mikroporositas yang dihasilkan setelah perendaman dalam susu kedelai. Penelitian ini dilakukan dengan rancangan penelitian the post test only control group design menggunakan gigi premolar satu rahang atas. Demineralisasi gigi dilakukan menggunakan etsa asam 37% selama 60 detik sehingga menghasilkan mikroporositas sebesar 50 μm . Selanjutnya gigi direndam dalam saliva buatan sebagai kelompok kontrol dan susu kedelai sebagai kelompok perlakuan selama 14 hari, dimana saliva diganti setiap 24 jam dan susu diganti setiap 8 jam. Kedalaman mikroporositas enamel akan diukur menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM). Hasil yang didapatkan bahwa nilai rata-rata mikroporositas email pada kelompok perlakuan (kedelai) sebesar 26 μm dan kelompok kontrol (saliva) sebesar 39,125 μm . Hasil ini menunjukkan kedalaman mikroporositas pada kelompok perlakuan lebih kecil dibandingkan kelompok kontrol. Kedalaman mikroporositas yang kecil menunjukkan kalsium dan fosfor yang berasal dari susu kedelai masuk dan mengisi mikroporositas email yang terdemineralisasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa perendaman gigi di

dalam susukedelai dapat meningkatkan remineralisasi gigi.

Hasil yang sama juga ditemukan pada penelitian Hidayat (2021) yang meneliti tentang perbedaan efek perendaman dalam susu sapi dan susu kedelai murni terhadap kekerasan email gigi yang juga menggunakan rancangan penelitian the post test only control group design. Penelitian ini menggunakan 27 gigi premolar satu rahang bawah. Gigi dibagi menjadi tiga kelompok yaitu perendaman dalam saliva buatan, susu sapi, dan susu kedelai murni selama 90 menit. Hasil rerata pengukuran nilai kekerasan permukaan gigi menggunakan Vickers Hardness Number menunjukkan bahwa nilai rerata kekerasan permukaan email tertinggi pada kelompok susu sapi murni (398,07+14,91) kemudian diikuti oleh susu kedelai (388,78+4,61) dan saliva buatan (371,82+9,08). Hasil uji post hoc Games-Howell menunjukkan perbandingan kekerasan email antara perendaman dalam susu sapi dan susu kedelai murni hampir sama (perbedaan tidak bermakna) dengan $p>0,05$. Penelitian ini menyimpulkan bahwa susu kedelai dan susu sapi dapat digunakan sebagai agen remineralisasi gigi.¹⁸

Kedua penelitian ini sama-sama menggunakan rancangan penelitian the post test only control group design, pembuatan susu kedelai murni menggunakan 100 gram kedelai kering dan 100 ml air serta memiliki kesimpulan yang sama yaitu susu kedelai dapat menjadi agen remineralisasi gigi. Mikroporositas terjadi karena larutnya mineral dari email yang disebut sebagai proses demineralisasi gigi. Ion fosfat dan ion hidrogen akan berikatan dan membentuk senyawa HPO_2^- . Hidroksiapatit normal mengandung PO_3^- , sehingga dengan adanya senyawa HPO_2^-

menyebabkan ikatan pada kristal hidroksiapatit tidak seimbang dan ketika kondisi ini terjadi secara terus menerus maka akan menyebabkan ruang atau mikroporositas pada kristal hidroksiapatit. Mikroporositas ini akan menurunkan kekerasan email gigi. Mikroporositas dapat ditutup kembali oleh ion mineral yang memiliki jari-jari ionik yang sama dengan jari-jari ionik mineral yang larut. Mineral yang larut pada proses demineralisasi yaitu kalsium dan fosfat. Susu kedelai mengandung kalsium dan fosfor. Derajat saturasi hidroksiapatit pada mikroporositas akan meningkat seiring dengan tingginya konsentrasi kalsium dan fosfor di lingkungan rongga mulut sehingga akan mempercepat presipitasi mineral pada mikroporositas enamel dan mengakibatkan tertutupnya mikroporositas. Penelitian ini menunjukkan bahwa mineral yang terdapat pada susu kedelai mampu menutup mikroporositas dengan cara berdifusi ke dalam mikroporositas dan menyebabkan pembentukan kembali (rebuilding) kristal hidroksiapatit yang larut pada email sehingga kedalaman mikroporositas yang terbentuk menurun dan terjadi peningkatan kekerasan email gigi. Mikroporositas yang tertutup ini disebut sebagai remineralisasi gigi. Proses remineralisasi dapat terjadi ketika terdapat ion Ca^{2+} dan PO_4^{3-} dalam jumlah yang cukup dan pH kembali normal.¹⁶

3. Susu kedelai terhadap kekerasan dan kekasaran email gigi

Penelitian Irianti (2021) meneliti tentang pengaruh susu formula sapi dan susu formula kedelai terhadap kekasaran dan kekerasan email gigi.¹⁹ Penelitian ini menggunakan 12 gigi premolar rahang atas manusia. Gigi didemineralisasi terlebih dahulu menggunakan asam fosfat

37% selama 90 detik. Selanjutnya gigi dikelompokkan menjadi empat kelompok diantaranya perendaman dalam susu formula sapi selama lima menit (kelompok I) dan selama sepuluh menit (kelompok II), sedangkan perendaman dalam susu formula kedelai selama lima menit (kelompok III) dan perendaman selama sepuluh menit (kelompok IV). Kekasaran permukaan email akan diukur dengan surface roughness tester, sedangkan kekerasan permukaan email dinyatakan dalam Vickers Hardness (HV).

Hasil pengukuran mengenai penurunan kekasaran permukaan email antara perendaman selama lima menit dalam susu formula sapi sebesar $0,25 \pm 0,18$ dan susu formula kedelai sebesar $0,25 \pm 0,13$. Hasil ini menunjukkan tidak terdapat perbedaan penurunan kekasaran pada perendaman susu formula selama lima menit, sedangkan perendaman selama sepuluh menit dalam susu formula sapi sebesar $0,21 \pm 0,06$ dan susu formula kedelai sebesar $0,26 \pm 0,12$. Hasil ini menunjukkan terdapat perbedaan penurunan kekasaran setelah perendaman selama sepuluh menit. Kekasaran permukaan email berhubungan dengan porositas gigi, dimana peningkatan kekasaran permukaan email merupakan hasil dari peningkatan porositas dan sebaliknya. Penelitian ini menunjukkan penurunan kekasaran permukaan email gigi pada perendaman 10 menit dalam susu formula sapi lebih rendah dibandingkan susu formula kedelai.¹⁹ Hal ini dapat terjadi karena kristal yang terbentuk pada susu formula sapi bersifat amorf dan berbeda dengan kristal apatit sebelumnya. Amorf memiliki susunan partikel yang acak dan tidak teratur, sehingga penurunan kekasaran pada susu formula sapi lebih rendah

dibandingkan susu formula kedelai dalam waktu yang sama.

Penelitian Irianti (2021) juga mengukur kekerasan email gigi setelah perendaman selama lima dan sepuluh menit dalam susu formula sapi dan susu formula kedelai. Hasil pengukuran didapatkan bahwa peningkatan kekerasan email pada perendaman dalam susu formula sapi selama lima menit sebesar 77,98+13,29 VH dan perendaman selama sepuluh menit sebesar 93,27+16,00 VH, sedangkan peningkatan kekerasan pada perendaman dalam susu formula kedelai selama lima menit sebesar 66,22+9,32 VH dan perendaman selama sepuluh menit sebesar 81,23+6,31 VH. Data ini menunjukkan bahwa perendaman dalam susu formula sapi dan formula kedelai selama lima dan sepuluh menit dapat meningkatkan kekerasan email gigi, tetapi perendaman dalam susu formula selama sepuluh menit menunjukkan peningkatan yang cukup besar. Hasil yang berbeda ditemukan pada penelitian Vongsavan (2012) yang menyatakan bahwa susu kedelai yang diperkaya kalsium tidak memiliki efek remineralisasi pada email gigi sapi yang direndam dalam air klorinasi.

Perbedaan ini dapat terjadi karena pada penelitian Vongsavan (2012) perendaman gigi dalam air klorinasi (pH 5) dilakukan selama 72 jam dan perendaman dalam susu kedelai dilakukan selama 5 menit. Ketidakseimbangan lama waktu perendaman menjadi penyebab bahwa susu kedelai tidak menunjukkan peningkatan kekerasan email sebagai indikator remineralisasi. Perendaman yang dilakukan selama 72 jam menyebabkan mineral pada gigi larut dalam jumlah yang banyak sehingga perendaman yang singkat dalam susu formula kedelai tidak menunjukkan efek

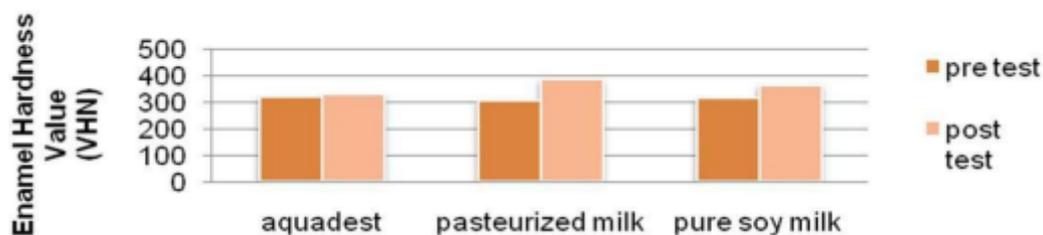
remineralisasi terhadap erosi gigi. Selain itu, pada penelitian ini sampel yang digunakan yaitu 36 gigi sapi, dimana permukaan email pada gigi sapi lebih berpori dibandingkan gigi manusia sehingga bisa menjadi salah satu alasan terjadinya perbedaan hasil yang didapatkan.

Berbeda halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Irianti bahwa gigi dilakukan pengetsaan menggunakan asam fosfat 37% selama 90 detik dan perendaman dilakukan selama lima dan sepuluh menit dalam susu formula sapi dan susu formula kedelai.¹⁹ Pada penelitian ini waktu proses pengetsaan dan perendaman cukup seimbang. Susu dapat bertindak sebagai pelindung, protein yang terdapat pada susu dapat menghambat demineralisasi gigi, dan susu dapat mengurangi tahap asidogenik bakteri pada plak gigi. Mulanya ion kalsium dan fosfor terlebih dahulu terdeposit pada lapisan permukaan mikroporositas kemudian mineral ini akan berdifusi ke dalam permukaan gigi. Proses difusi ini dipengaruhi oleh viskositas, dimana viskositas yang rendah akan memungkinkan mineral berpenetrasi dengan maksimal ke dalam mikroporositas email. Rukmanan (1997) menyatakan kandungan kalsium dalam 100 gram biji kedelai adalah 196 mg dan fosfor sebanyak 506 mg. Kekerasan email gigi akan meningkat seiring dengan lamanya perendaman dalam larutan remineralisasi (mengandung kalsium dan fosfor). Sesuai dengan yang ditemukan oleh Yendriwati et al (2018) bahwa semakin sering dan semakin lama email gigi yang mengalami demineralisasi terpapar oleh larutan yang mengandung kalsium dan fosfor maka akan semakin banyak mineral diserap oleh

hypomineralized enamel sehingga terjadi peningkatan kekerasan email.²⁶

Penelitian lain yang dilakukan oleh Metly yang meneliti tentang efek susu pasteurisasi dan susu murni terhadap remineralisasi gigi.²⁷ Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari susu pasteurisasi dan susu kedelai murni terhadap remineralisasi gigi. Sampel yang digunakan yaitu 27 gigi premolar rahang atas. Penelitian ini termasuk penelitian

eksperimental laboratorium dengan pre test post test control group design. Sampel dibagi menjadi 3 kelompok yaitu kelompok yang direndam dalam aquadest, susu pasteurisasi, dan susu kedelai murni masing-masing 9 sampel. Perendaman dilakukan selama 14 hari, 102 menit per hari. Sampel dilakukan pengukuran kekerasan email menggunakan Vickers Hardness Tester. Hasil percobaan dapat dilihat pada grafik di bawah.



Gambar 1. Rata-rata kekerasan email pada pasca dan pra-tes²⁷

Penelitian ini menemukan bahwa pengukuran pada sebelum dan sesudah perendaman dalam susu pasteurisasi dan susu kedelai murni menunjukkan terjadinya peningkatan kekerasan email gigi. Rata-rata peningkatan nilai kekerasan email tertinggi terdapat pada susu pasteurisasi kemudian diikuti susu kedelai dan aquadest, tetapi pada uji post-hoc LSD ditemukan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara peningkatan kekerasan email pada kelompok susu pasteurisasi dan susu kedelai.²⁷ Hal ini dapat terjadi karena difusi dari ion kalsium dan fosfat dalam susu pasteurisasi terbatas karena ion kalsium, fosfat, dan kasein akan berikatan dengan misel kasein atau kumpulan kasein pada susu pasteurisasi sehingga terjadi penurunan kuantitas dan bioavailabilitas untuk berdifusinya mineral ke dalam permukaan gigi. Kasein tidak terdapat pada susu kedelai sehingga proses difusi bisa

berjalan dengan maksimal tanpa terganggu oleh ikatan protein susu. Hal ini menyebabkan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara perendaman susu pasteurisasi dan susu kedelai dengan waktu perendaman yang sama, sehingga dapat disimpulkan susu pasteurisasi dan susu kedelai dapat menjadi agen remineralisasi dengan indikator peningkatan kekerasan email gigi. Selain itu, keasaman rongga mulut (pH) merupakan salah satu faktor yang memengaruhi remineralisasi gigi. Penelitian oleh Widanti (2017) tentang perbandingan peningkatan kekerasan email antara perendaman dalam susu sapi dan susu kedelai. Penelitian ini dilakukan secara in vitro dan menggunakan spesimen gigi premolar rahang atas dengan jumlah 21 spesimen. Spesimen dibagi menjadi tiga kelompok diantaranya perendaman dalam aquades, susu sapi, dan susu kedelai yang direndam selama

150 menit. Semua spesimen terlebih dahulu didemineralisasi dengan direndam di dalam jus jeruk selama 5 menit sebelum dimasukkan pada tiap kelompok. Hasil Pengukuran didapatkan bahwa kekerasan permukaan email awal sebesar $438,87 \pm 22,44$ VH dan kekerasan email setelah perendaman dalam aquades, susu sapi, dan susu kedelai berturut-turut sebesar $333,11 \pm 3,42$ VH, $415,17 \pm 2,90$ VH, dan $345,40 \pm 3,13$ VH. Data ini menunjukkan terjadinya remineralisasi pada perendaman dalam aquades, susu sapi dan susu kedelai yang dapat dilihat dari terjadinya peningkatan kekerasan permukaan email gigi. Peningkatan kekerasan tertinggi terjadi pada perendaman dalam susu sapi kemudian diikuti susu kedelai dan aquades. Hal ini dapat terjadi karena setiap 100 gram susu sapi murni mengandung 276 mg kalsium dan 842 mg fosfor dengan pH 6,6 sedangkan setiap 100 gram biji kedelai mengandung 196 mg kalsium dan 506 mg fosfor dengan pH 6,3. pH dan kandungan nutrisi susu sapi yang lebih tinggi merupakan salah satu alasan yang menyebabkan susu sapi memiliki peningkatan kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan susu kedelai tetapi sama-sama dapat meningkatkan kekerasan email gigi, sedangkan penelitian secara in vivo dilakukan oleh Tarigan (2019) yang meneliti tentang perbedaan berkumur susu sapi dan susu kedelai murni terhadap penurunan pH saliva. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan pH saliva yang lebih signifikan terjadi setelah berkumur dengan susu sapi cair dibandingkan dengan susu kedelai cair. Rata-rata pH saliva setelah berkumur susu sapi cair 5,99 dan susu kedelai cair 6,45. Hal ini dapat terjadi disebabkan oleh susu sapi mengandung laktosa yang dapat

menurunkan pH saliva karena laktosa dapat difermentasi oleh bakteri di rongga mulut dan menghasilkan asam, sedangkan susu kedelai tidak mengandung laktosa. pH rongga mulut akan berhubungan dengan saliva sebagai buffer yang akan mereduksi plak gigi. Bakteri yang terdapat pada plak gigi akan menghasilkan asam dan menyebabkan penurunan pH saliva menjadi asam. Pertumbuhan bakteri akan mudah terjadi ketika pH rongga mulut berkisar 4,5-5,5. Penelitian di atas sama-sama menggunakan susu kedelai dan susu sapi tetapi pada penelitian Widanti (2017) dilakukan secara in vitro dan penelitian Tarigan (2019) dilakukan secara in vivo (manusia). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penurunan pH saliva yang lebih signifikan terjadi setelah berkumur dengan susu sapi cair dibandingkan dengan susu kedelai cair. Rata-rata pH saliva setelah berkumur susu sapi cair 5,99 dan susu kedelai cair 6,45. Hal ini dapat terjadi disebabkan oleh susu sapi mengandung laktosa yang dapat menurunkan pH saliva karena laktosa dapat difermentasi oleh bakteri di rongga mulut dan menghasilkan asam, sedangkan susu kedelai tidak mengandung laktosa. pH rongga mulut akan berhubungan dengan saliva sebagai buffer yang akan mereduksi plak gigi. Bakteri yang terdapat pada plak gigi akan menghasilkan asam dan menyebabkan penurunan pH saliva menjadi asam. Pertumbuhan bakteri akan mudah terjadi ketika pH rongga mulut berkisar 4,5-5,5. Penelitian di atas sama-sama menggunakan susu kedelai dan susu sapi tetapi pada penelitian Widanti (2017) dilakukan secara in vitro dan penelitian Tarigan (2019) dilakukan secara in vivo (manusia). Proses remineralisasi salah satunya dapat dipengaruhi oleh pH saliva. Pada rongga mulut manusia pH saliva dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor

seperti kecepatan sekresi saliva, kapasitas buffer saliva, dan mikroorganisme pada rongga mulut. Hal ini dapat menjadi penyebab adanya perbedaan hasil yang didapatkan dari penelitian di atas. Susu kedelai dapat meningkatkan remineralisasi juga ditemukan pada penelitian Abd-Elmonsif.²⁸ Penelitian ini mengenai perbandingan kemungkinan efek susu sapi dan beberapa susu nabati terhadap erosi email yang diinduksi coca cola. Penelitian ini menggunakan sampel 24 gigi premolar yang didistribusikan dalam tiga kelompok diantaranya kelompok kontrol negatif (tidak ada perlakuan/perawatan apapun), kelompok kontrol positif (gigi diberi coca cola), dan kelompok eksperimental. Pada kelompok eksperimental gigi dikelompokkan lagi menjadi empat subkelompok yang terdiri dari perendaman dalam susu sapi, susu kedelai, susu almond dan susu oat. Perendaman yang dilakukan pada coca cola menunjukkan penurunan pada kekerasan email dan ion Ca pada permukaan email juga terlepas sehingga menyebabkan kandungan Ca menurun secara signifikan akibatdestruksi hidroksiapatit oleh coca cola. Efek remineralisasi dapat dilihat dari kandungan Ca dan P pada permukaan email. Remineralisasi ditandai dengan

SIMPULAN

Berdasarkan hasil literatur riview mengenai efektivitas susu kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) sebagai alternatif bahan remineralisasi gigi dapat ditarik kesimpulan bahwa susu kedelai efektif untuk meningkatkan remineralisasi email gigi. Susu kedelai merupakan salah satu olahan susu yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yaitu kacang kedelai. Susu

peningkatan kandungan Ca dan P. Penelitian ini menunjukkan efek remineralisasi terbaik terjadi pada susu almond kemudian diikuti oleh oat, susu sapi dan susu kedelai. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan jumlah kandungan kalsium dan fosfor yang terdapat pada masing-masing kelompok perendaman. Perendaman dalam susu kedelai terjadi peningkatan kandungan Ca dan P. Jumlah kandungan kalsium (Ca) dan fosfor (P) pada setiap susu akan memengaruhi tingkat kekerasan email gigi yang dihasilkan sebagai indikator remineralisasi gigi.²⁸ Penelitian-penelitian tersebut membuktikan bahwa susu kedelai dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk remineralisasi gigi yang dapat dilihat dari adanya peningkatan kekerasan email gigi dan mikroporositas yang dihasilkan semakin kecil setelah perendaman dalam susu kedelai. Susu dapat meningkatkan remineralisasi gigi karena susu mengandung kalsium dan fosfor yang dapat membantu terjadinya proses remineralisasi gigi. Susu yang banyak dikonsumsi yaitu susu sapi tetapi sebagian orang alergi terhadap susu sapi sehingga dapat digunakan alternatif lain yaitu susu kedelai yang sama-sama dapat membantu terjadinya proses remineralisasi gigi.

kedelai dapat meningkatkan remineralisasi dengan indikator remineralisasi dapat dilihat dari mikroporositas yang dihasilkan semakin kecil dan terjadi peningkatan kekerasan permukaan email gigi setelah perendaman dalam susu kedelai. Hal ini terjadi karena susu kedelai memiliki kandungan kalsium dan fosfor yang dapat digunakan untuk menggantikan mineral yang larut pada proses demineralisasi gigi. Semakin lama gigi mengalami proses demineralisasi maka akan semakin banyak

mineral yang larut. Susu kedelai memiliki viskositas yang rendah sehingga mineral dapat berpenetrasi dengan baik ke dalam permukaan email gigi. Mineral berdifusi ke dalam permukaan email yang mengalami demineralisasi kemudian menutup celah mikroporositas yang terbentuk sehingga terjadinya peningkatan kekerasan permukaan email. Mineral yang masuk ke permukaan gigi akan membentuk kristal hidroksiapatit kembali. Peningkatan kekerasan email gigi juga dipengaruhi oleh lama paparan, dimana ketika sering mengonsumsi larutan yang mengandung kalsium dan fosfor yang sesuai dengan tingkat konsumsi ideal maka email akan terpapar lebih lama oleh kalsium dan fosfor yang terdapat pada larutan tersebut sehingga

semakin banyak jumlah mineral yang masuk ke dalam email gigi dan memicu remineralisasi serta meningkatkan kekerasan email gigi.

DUKUNGAN FINANSIAL

Penulis tidak mendapat dana bantuan dalam penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Tidak ada konflik kepentingan dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hongini, S. Y. and Aditiawarman, M. (2012) Kesehatan Gigi dan Mulut. Bandung: Penerbit Pustaka Reka Cipta.
2. Kementerian Kesehatan, R. (2018) 'Laporan_Nasional_RKD2018_FINAL.pdf', Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, p. 198. Available at: http://labdata.litbang.kemkes.go.id/images/download/laporan/RKD/2018/Laporan_Nasional_RKD2018_FINAL.pdf
3. Green, J. I. (2016) 'Prevention and Management of Tooth Wear: The Role of Dental Technology', *Primary dental journal*, 5(3), pp. 30–33. doi: 10.1177/205016841600500302.
4. Kanzow, P. et al. (2016) 'Etiology and pathogenesis of dental erosion', *Quintessence International*, 47(4), pp. 275–278. doi: 10.3290/j.qi.a35625.
5. Nasution, A. I. (2016) Jaringan Keras Gigi: Aspek Mikrostruktur dan Aplikasi Riset, Jaringan Keras Gigi: Aspek Mikrostruktur dan Aplikasi Riset. doi: 10.52574/syiahkualauniversitypress.297.
6. Beltrame, A. P. C. A. et al. (2017) 'Are grape juices more erosive than orange juices?', *European Archives of Paediatric Dentistry*, 18(4), pp. 263–270. doi: 10.1007/s40368-017-0296-6.
7. Hartami, E., Irmawati and Herawati (2019) 'Perbedaan Kadar Kalsium dan Fosfor Gigi Sulung Pada Anak Dengan DEF-T Rendah dan Tinggi', *E-Prodenta Journal of Dentistry*, 3(2), pp. 232–239.
8. Neel, E. A. A. et al. (2016) 'Demineralization–remineralization dynamics in teeth and bone', *International Journal of*

- Nanomedicine, 11, pp. 4743–4763. doi: 10.2147/IJN.S107624.
9. Panigoro, S., Pangemanan, D. H. C. and Juliatri (2015a) 'Kadar Kalsium Gigi Yang Terlarut Pada Perendaman Minuman Isotonik', e-GIGI, 3(2), pp. 356–360. doi: 10.35790/eg.3.2.2015.9604
 10. Philip, N. (2018) 'State of the Art Enamel Remineralization Systems: The Next Frontier in Caries Management', Caries Research, 53(3), pp. 284–295. doi: 10.1159/000493031.
 11. Magista, M., Nuryanti, A. and Wahyudi, I. A. (2014) 'Pengaruh Lama Perendaman dan Jenis Minuman Beralkohol Bir dan Tuak terhadap Kekerasan Email Gigi Manusia (In Vitro)', Majalah Kedokteran Gigi Indonesia, 21(1), p. 47. doi:10.22146/majkedgiind.8539
 12. Goldstep, F. (2012) 'Dental Remineralization', simplified oral health journal, 102(12), pp. 12– 24.
 13. Philip, N. (2019) 'State of the Art Enamel Remineralization Systems: The Next Frontier in Caries Management', Caries Research, 53(3), pp. 284–295. doi: 10.1159/000493031.
 14. Grandjean, P. and Landrigan, P. J. (2014) 'Neurobehavioural effects of developmental toxicity', The Lancet Neurology, 13(3), pp. 330–338. doi: 10.1016/S1474-4422(13)70278- 3.
 15. Zohoori, F. V. and Maguire, A. (2018) 'Are there good reasons for fluoride labelling of food and drink?', British Dental Journal, 224(4), pp. 215–217. doi: 10.1038/sj.bdj.2018.123
 16. H, J. K., Lunardhi, C. G. . and Subiyanto, A. (2017) 'Kemampuan Bioaktif Glass (Novamin) dan Casein Peptide Amorphous Calcium Phosphate (CPP-ACP) terhadap Demineralisasi Enamel', Conservative Dentistry Journal, 7(2), p. 210093
 17. Lachowski, K. M. et al. (2014) 'Effect of the mixture of coffee or chocolate to milk in the progression of des-remineralization of tooth enamel - An in vitro study', Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clinica Integrada, 14(3), pp. 183–190. doi: 10.4034/PBOCI.2014.143.02.
 18. Hidayat, A. N. et al. (2021) 'Perbedaan antara Efek Perendaman dalam Susu Sapi dan Susu Kedelai Murni terhadap Kekerasan Email Gigi', e-gigi, 9(2), pp. 334– 339. doi: <https://doi.org/10.35790/eg.v9i2.35707>.
 19. Irianti, A. N., Kuswandari, S. and Santoso, A. S. (2021) 'Effect of formula milk on the roughness and hardness of tooth enamel', Dental Journal (Majalah Kedokteran Gigi), 54(2), p. 78. doi: 10.20473/j.djmkg.v54.i2.p78-81
 20. Picauly, P., Talahatu, J. and Mailoa, M. (2015) 'Pengaruh Penambahan Air pada Pengolahan Susu Kedelai', AGRITEKNO: Jurnal Teknologi Pertanian, 4(1), pp. 8–13. doi: 10.30598/jagritekno.2015.4.1.8
 21. Cahyadi, W. (2012) Kedelai: khasiat dan teknologi. Edited by F. Yustianti. Jakarta: Bumi Aksara
 22. Messina, M. (2014) 'Soy foods, isoflavones, and the health of postmenopausal women', American Journal of Clinical Nutrition, 100(SUPPL. 1). doi: 10.3945/ajcn.113.071464.

23. Nisa, H. et al. (2020) 'Peningkatan Pengetahuan Lansia Tentang Menopause Melalui Kegiatan Konseling di GOR Candrabaga Kota Bekasi Tahun 2019', *Jurnal Abdimas Kesehatan Tasikmalaya*, 02, pp. 5–8.
24. Deynilisa, S. (2015) *Ilmu Konservasi Gigi*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
25. Dwiandhono, I., Imam, D. N. and Mukaromah, A. (2019) 'Applications of Whey Extract and Cpp-Acp in Email Surface Towards Enamel Surface Hardness After Extracoronary Bleaching', *Jurnal Kesehatan Gigi*, 6(2), pp. 14–18.
26. Yendriwati, Sinaga, R. M. and Dennis, D. (2018) 'Increase of enamel hardness score after cow milk immersion of demineralized tooth: An in vitro study', *World Journal of Dentistry*, 9(6), pp. 439–443. doi: 10.5005/jp-journals-10015-1577.
27. Metly, A., Sumantri, D. and Oenzil, F. (2019) 'The effect of pasteurized milk and pure soy milk on enamel remineralization', *Padjadjaran Journal of Dentistry*, 31(3), pp. 202–207. doi: 10.24198/pjd.vol31no3.22833.
28. Abd-elmonsif, N. M., El-Zainy, M. A. and Abd-elhamid, M. M. (2017) 'Comparativestudy of the possible effect of bovine and some plant-based milk on cola-induced enamel erosion on extracted human mandibular first premolar (scanning electron microscope and X-ray microanalysis evaluation)', *Future Dental Journal*, 3(1), pp. 22–27. doi: 10.1016/j.fdj.2017.02.001.