



LAPORAN AKHIR PENELITIAN

PENGARUH PEMBERIAN JUS BUAH TOMAT

(*Lycopersicon esculentum* Mill.) TERHADAP PERUBAHAN WARNA GIGI

PADA PROSES PEMUTIHAN GIGI SECARA IN VITRO

KARYA TULIS ILMIAH

Diajukan untuk memenuhi tugas dan melengkapi persyaratan dalam menempuh

Program Sarjana Fakultas Kedokteran

Disusun oleh :

Septiva Asih Pratiwi

NIM. G2A 005 170

FAKULTAS KEDOKTERAN

UNIVERSITAS DIPONEGORO

SEMARANG

2009

HALAMAN PENGESAHAN

ARTIKEL ILMIAH
PENGARUH PEMBERIAN JUS BUAH TOMAT
(*Lycopersicon esculentum Mill.*) TERHADAP PERUBAHAN WARNA GIGI
PADA PROSES PEMUTIHAN GIGI SECARA IN VITRO

Disusun oleh :
Septiva Asih Pratiwi
NIM. G2A 005 170

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah
Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang
pada tanggal 19 Oktober 2009 dan telah diperbaiki sesuai saran-saran yang
diberikan

Tim Penguji,

Penguji,

Pembimbing,

Drg. Gunawan Wibisono, M.Si.Med

NIP. 132 233 167

Drg. Ahmad Saptadi

NIP. 140 366 488

Ketua Penguji,

Drg. Susanti Munandar, MDSc, Sp.Ort

NIP.131 602 714

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Persetujuan	ii
Daftar isi	iii
Daftar tabel	vi
Daftar gambar	vii
Daftar lampiran	viii
Abstrak	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.3.1 Tujuan Umum	2
1.3.2 Tujuan Khusus	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Manfaat Umum	3
1.4.2 Manfaat Khusus	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Gigi	4
2.1.1 Anatomi Gigi	4
2.1.2 Warna Gigi	4
2.1.3 Etiologi Perubahan Warna Gigi	5
2.1.3.1 Pewarnaan Ekstrinsik Gigi	5

2.1.3.2 Pewarnaan Intrinsik Gigi	6
2.2 Proses Pemutihan Gigi	7
2.2.1 Pengertian	7
2.2.2 Bahan dan Mekanisme Pemutihan Gigi	7
2.2.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Pemutihan Gigi	8
2.3 Tomat	9
2.3.1 Karakteristik, Taksonomi, Morfologi, dan Varietas	9
2.3.2 Kandungan kimia	11
2.3.3 Kegunaan tomat	11
2.3.4 Tomat sebagai Pemutih Gigi	12
2.4 Kerangka Teori	13
2.5 Kerangka Konsep	14
2.6 Hipotesis	14
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1 Rancangan Penelitian	15
3.2 Populasi dan Sampel	15
3.2.1 Populasi	15
3.2.2 Sampel	15
3.3 Data	17
3.4 Instrumen	17
3.4.1 Alat	17
3.4.2 Bahan	17
3.5 Cara Pengumpulan Data	18

3.6 Alur Penelitian	19
3.7 Analisis	20
BAB IV HASIL PENELITIAN	21
BAB V PEMBAHASAN	23
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	26
Daftar Pustaka	27
Lampiran	29

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Komposisi kimiawi tomat dalam 100 gram buah	11
Tabel 2. Mean, standar deviasi, dan selisih dEab.....	22
Tabel 3. Analisis data dengan Uji t-tidak berpasangan.....	22

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Gigi dengan pewarnaan ekstrinsik dan intrinsik	7
Gambar 2. Buah tomat	10
Gambar 3. Grafik Mean dEab	21
Gambar 4. Gigi sesudah direndam dengan <i>aquadest</i>	25
Gambar 5. Gigi sesudah direndam dengan jus tomat	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis data SPSS	29
--------------------------------------	----

**PENGARUH PEMBERIAN JUS BUAH TOMAT
(*Lycopersicon esculentum Mill.*) TERHADAP PERUBAHAN WARNA GIGI
PADA PROSES PEMUTIHAN GIGI SECARA IN VITRO**

Septiva Asih Pratiwi ¹⁾, Ahmad Saptadi ²⁾

ABSTRAK

Latar belakang : *Lycopersicon esculentum Mill.* merupakan tanaman yang sering digunakan sebagai bahan tambahan masakan dan dikenal sebagai tomat. Tomat mengandung beberapa bahan aktif yang diduga dapat memutihkan gigi. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemberian jus Tomat terhadap perubahan warna gigi.

Metoda : Penelitian eksperimental dengan *Pre and Post Randomized Controlled Group Design* terhadap gigi. Sampel terdiri dari 30 buah gigi yang dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu 1 kelompok kontrol, yang diberi *aquadest* dan 1 kelompok perlakuan yang diberi jus *Lycopersicon esculentum Mill.* selama 3 hari. Analisis warna gigi dengan metode *CIELAB*. Data dianalisis dengan uji *t-test tidak berpasangan*.

Hasil : Pemberian jus tomat selama tiga hari terbukti mampu menaikkan total perubahan warna (dEab) secara bermakna ($p=0,039$) dibandingkan dengan kontrol.

Simpulan : Pemberian jus tomat selama tiga hari dapat memutihkan gigi.

Kata kunci : Pemutihan gigi, warna gigi, jus *Lycopersicon esculentum Mill.*

1) Mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro Semarang

2) Staf Bagian Gigi dan Mulut RSDK Semarang

**THE EFFECT OF TOMATO JUICE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)
ON TOOTH COLOUR AN IN VITRO STUDY**

By: Septiva Asih Pratiwi ¹⁾, Ahmad Saptadi ²⁾

ABSTRACT

Background: *Lycopersicon esculentum* Mill. Is a plant that usually being used in cooking and widely known as tomato. It contains several active materials which presumably can whitening teeth. The aim of this study was to know the influence of tomato's juice on tooth colour.

Method: An experimental research with Pre and Post Randomized Controlled Group Design on tooth. The sample consist of 30 teeth which divided into two groups. The first group, as control, were soaked in aquadest and the second group were soaked in tomato juice for 3 days. Colour analysis is conducted by CIELAB method. The collected data were analyzed by unpairing t-test.

Result: It was found that on the tested group, the dEab was increasing significantly ($p=0.039$) compared to the control group.

Conclusion: Soaking teeth on tomato's juice for three days could make teeth whiter.

Key Words: Tooth whitening, tooth colour, *Lycopersicon esculentum* Mill juice

1) Student of medicine faculty of Diponegoro University Semarang

2) Staff of Dental and mouth department of Dokter Kariadi Hospital Semarang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pewarnaan pada gigi merupakan problem estetika yang dapat mempengaruhi psikologi seseorang.^{1,2} Warna gigi yang berubah dapat mengurangi keindahan penampilan dan mengurangi rasa percaya diri.¹ Oleh sebab itu, senyum yang cerah dengan gigi yang putih menjadi dambaan setiap orang. Hal ini menyebabkan meningkatnya kebutuhan pelayanan gigi estetik, terutama pemutihan gigi.²

Menurut Grossman, perubahan warna gigi dapat diklasifikasikan menjadi perubahan warna ekstrinsik dan intrinsik.² Perubahan warna intrinsik adalah pewarnaan gigi oleh noda yang terdapat di dalam email dan dentin selama odontogenesis atau setelah erupsi gigi.² Perubahan warna ekstrinsik ditemukan pada permukaan luar gigi, misalnya pewarnaan yang disebabkan oleh rokok, makanan dan minuman yang mengandung tanin, serta agen kation seperti chlorhexidine, atau garam mineral seperti besi.² Perubahan warna ekstrinsik dapat diperbaiki dengan cara *scaling*.³ Pada gigi yang mengalami perubahan warna intrinsik atau perubahan warna ekstrinsik yang sulit dihilangkan dengan *scaling*, dapat diperbaiki dengan *bleaching* atau pemutihan gigi.³ Hidrogen peroksida adalah salah satu bahan pemutih gigi yang sering digunakan.² Hidrogen peroksida berfungsi sebagai oksidator kuat yang dapat menghasilkan radikal bebas yang sangat reaktif. Senyawa tersebut mampu merusak molekul-molekul zat warna

sehingga warna menjadi netral dan menyebabkan efek pemutihan.² Penggunaan hidrogen peroksida harus berhati – hati dengan mempertimbangkan efek sampingnya terutama bila digunakan dalam jangka waktu yang lama karena bahan tersebut merupakan senyawa radikal bebas yang sangat berbahaya bagi tubuh.^{4,5} Penggunaan bahan pemutih gigi ini dapat menimbulkan efek samping berupa gigi yang sensitif dan iritasi pada ginggiva.^{4,5}

Indonesia kaya akan keanekaragaman hayati yang memiliki potensi untuk dikembangkan.⁶ Buah tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. *commune*) sangat mudah dijumpai dan sering dimanfaatkan sebagai pelengkap masakan. Senyawa hidrogen peroksida berhasil diidentifikasi dalam buah tomat.^{8,9} Senyawa tersebut mempunyai efek memutihkan gigi.^{2,3,4,5} Terdapat juga peroxidase yang mempercepat reaksi pemutihan gigi.^{10,11} Dengan latar belakang demikian, penelitian ini diharapkan dapat membuktikan apakah pemberian jus buah tomat dapat merubah warna gigi menjadi lebih putih pada proses pemutihan gigi.

1.2. Perumusan Masalah

- Apakah jus buah tomat berpengaruh mereduksi warna gigi pada proses pemutihan gigi?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

- Membuktikan potensi jus buah tomat dalam mereduksi warna gigi pada proses pemutihan gigi.

1.3.2. Tujuan Khusus

- Mengukur derajat perubahan warna gigi yang diberi jus tomat yang terbuat dari 100 gram buah tomat segar dibandingkan dengan kelompok kontrol.

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Manfaat Umum

- Memberikan informasi kepada masyarakat mengenai peran tomat sebagai pemutih gigi.

1.4.2. Manfaat khusus

- Sebagai sumber acuan yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gigi

2.1.1 Anatomi Gigi

Gigi terdiri dari mahkota gigi dan akar gigi. Mahkota gigi adalah bagian gigi yang terbuka di rongga mulut. Akar gigi adalah bagian yang terpendam dalam alveolus pada tulang maksila atau mandibula.¹²

Pada potongan melintang, gigi terdiri dari email, dentin dan rongga pulpa. Email merupakan lapisan terluar dari mahkota gigi. Dentin adalah jaringan keras gigi dibawah email. Di bagian tengah gigi terdapat rongga pulpa yang melanjutkan diri menjadi saluran akar yang berakhir pada foramen apikal. Di dalam pulpa terdapat pembuluh darah, serabut syaraf dan lapisan odontoblas.¹²

2.1.2 Warna Gigi

Warna alami email adalah putih translusens sedangkan dentin berwarna kekuningan. Struktur poros dan persyarafan gigi akan menembus warna dentin sehingga warna gigi menjadi lebih gelap sampai kearah kuning kecoklatan. Warna gigi yang tampak juga tergantung dari jumlah cahaya yang mengenai gigi dan kualitas pantulan cahaya.¹³

Warna gigi manusia memiliki gradasi warna yang sangat bervariasi. Gigi Caninus terlihat lebih gelap daripada gigi Incisivus. Secara fisiologis, gigi akan berwarna semakin gelap seiring dengan bertambahnya usia. Hal ini dikarenakan

adanya pembentukan dentin sekunder, penumpukan pewarnaan ekstrinsik, penipisan email, dan resesi ginggiva.¹³

Penilaian warna gigi ini sangat sulit untuk dilakukan.¹³ Beberapa alat telah ditemukan untuk mengukur perubahan warna gigi, diantaranya dengan menggunakan *shade guide*, *spectrophotometer*, dan kamera digital.⁵ Alat yang paling sering digunakan adalah menggunakan *shade guide*.⁵ Kelemahan metode ini diantaranya persepsi warna sangat subjektif dan dipengaruhi oleh faktor cahaya, pengalaman, usia, serta tingkat kelelahan mata pemeriksa.⁵ Metode yang lebih objektif dan sering dimanfaatkan pada penelitian *in vitro* adalah *spectrophotometer*.⁵

2.1.3 Etiologi Perubahan Warna Gigi

Perubahan pada struktur email, dentin dan pulpa akan mempengaruhi warna gigi.¹³ Pewarnaan gigi dapat dikelompokkan berdasarkan lokasi dan etiologi. Berdasarkan letak *chromophor* yang menyebabkan perubahan warna, pewarnaan gigi terdiri atas pewarnaan ekstrinsik dan pewarnaan intrinsik.² Pewarnaan ekstrinsik terjadi hanya pada email sedangkan pewarnaan intrinsik terjadi karena adanya deposit pada dentin serta email.²

2.1.3.1. Pewarnaan Ekstrinsik Gigi

Pewarnaan ekstrinsik adalah pewarnaan yang disebabkan oleh penimbunan materi yang bersifat *chromogen* pada permukaan luar gigi, misalnya pewarnaan

yang disebabkan oleh rokok, makanan dan minuman yang mengandung tanin, serta agen kation seperti chlorhexidine, atau garam mineral seperti besi.²

Protein saliva yang terikat pada gigi melalui ikatan kalsium, membentuk *pellicle*. Pada tahap awal pewarnaan, *chromogen* berikatan dengan *pellicle* melalui ikatan hidrogen. Pada tahap ini, pewarnaan dapat dihilangkan dengan cara menggosok gigi. Paparan *chromogen* yang terus-menerus menyebabkan ikatan hidrogen pada permukaan luar gigi semakin kuat sehingga warna gigi semakin gelap dan tidak dapat dihilangkan dengan menggosok gigi. Agen pemutih gigi sangat diperlukan untuk mengembalikan kecerahan gigi pada tahap ini.¹⁴

2.1.3.2. Pewarnaan Intrinsik Gigi

Pewarnaan intrinsik gigi adalah pewarnaan yang disebabkan oleh *chromogen* yang berada di dentin dan email. *Chromogen* ini merubah struktur dan ketebalan dentin. Pewarnaan ini tidak dapat dihilangkan dengan menggosok gigi, tetapi dapat dikurangi dengan agen pemutih gigi yang dapat menembus email dan dentin. Pewarnaan intrinsik tidak dapat dihilangkan dengan memakan tomat. Etiologi pewarnaan intrinsik dapat terjadi sebelum ataupun sesudah erupsi gigi. Pewarnaan ini dapat ditemukan pada penderita alkaptonuria, porfiria eritropoetic kongenital, hiperbilirubinemia kongenital, amelogenesis imperfecta, dentinogenesis imperfecta, penggunaan tetrasiklin, fluorosis, serta hipoplasia email.²



Gambar 1. Gigi dengan pewarnaan ekstrinsik dan intrinsik

2.2 Proses Pemutihan Gigi

2.2.1. Pengertian

Bleaching atau pemutihan gigi adalah suatu tindakan perawatan pada gigi yang mengalami perubahan warna dengan menggunakan bahan kimia yang bersifat oksidator atau reduktor dengan tujuan untuk mengembalikan faktor estetika.²

2.2.2. Bahan dan Mekanisme Pemutihan Gigi

Chromophor atau agen penghasil warna adalah senyawa organik yang memiliki ikatan konjugasi tunggal ataupun ganda.⁵ Penghapusan *chromophor* dengan cara merusak satu atau lebih ikatan rangkap dalam ikatan konjugasi, membelah ikatan konjugasi, atau dengan mengoksidasi bagian kimia lain pada ikatan konjugasi.⁵ Hidrogen peroksida berdifusi melalui email untuk menuju ke tubuli dentin. Hidrogen peroksida yang berdifusi pada gigi, bereaksi dengan materi organik yang berada pada struktur gigi sehingga terjadi reduksi warna.^{5,14}

Sejumlah penelitian eksperimental secara *in vitro* oleh sejumlah peneliti menemukan bahwa penetrasi peroksida dalam jumlah rendah ke dalam rongga pulpa dari gigi yang telah diekstraksi terjadi setelah terpapar peroksida selama 15-30 menit.⁵

Mekanisme reaksinya tergantung substrat, lingkungan, dan katalis.⁵ Hidrogen peroksida dapat membentuk berbagai tipe oksigen aktif tergantung kondisi reaksi, diantaranya suhu, pH, cahaya dan adanya transisi mineral.⁵ Pada kondisi alkali, hidrogen peroksida bekerja lewat jalur anion perhidrol. Kondisi lain dapat meningkatkan pembentukan radikal bebas, misalnya, melalui pemecahan ikatan O-H atau ikatan O-O pada hidrogen peroksida, secara berturut-turut menghasilkan ion hidrogen, anion hidrogen peroksida, dan dua radikal hidroksil. Dibawah pengaruh reaksi fotokimia dengan cahaya atau laser, pembentukan radikal hidroksil dari hidrogen peroksida menunjukkan peningkatan.⁵

2.2.3. Faktor yang Mempengaruhi Proses Pemutihan Gigi

Faktor yang mempengaruhi proses pemutihan gigi diantaranya bahan yang digunakan, konsentrasi yang digunakan, lama pemakaian, adanya cahaya dan kenaikan suhu. Faktor lain yang mempengaruhi adalah tipe pewarnaan dan warna gigi awal. Hasil penelitian Haywood menunjukkan bahwa pewarnaan tetrasiklin lebih sulit dihilangkan dari pada pewarnaan ekstrinsik. Adanya plak gigi juga berpotensi mengurangi aktivitas hidrogen peroksida.⁵

2.3. Tomat

2.3.1. Karakteristik, Taksonomi, Morfologi dan Varietas

Lycopersicon esculentum Mill. biasa dikenal dengan nama tomat. Tomat tumbuh di Amerika Tengah, Amerika Selatan, Eropa, Asia. Sebagian sentra penanaman tomat berada di daerah dengan kisaran ketinggian 1.000-1.250 meter di atas permukaan laut.^{7,10}

Secara taksonomi tomat termasuk dalam klasifikasi sebagai berikut :^{7, 10}

1. Kingdom : *Plantae*
2. Divisi : *Spermatophyta*
3. Subdivisi : *Angiospermae*
4. Klas : *Dicotylodenae*
5. Ordo : *Tubiflorae*
6. Sub ordo : *Myrtales*
7. Famili : *Solanaceae*
8. Genus : *Lycopersium*
9. Spesies : *Lycopersicon esculentum* Mill. sinonim
Lycopersium lycopersium.

Kuntum bunganya terdiri dari lima helai daun kelopak dan lima mahkota. Daun tomat berwarna hijau dan berbulu. Bunga tanaman tomat berwarna kuning. Buahnya berbentuk bulat, bulat lonjong, bulat pipih, atau oval. Buah yang masih muda berwarna hijau muda sampai hijau tua. Sementara itu, buah yang sudah tua berwarna merah cerah atau gelap, merah kekuning-kuningan, atau merah

kehitaman. Buahnya memiliki daging buah yang lembut, lunak, dan kadang-kadang banyak mengandung biji. Buah tomat memiliki rasa manis, asam, dan sedikit dingin.^{7, 10}

Buah tomat memiliki beberapa varietas. Buah tomat menurut bentuknya, dapat digolongkan menjadi: (1) Tomat Cherry (*Lycopersicon esculentum* Mill, var. *Cerasiforme* (Dun) Alef), bentuknya seperti kelengkeng; (2) Tomat Tegak (*Lycopersicon esculentum* Mill, var. *validum* Bailey); (3) Tomat Kentang atau Tomat Daun Lebar (*Lycopersicon esculentum* Mill, var. *grandifolium* Bailey); (4) Tomat Apel atau Pir (*Lycopersicon esculentum* Mill, var. *pyriforme* Alef); (5) Tomat Biasa (*Lycopersicon esculentum* Mill, var. *commune*).⁷ Beberapa perusahaan mancanegara mulai mengembangkan berbagai benih tomat hibrida, diantaranya jenis *Safira*, *Presto*, *Jelita*, *Mahkota*, *Arthaloka*, *Idola*, *Permata*, *Mitra*, *Artana*, *Pepe*, *Donna*, *Glory*, dan lain-lain.⁷ Jenis tomat yang digunakan dalam penelitian ini adalah tomat biasa.



Gambar 2. Buah tomat

2.3.2. Kandungan kimia

Tomat mengandung hidrogen peroksida, peroksidase.^{3,6,10}

Tabel 1. Komposisi kimiawi tomat dalam 100 gram buah.^{7,9,10}

Komponen	Kadar
Hidrogen Peroksida	4000 nmol
Peroksidase	3.10 ⁵ U
Energi	20,00 kal
Protein	1,00 gr
Lemak	0,30 gr
Karbohidrat	4,20 gr
Kalsium	5,00 mg
Fosfor	27,00 mg
Zat Besi	0,50 mg
Vitamin A	1.500,00 SI
Vitamin B1	0,06 mg
Vitamin C	40,00 mg
Air	94,00 gr

2.3.3. Kegunaan Tomat

Kegunaan Tomat antara lain : (1) Membantu penyembuhan penyakit rabun senja; (2) Mengobati penyakit yang disebabkan oleh kekurangan vitamin C; (3) Membantu mengobati penyakit gigi dan gusi; (4) Mempercepat penyembuhan luka; (5) Mengobati jerawat; (6) Membantu penanganan kanker prostat.^{7, 10}

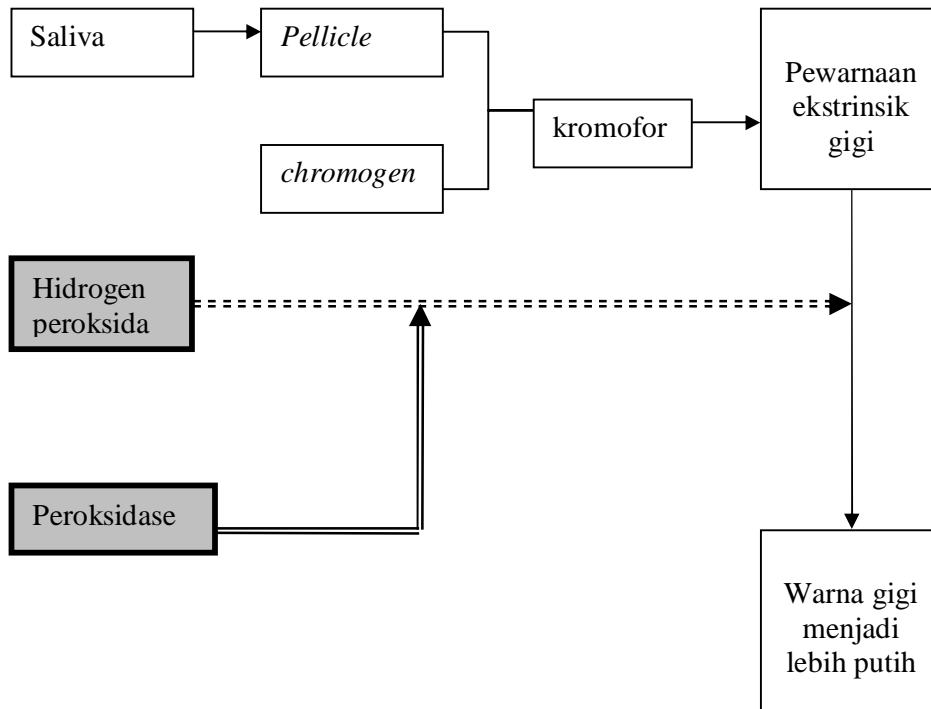
2.3.4. Tomat Sebagai Pemutih Gigi

Kandungan kimia tomat yang bermanfaat untuk memutihkan gigi adalah hidrogen peroksida dan peroksidase.

Tomat mengandung hidrogen peroksida.^{8,9} Para peneliti membuktikan bahwa senyawa ini mempunyai efek memutihkan gigi.^{2,3,4,5} Hidrogen peroksida berdifusi melalui email untuk menuju ke tubuli dentin dan berfungsi sebagai oksidator kuat yang dapat menghasilkan radikal bebas yang sangat reaktif.² Senyawa tersebut mampu merusak molekul-molekul zat warna sehingga warna menjadi netral dan menyebabkan efek pemutihan.^{2,5,14} Penelitian Sulieman menunjukkan bahwa gel hidrogen peroksida 35% dapat mereduksi warna pada gigi yang sebelumnya diwarnai secara internal dengan *chromophor* berupa teh hitam.⁵ Perawatan dentin dengan hidrogen peroksida 5,3% dan 6% menunjukkan reduksi warna kuning dan meningkatkan putih secara signifikan.⁵

Tomat mengandung enzim peroksidase. Enzim ini terdapat pada *pericarp* buah tomat.¹⁰ Peroksidase adalah *hemeprotein* yang mengkatalisa pertukaran hidrogen dan elektron dari donor ke aseptor. Hidrogen peroksida bertindak donor. Enzim ini mengkatalisis reaksi dehidrogenasi senyawa organik aromatis. Penelitian Aaslyng membuktikan bahwa efek pemutihan dari peroksidase didapatkan dari oksidasi secara langsung ataupun lewat mediator.¹⁵ Peroksidase dapat meningkatkan kecepatan hidrogen peroksida dalam mereduksi warna.¹⁰ Dengan demikian, kebutuhan penggunaan hidrogen peroksida dapat dikurangi, sehingga dapat mencegah efek samping penggunaan.

2.4. Kerangka Teori



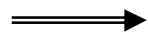
Keterangan:



: Kandungan tomat yang bermanfaat untuk mereduksi warna gigi

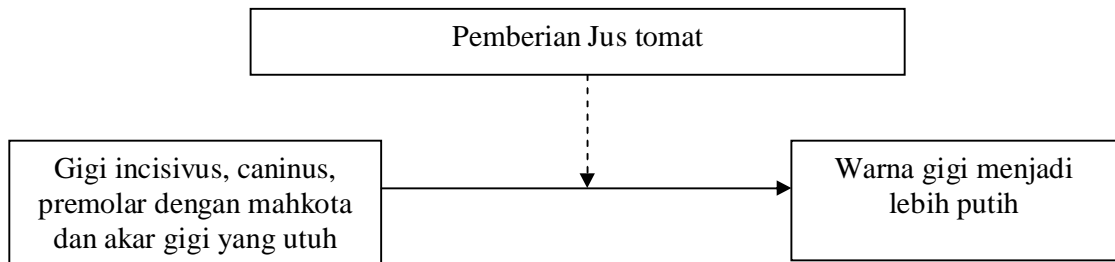


: Tomat bekerja pada proses metabolisme



: Enzim peroksidase mempercepat reaksi

2.5. Kerangka Konsep



2.6. Hipotesis

Jus buah tomat dapat mereduksi warna gigi.