



INAKTIVASI MIKROBA PADA JUS ASAM (ACIDIFIED JUICE) DENGAN HIGH PRESSURE PROCESSING (HPP): KAJIAN META-ANALISIS

ANANDA ARDIANSYAH



**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Inaktivasi Mikroba pada Jus Asam (*Acidified Juice*) dengan *High Pressure Processing (HPP)*: Kajian Meta-Analisis” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Maret 2025

Ananda Ardiansyah
F2401211031

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memberbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ANANDA ARDIANSYAH. Inaktivasi Mikroba pada Jus Asam (*Acidified Juice*) dengan *High Pressure Processing* (HPP): Kajian Meta-Analisis. Dibimbing oleh MUHAMMAD ARPAH.

High Pressure Processing (HPP) merupakan salah satu metode pemrosesan tanpa melibatkan panas yang digunakan dalam proses pengolahan pangan. Salah satu jenis pangan yang dapat diberi perlakuan HPP adalah jus asam. Penggunaan metode ini akan mampu menginaktivasi mikroba target dalam pangan. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari lebih dalam terkait keterlibatan metode HPP dalam inaktivasi mikroba pada jus asam serta mengetahui hasil parameter yang paling efisien untuk digunakan dalam keterlibatan HPP. Penelitian ini dilakukan dengan metode meta-analisis untuk melihat mikroba awal sebagai kelompok kontrol dan log reduksi sebagai kelompok eksperimen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa nilai keseluruhan efek menunjukkan nilai -3.382 dengan nilai heterogenitas 99.92% yang berarti pengujian memiliki heterogenitas tinggi dan signifikan dengan nilai *p* sebesar <0.001. Kapang dan Khamir merupakan mikroba paling tahan terhadap perlakuan HPP diikuti oleh TPC pada Gram negatif, dan Gram positif. Hasil lainnya juga menunjukkan bahwa pada tekanan 400-600 MPa, suhu sebesar $\leq 25^{\circ}\text{C}$ waktu selama 5-15 menit merupakan parameter yang memberikan respon tertinggi terhadap perlakuan HPP untuk inaktivasi mikroba pada jus asam. Analisis meta-regresi juga menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan terhadap hasil dan teori yang ada. Analisis bias publikasi menunjukkan hasil bahwa penelitian memiliki bias publikasi rendah karena $N_{fs} > 5N + 10$.

Kata kunci: inaktivasi mikroba, jus buah asam, meta-analisis, *high pressure processing*

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memberbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



ABSTRACT

ANANDA ARDIANSYAH. Microbial Inactivation in Acidified Juice Using High Pressure Processing (HPP): Meta-Analysis Study. Supervised by MUHAMAMD ARPAH.

High Pressure Processing (HPP) is a non-thermal food processing method utilized in the treatment of various food products, including acidified juices. This technique effectively inactivates target microorganisms in food. This study aims to delve deeper into the involvement of HPP in microbial inactivation in acidified juices and to determine the most efficient parameters for its application. A meta-analysis was conducted, comparing initial microbial counts as the control group and log reductions as the experimental group. The findings indicate an overall effect size of -3.382 with a heterogeneity value of 99.92%, suggesting high and significant heterogeneity ($p < 0.001$). Yeasts and molds were identified as the most resistant microorganisms to HPP treatment, followed by *Total Plate Count* (TPC) at Gram-negative and Gram-positive bacteria. Additionally, the study revealed that applying pressures of 400-600 MPa at temperatures $\leq 25^{\circ}\text{C}$ for durations of 5-15 minutes yielded the highest microbial inactivation response in acidic juices. Meta-regression analysis also showed that there was no difference between the results and the theory. Publication bias analysis indicated a low publication bias, as $N_{fs} > 5N + 10$.

Keywords: acidified fruit juice, high pressure processing, meta-analysis, microbial inactivation

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 20XX¹
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



INAKTIVASI MIKROBA PADA JUS ASAM (ACIDIFIED JUICE) DENGAN HIGH PRESSURE PROCESSING (HPP): KAJIAN META-ANALISIS

ANANDA ARDIANSYAH

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana pada
Program Studi Teknologi Pangan

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerapan ilmu pengetahuan, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memberbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

**DEPARTEMEN ILMU DAN TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2025**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memberbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:
1 Dr. Ir. Sukarno, M.Sc.
2 Dr. Nur Wulandari, S.T.P., M.Si.

IPB University

@Hak cipta milik IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.



Judul Skripsi : Inaktivasi Mikroba pada Jus Asam (*Acidified Juice*) dengan *High Pressure Processing* (HPP): Kajian Meta-Analisis
Nama : Ananda Ardiansyah
NIM : F2401211031

Disetujui oleh

Pembimbing:
Dr. Ir. Muhammad Arpah, M.Si.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:
Prof. Dr. Eko Hari Purnomo, S.T.P, M.Sc.
NIP. 19760412 199903 1 004

Tanggal Ujian:
27 Mei 2025

Tanggal Lulus:



Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan September 2024 sampai bulan Februari 2025 ini ialah Mikrobiologi Pangan melalui Kajian Meta-Analisis, dengan judul “Inaktivasi Mikroba pada Jus Asam (*Acidified Juice*) dengan *High Pressure Processing* (HPP): Kajian Meta-Analisis”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Dr. Ir. Muhammad Arpah, M.Si. yang telah membimbing dan banyak memberi saran serta memberi arti perjalanan hidup yang sebenarnya. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada pembimbing akademik, moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Tidak lupa, terima kasih juga penulis sampaikan kepada ibu Kunarti, ayah Wario, bapak Nardi, adik Anindya Aura Mezzaluna serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya, serta semangat untuk penulis yang tidak pernah luntur. Terima kasih penulis ucapkan juga untuk teman-teman dari Program Studi Teknologi Pangan Angkatan 58, IKMP (Ikatan Keluarga Mahasiswa Pati), serta semua teman-teman penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Maret 2025

Ananda Ardiansyah



DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	x
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Sari Buah	3
2.2 <i>High Pressure Processing (HPP)</i>	4
2.3 Meta-Analisis	4
III METODE	6
3.1 Waktu dan Tempat	6
3.2 Alat dan Bahan	6
3.3 Prosedur Kerja	6
3.4 Analisis Data	6
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	12
4.1 Analisis Sumber Studi	12
4.2 Analisis <i>Overall Effect Size</i>	13
4.3 Analisis <i>Subgroup</i> Mikroba	14
4.4 Analisis <i>Subgroup</i> Tekanan	16
4.5 Analisis <i>Subgroup</i> Suhu	17
4.6 Analisis <i>Subgroup</i> Waktu	19
4.7 Analisis Meta-Regresi	20
4.8 Analisis Bias Publikasi	22
V SIMPULAN DAN SARAN	23
5.1 Simpulan	23
5.2 Saran	23
DAFTAR PUSTAKA	24
LAMPIRAN	29
RIWAYAT HIDUP	34

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerapan ilmu pengetahuan, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memberbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



1	Penentuan kriteria inklusi dan eksklusi	7
2	Analisis <i>subgroup</i> mikroba terhadap perlakuan HPP	14
3	Analisis <i>subgroup</i> tekanan terhadap perlakuan HPP	16
4	Analisis <i>subgroup</i> suhu terhadap perlakuan HPP	17
5	Analisis <i>subgroup</i> waktu terhadap perlakuan HPP	19
6	Analisis meta-regresi pada seluruh variabel moderator	21

DAFTAR TABEL

1	Diagram alir pembuatan minuman sari buah	3
2	Diagram alir penelitian dengan meta-analisis	6
3	Diagram metode PRISMA	9
4	Skema pencarian dan penyeleksian sumber studi	12
5	<i>Forest plot overall effect size</i>	13
6	<i>Forest plot overall effect size</i> (lanjutan)	14
7	<i>Forest plot</i> analisis <i>subgroup</i> mikroba kapang khamir (A), Gram negatif (B), Gram positif (C), dan TPC (D)	15
8	<i>Forest plot</i> analisis <i>subgroup</i> tekanan $P \leq 400$ MPa (A), $P \geq 600$ MPa dan $400 \text{ MPa} < P < 600$ MPa (B)	17
9	<i>Forest plot</i> analisis <i>subgroup</i> suhu $T \leq 25^\circ\text{C}$ (A), $25^\circ\text{C} < T < 50^\circ\text{C}$ (B), dan $T \geq 55^\circ\text{C}$	18
10	<i>Forest plot</i> analisis <i>subgroup</i> waktu $t \leq 5$ menit (A), $5 \text{ menit} < t < 15$ menit dan $t \geq 15$ menit (B)	20
11	<i>Plot</i> meta-regresi untuk variabel tekanan (A), suhu (B), dan waktu (C)	21
12	Hasil <i>funnel plot</i> analisis bias publikasi	22

DAFTAR LAMPIRAN

1	Data artikel untuk meta-analisis	30
---	----------------------------------	----

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerapan ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teknologi pemrosesan termal menjadi salah satu metode yang digunakan dalam proses pengolahan pangan. Metode ini banyak digunakan untuk memperpanjang umur simpan dan mengawetkan pangan, tetapi metode ini memiliki dampak terhadap kualitas pangan, seperti mampu mengubah tekstur, warna, dan kandungan nutrisi pangan (Awuah *et al.* 2007; Khongphakdee *et al.* 2025; Rampurwala *et al.* 2025). Menurut Usaga *et al.* (2021), aspek-aspek seperti distribusi suhu yang tidak merata dan penurunan perpindahan panas dapat menghasilkan produk akhir dengan kualitas yang lebih rendah dan lebih bervariasi, tergantung pada proses termal (retorting, pemrosesan aseptik, dan pengisian panas). Mengingat permintaan konsumen akan pangan aman dengan kualitas tinggi semakin meningkat, keterlibatan teknologi *non-thermal* juga memiliki pengaruh dalam memperpanjang umur simpan tanpa mengurangi kualitas produk pangan (Vignali *et al.* 2022). Beberapa contoh teknologi *non-thermal*, yaitu antara lain HPP (*High Pressure Processing*), *ultrasound*, PEF (*Pulsed Electric Field*), dan *cold plasma*.

High Pressure Processing (HPP) merupakan proses tanpa melibatkan panas yang mampu menghancurkan membran sel dengan penerapan tekanan tinggi (100-1000 MPa) dengan suhu dibawah 45°C sehingga memiliki dampak yang sangat minim akan perubahan rasa, tekstur, penampilan, serta gizi pangan yang diuji (Muntean *et al.* 2016; Kateh *et al.* 2024). Mikroba akan mengalami efek simultan pada permeabilitas membran sel, aktivitas metabolisme, struktur sel, dan gangguan genetik (Yordanov dan Angelova 2010). Efek mematikan tersebut terjadi karena beberapa faktor, seperti tekanan, suhu, waktu, dan jenis mikroba (Koutsoumanis *et al.* 2022a).

Jus buah menjadi salah satu produk pangan yang memiliki aw tinggi, berkisar antara 0,95 hingga 0,99 dengan pH dibawah 4,5. Meskipun memiliki pH rendah, pada tahun 1990-an terjadi kejadian luar biasa yang disebabkan oleh adanya *Salmonella*, *Escherichia coli* O157:H7, dan *Clostridium parvum* yang membuat FDA membuat peraturan bahwa jus buah yang tersebar secara komersial wajib menggunakan HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*) (Usaga *et al.* 2021). Adanya mikroba pada jus buah dapat disebabkan adanya kontaminasi dari lingkungan, pembuatan jus tidak sesuai dengan prosedur sanitasi, dan tidak diterapkannya HACCP.

Penelitian oleh Katsaros *et al.* (2010) menunjukkan bahwa pada tekanan 200-350 MPa dan suhu 25-40°C mampu menurunkan mikroba *L. brevis* dan *L. plantarum*. Sejalan juga dengan penelitian Bayindirli *et al.* (2006) yang menegaskan bahwa pada tekanan 350 MPa, 40°C, selama 5 menit mampu menginaktivasi *E. coli* O157:H7, *Salmonella*, dan *S. aureus*. Selain itu, penelitian oleh Erkmen dan Dogan (2004) juga menunjukkan bahwa pada tekanan 200-700 MPa, 25°C, 1-20 menit mampu menurunkan jumlah mikroba *L. monocytogenes* pada jus jeruk. (Rendueles *et al.* 2011) juga membuktikan bahwa dengan tekanan 350 MPa selama 30 menit atau 400 MPa selama 5 menit mampu menurunkan bakteri, kapang dan khamir hingga 10 kali. Syed *et al.* (2014) juga menunjukkan dengan 700 MPa, 5 menit, 4°C mampu mereduksi adanya mikroba *S. aureus*.