

PENGARUH FORTIFIKASI CaCO_3 DALAM PEMBUATAN TAHU dengan CaCl_2 dan CaSO_4 terhadap KADAR KALSIUM dan TEKSTUR TAHU

Laporan Penelitian

Disusun untuk memenuhi tugas akhir guna mencapai gelar

Sarjana di bidang ilmu Teknik Kimia

oleh :

Richa Syema Saragih Sumbayak

(6141801116)

Pembimbing :

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, A.P.U

Dra. H. Maria Ingrid, M.Sc.



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN

2023



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Richa Syema Saragih Sumbayak
NPM : 6141801116
Judul : **PENGARUH FORTIFIKASI CaCO_3 DALAM PEMBUATAN TAHU
DENGAN CaCl_2 dan CaSO_4 TERHADAP KADAR KALSIUM DAN
TEKSTUR TAHU**

CATATAN :

Telah diperiksa dan disetujui,
Bandung, 27 Januari 2023

Pembimbing 1

Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, A.P.U

Pembimbing 2

Dra. H. Maria Ingrid, M.Sc



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

LEMBAR REVISI

Nama : Richa Syema Saragih Sumbayak
NPM : 6141801116
Judul : **PENGARUH FORTIFIKASI CaCO_3 DALAM PEMBUATAN TAHU
DENGAN CaCl_2 dan CaSO_4 TERHADAP KADAR KALSIMUM DAN
TEKSTUR TAHU**

CATATAN :

- Dituliskan pada draft laporan dan hasil diskusi selama siding berlangsung
- Sesuaikan antara judul, tujuan, identifikasi masalah, hipotesis, dan kesimpulan
harus ada benang merah (kesesuaian)
- Perbaiki pembahasan, analisa organoleptik dan penulisan daftar pustaka

Telah diperiksa dan disetujui,

Bandung, 8 Februari 2023

Penguji 1

Penguji 2

Susiana Prasetyo, S.T., M.T.

Y.I.P. Arry Miryanti, Ir.,M.Si.



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Richa Syema Saragih Sumbayak

NPM : 6141801116

dengan ini menyatakan bahwa laporan penelitian dengan judul :

PENGARUH FORTIFIKASI CaCO_3 DALAM PEMBUATAN TAHU DENGAN CaCl_2 DAN CaSO_4 TERHADAP KADAR KALSIUM DAN TEKSTUR TAHU

adalah hasil pekerjaan saya dan seluruh ide, pendapat atau materi dari sumber lain telah dikutip dengan cara penulisan referensi yang sesuai.

Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan, maka saya bersedia menanggung sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bandung, 27 Januari 2023



Richa Syema Saragih Sumbayak

(6141801116)

INTISARI

Kalsium merupakan unsur mineral penting sebagai penyusun tulang di mana masyarakat Indonesia belum memenuhi asupan kalsium yang baik, dengan rata – rata 400 mg/hari/orang. Jumlah tersebut jauh dari rekomendasi asupan kalsium, yaitu 1000 mg/hari/orang. Kekurangan kalsium bagi remaja hingga dewasa berpotensi meningkatkan risiko osteoporosis. Pengonsumsian pangan berkadar kalsium tinggi tentu menjadi solusi, namun tidak semua dapat mengonsumsi susu sapi dikarenakan *lactose intolerant*. Tahu merupakan salah satu produk turunan kedelai dengan nutrisi yang tinggi terutama kadar protein, akan tetapi memiliki kadar kalsium yang rendah. Pengolahan tahu dengan fortifikasi menggunakan sumber kalsium merupakan satu upaya untuk meningkatkan kadar kalsium tahu sehingga tahu dapat dijadikan alternatif sumber kalsium masyarakat yang murah dan terjangkau.

Penelitian mencakup dua tahapan proses utama, yaitu percobaan pendahuluan mencakup pembuatan tahu serta penelitian utama mencakup pembuatan tahu dengan fortifikasi menggunakan CaCO_3 . Proses pembuatan tahu diawali dengan merendam kedelai selama 8 jam pada temperatur ruang, penggilingan kedelai dengan rasio kedelai:air (1:8) hingga membentuk *slurry*, penyaringan, koagulasi susu kedelai pada temperatur 75°C selama 10 menit dan pencetakan *curd* tahu menggunakan cetakan dan ditekan dengan beban 1 kg selama 30 menit hingga diperoleh tahu. Penelitian utama dilakukan dengan penambahan koagulan pilihan dari percobaan pendahuluan, dilanjutkan dengan penambahan CaCO_3 sesuai variasi. Percobaan pendahuluan dilakukan dengan memvariasikan jenis koagulan dan konsentrasi koagulan menggunakan rancangan percobaan faktorial 2 faktor. Jenis koagulan divariasikan sebanyak 2 level (CaSO_4 dan CaCl_2) dan konsentrasi koagulan sebanyak 3 level (0,2%, 0,4% dan 0,6% w/w *soymilk*) dengan 2 kali replikasi. Penelitian utama dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi CaCO_3 (0,1 – 1% w/w *soymilk*). Respons yang diamati untuk kedua tahap berupa *yield* tahu, kadar kalsium (titrasi kompleksimetri), kadar protein (kjeldahl), serta parameter tekstur (*hardness*, *springiness*, *cohesiveness*, *fracturability* dan *gumminess*) menggunakan *texture analyzer*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedelai varietas grobogan memiliki kadar protein 1,28% lebih besar dari kedelai varietas vinton sehingga kedelai grobogan dipilih sebagai bahan baku percobaan pendahuluan. Penggunaan koagulan CaSO_4 *food grade* berkonsentrasi 0,6% w/w *soymilk* dalam percobaan pendahuluan menghasilkan kadar kalsium 120,44 mg/100 gram dan *hardness* yang rendah daripada koagulan CaCl_2 *food grade*. Dalam penelitian utama, penambahan 0,3% w/w *soymilk* CaCO_3 *food grade* sebagai sumber kalsium (fortifikan) secara efektif meningkatkan kadar kalsium tahu setara dengan kadar kalsium dalam susu sapi dan memberikan *hardness* yang cukup baik pada tahu.

Kata kunci : kedelai, tahu, koagulan, kalsium sulfat, kalsium klorida, kalsium karbonat, uji kesukaan

ABSTRACT

Calcium is an important mineral component of bones and the average Indonesian intake of calcium (400 mg/day/person) is far from the recommended intake of 1000 mg/day/person. Lack of calcium among teenagers to adults increases the risk of osteoporosis. Consuming foods high in calcium is a solution, but not everyone can consume cow's milk due to lactose intolerance. Tofu is one of the soy derivatives with high nutritional value, especially high protein content, but low calcium content. Tofu fortification using calcium sources is an effort to increase the calcium content of tofu so that tofu can be a cheap and accessible source of calcium for the community.

The research involves two main stages of the process, the preliminary experiment covers tofu making and the main research covers tofu production with CaCO_3 fortification. The tofu making process starts with soaking soybeans for 8 hours at room temperature, grinding the soybeans with a soybean to water ratio of 1:8 to form a slurry, filtering, coagulating the soybean milk at a temperature of 75°C for 10 minutes, and pressing the tofu curd using a mold and pressed with a weight of 1 kg for 30 minutes until tofu is obtained. The main research was conducted by adding the chosen coagulant from the preliminary trial and then adding CaCO_3 according to the variations. The preliminary trial was conducted by varying the type of coagulant and coagulant concentration using a 2-factor factorial design experiment. The type of coagulant was varied in 2 levels (CaSO_4 and CaCl_2) and the coagulant concentration was varied in 3 levels (0.2%, 0.4%, and 0.6% w/w soy milk) with 2 replications. The main research was conducted by varying the CaCO_3 concentration (0.1 - 1% w/w soy milk). The responses observed for both stages were tofu yield, calcium content (complexometry titration), protein content (kjeldahl), and texture parameters (hardness, springiness, cohesiveness, fracturability, and gumminess) using a texture analyzer.

The research results show that the grobogan soybean variety has a protein content of 1.28% higher than the vinton soybean variety, so grobogan soybean is selected as the preliminary experiment material. The use of 0.6% w/w CaSO_4 food grade coagulant in the preliminary experiment resulted in a calcium content of 120.44 mg/100 grams and low hardness compared to CaCl_2 food grade coagulant. In the main research, the addition of 0.3% w/w CaCO_3 food grade soymilk as a calcium source (fortified) effectively increased the calcium content of tofu equivalent to the calcium content in cow's milk and provided a sufficient hardness in tofu.

Keywords: soybean, tofu, coagulant, calcium sulfate, calcium chloride, calcium carbonate, preference test

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan penelitian dengan judul “PENGARUH FORTIFIKASI CaCO_3 DALAM PEMBUATAN TAHU DENGAN CaCl_2 DAN CaSO_4 TERHADAP KADAR KALSIUM DAN TEKSTUR TAHU” dengan baik dan tepat waktu.

Dalam penyusunan laporan penelitian ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyusun laporan penelitian ini, khususnya kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Ign. Suharto, A.P.U dan Dra. H. Maria Ingrid, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, mengarahkan, membantu, dan memberikan saran-saran yang sangat bermanfaat selama penyusunan laporan penelitian ini.
2. Ibu Susiana Prasetyo S., S.T., M.T. dan Ir. Y.I.P. Arry Miryanti, M.Si. yang berkenan menjadi penguji laporan penelitian ini.
3. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan, doa dan semangat untuk penulis.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan, yang senantiasa memberikan pengarahan dan ilmu kepada penulis.
5. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Kimia UNPAR angkatan 2018, serta semua pihak yang turut membantu baik secara langsung ataupun tidak langsung sehingga laporan penelitian ini dapat diselesaikan tepat waktu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan akibat adanya keterbatasan waktu, kemampuan, dan pengetahuan dalam menyusun laporan penelitian ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca sehingga dapat menjadi bekal bagi penulis untuk memperbaiki laporan penelitian ini. Penulis berharap agar laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandung, 27 Januari 2023



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x
INTISARI.....	xi
ABSTRACT.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tema Sentral Masalah.....	4
1.3 Identifikasi Masalah.....	4
1.4 Premis.....	4
1.5 Hipotesis.....	4
1.6 Tujuan Penelitian.....	5
1.7 Manfaat Penelitian.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Kedelai.....	11
2.1.1 Peta Sebaran dan Varietas – Varietas Kedelai di Indonesia.....	15
2.1.2 Komposisi Kedelai Varietas Grobogan dan Kedelai Varietas Vinton..	16
2.2 Susu Kedelai.....	17
2.3 Tahu.....	19
2.4 Koagulasi Protein Kedelai.....	21
2.5 Koagulan.....	23
2.5.1 Kalsium Sulfat ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).....	24
2.5.2 Kalsium Klorida ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).....	25
2.6 Proses Pembuatan Tahu.....	25
2.6.1 Pencucian dan Perendaman Kedelai.....	26

2.6.2 Penggilingan Kedelai menggunakan Air.....	27
2.6.3 Pemasakan Slurry.....	28
2.6.4 Ekstraksi Susu Kedelai dan Pemisahan Okara.....	29
2.6.5 Koagulasi Susu Kedelai.....	30
2.6.6 Pemisahan <i>Whey</i> dan Pencetakan Tahu.....	31
2.7 Fortifikasi Tahu.....	31
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Bahan.....	34
3.2 Peralatan.....	34
3.3 Tahap Penelitian.....	35
3.3.1 Percobaan Pendahuluan.....	35
3.3.2 Penelitian Utama.....	36
3.4 Prosedur Penelitian.....	36
3.4.1 Percobaan Pendahuluan.....	36
3.4.2 Rancangan Percobaan Pendahuluan.....	38
3.4.3 Penelitian Utama.....	40
3.4.4 Rancangan Percobaan Fortifikasi Tahu dengan <i>CaCO₃ Food Grade</i> ..	42
3.4.5 Uji Kesukaan terhadap Tahu.....	43
3.5 Analisa.....	44
3.6 Lokasi dan Rencana Kerja Penelitian.....	44
BAB 4 PEMBAHASAN.....	46
4.1 Penentuan Varietas Kedelai.....	46
4.2 Pengaruh Jenis Koagulan dan Konsentrasi Koagulan terhadap Kadar KalsiumTahu.....	47
4.3 Pengaruh Jenis Koagulan dan Konsentrasi Koagulan terhadap Tekstur Tahu.....	51
4.4 Pengaruh Fortifikasi dengan <i>CaCO₃</i> terhadap Kadar Kalsium Tahu.....	57
4.5 Pengaruh Fortifikasi dengan <i>CaCO₃</i> terhadap Tekstur Tahu.....	60
4.6 Perbandingan Tahu dengan Fortifikasi dan Tanpa Fortifikasi.....	62
4.7 Pengaruh Fortifikasi dengan <i>CaCO₃</i> terhadap Uji Kesukaan Tahu.....	63

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	65
5.1 Kesimpulan.....	65
5.2 Saran.....	65
DAFTAR PUSTAKA.....	66
LAMPIRAN A PROSEDUR ANALISIS.....	72
LAMPIRAN B MATERIAL SAFETY DATA SHEET.....	81
LAMPIRAN C DATA PENELITIAN DAN HASIL ANTARA	95
LAMPIRAN D CONTOH PERHITUNGAN.....	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur dari biji kedelai (Shurtleff dan Aoyagi, 2000).....	11
Gambar 2.2	Reaksi pembentukan protein (K. Ramadevi, 2016).....	13
Gambar 2.3	Produksi kedelai di 5 provinsi Indonesia (KPRI, 2020).....	15
Gambar 2.4	Tahapan pembentukan gel protein menggunakan variasi koagulan	21
Gambar 3.1	Diagram alir percobaan pendahuluan.....	38
Gambar 3.2	Diagram alir fortifikasi tahu dengan CaCO_3 <i>food grade</i>	42
Gambar 4.1	Kadar protein tahu untuk setiap variasi jenis dan konsentrasi koagulan.	47
Gambar 4.2	Kadar kalsium tahu untuk setiap variasi jenis dan konsentrasi koagulan.	47
Gambar 4.3	<i>Yield</i> tahu untuk setiap variasi jenis dan konsentrasi koagulan.....	50
Gambar 4.4	<i>Hardness</i> tahu untuk setiap variasi jenis dan konsentrasi koagulan.....	52
Gambar 4.5	<i>Springiness</i> tahu untuk setiap variasi jenis dan konsentrasi koagulan....	53
Gambar 4.6	<i>Cohesiveness</i> tahu untuk setiap variasi jenis dan konsentrasi koagulan...	54
Gambar 4.7	<i>Fracturability</i> tahu untuk setiap variasi jenis dan konsentrasi koagulan...	55
Gambar 4.8	<i>Gumminess</i> tahu untuk setiap variasi jenis dan konsentrasi koagulan.....	56
Gambar 4.9	Pengaruh variasi konsentrasi CaCO_3 dalam fortifikasi terhadap kadar kalsium tahu.....	58
Gambar 4.10	Pengaruh variasi konsentrasi CaCO_3 dalam fortifikasi terhadap kadar protein tahu.....	59
Gambar 4.11	Pengaruh variasi konsentrasi CaCO_3 dalam fortifikasi terhadap kadar <i>yield</i> tahu.....	60

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Perbandingan kadar kalsium dari berbagai produk makanan.....	3
Tabel 1.2	Premis penelitian.....	7
Tabel 1.3	Premis penelitian fortifikasi.....	10
Tabel 2.1	Komposisi proksimat kedelai dan strukturalnya.....	12
Tabel 2.2	Kandungan asam amino non-essensial.....	13
Tabel 2.3	Kandungan asam amino essensial.....	13
Tabel 2.4	Beberapa varietas unggul kedelai kuning.....	16
Tabel 2.5	Komposisi kimia varietas kedelai lokal dan impor.....	16
Tabel 2.6	Kadar asam amino beberapa varietas kedelai (mg/g kedelai kering).....	17
Tabel 2.7	Komposisi kimia susu kedelai dan sapi.....	18
Tabel 2.8	Standar mutu tahu SNI 01-3142-1998.....	20
Tabel 2.9	Standar nasional bahan tambahan makanan SNI 01-0222-1995.....	20
Tabel 2.10	Kondisi operasi proses koagulasi tiap jenis koagulan.....	23
Tabel 2.11	Fortifikasi susu kedelai dengan variasi bahan baku proses.....	33
Tabel 3.1	Metode analisa beserta bahan analisa kimianya.....	34
Tabel 3.2	Rancangan percobaan pendahuluan.....	38
Tabel 3.3	Analisa varian dengan 2 variabel.....	39
Tabel 3.4	Analisis Least Square Linear.....	42
Tabel 3.5	Penilaian uji kesukaan berdasarkan skala hedonik	44
Tabel 3.6	Rencana kerja penelitian	45
Tabel 4.1	Kadar protein varietas kedelai	46
Tabel 4.2	Analisa varian (ANOVA) jenis dan konsentrasi koagulan terhadap kadar protein tahu	48
Tabel 4.3	Analisa varian (ANOVA) jenis dan konsentrasi koagulan terhadap kadar kalsium tahu	49
Tabel 4.4	Analisa varian (ANOVA) jenis dan konsentrasi koagulan terhadap <i>yield</i> tahu.....	51
Tabel 4.5	Analisa varian (ANOVA) jenis dan konsentrasi koagulan terhadap <i>hardness</i> tahu.....	53
Tabel 4.6	Analisa varian (ANOVA) jenis dan konsentrasi koagulan terhadap <i>springiness</i> tahu.....	54
Tabel 4.7	Analisa varian (ANOVA) jenis dan konsentrasi koagulan terhadap <i>cohesiveness</i> tahu.....	55
Tabel 4.8	Analisa varian (ANOVA) jenis dan konsentrasi koagulan terhadap <i>fracturability</i> tahu.....	56
Tabel 4.9	Analisa varian (ANOVA) jenis dan konsentrasi koagulan terhadap <i>gumminess</i> tahu.....	57
Tabel 4.10	Kadar kalsium tahu fortifikasi menggunakan CaCO ₃	58
Tabel 4.11	Sifat tekstural tahu fortifikasi dengan variasi konsentrasi CaCO ₃	60
Tabel 4.12	Perbandingan hasil penelitian dengan tahu komersil.....	62
Tabel 4.13	Uji kesukaan tahu hasil fortifikasi dan tahu komersil.....	63

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kalsium merupakan unsur mineral penting yang sangat dibutuhkan tubuh sebagai penyusun tulang serta pengisi kepadatan atau densitas tulang (Włodarek, 2014). Namun International Osteoporosis Foundation pada tahun 2015 menyatakan bahwa masyarakat Indonesia memiliki asupan kalsium rendah, dengan rata – rata asupan kalsium adalah 400 mg/hari/orang. Jumlah tersebut jauh dari rekomendasi asupan kalsium yang baik, berkisar pada 1000 mg/hari/orang. Kekurangan kalsium bagi remaja hingga dewasa berpotensi meningkatkan risiko osteoporosis. Badan Litbang Gizi Depkes RI (2006) menyatakan bahwa angka prevalensi osteopenia (osteoporosis dini) adalah 41,7% dan prevalensi osteoporosis sebesar 10,3%. Prevalensi osteopenia pada kalangan muda dengan *range* umur kurang dari 25 tahun adalah 37,1% dan pada wanita dewasa muda (umur 18 - 23 tahun) mencapai 39,5%. Oleh karena itu, upaya untuk mencegah serta mengurangi prevalensi osteoporosis perlu dipertimbangkan, kekhawatiran akan kurangnya asupan kalsium masyarakat Indonesia dapat diatasi dengan mengkonsumsi pangan yang kaya akan kalsium.

Umumnya, pemenuhan asupan kalsium bagi tubuh diperoleh dengan mengkonsumsi susu sapi. Padahal terdapat sumber kalsium lainnya yang berasal dari pangan kacang – kacangan seperti kacang kedelai (Panjaitan, 2016). Kedelai dapat diolah menjadi berbagai produk pangan seperti susu kedelai dan tahu. Susu kedelai tidak mengandung laktosa sehingga susu kedelai merupakan pengganti yang ideal untuk susu sapi bagi individu yang tidak toleran terhadap laktosa (Lacey, dkk., 2004). Namun, susu kedelai mengandung kalsium yang jauh lebih rendah daripada susu sapi (20-30 mg/100 ml dibandingkan dengan 120 mg/100 ml, masing-masing), diikuti dengan penerimaan masyarakat terhadap susu kedelai sebagai pengganti susu sapi tergolong rendah (Eadmusik, dkk., 2013 ; Zemel, dkk., 1990). Rendahnya nilai kalsium dalam susu kedelai disertai rendahnya minat masyarakat akan susu kedelai menyebabkan perlu adanya terobosan produk pangan yang lebih dikenal, sering dijumpai oleh masyarakat dan memberikan nilai gizi yang baik.

Salah satu produk turunan kedelai yang disenangi oleh masyarakat Indonesia ialah tahu, dengan teksturnya yang lembut, rasa yang ringan serta harga yang terjangkau (Suharto,

dkk., 2015 ; Eadmusik, dkk., 2013). Tahu tidak memiliki kandungan kolesterol, memiliki kandungan vitamin, mineral dan protein tinggi yang banyak dikonsumsi di negara-negara Asia, dimana sekitar 90% protein kedelai dikonsumsi dalam bentuk tahu (Kim dan Cheong, 2016 ; Stanojević, dkk., 2010). Pemenuhan asupan kalsium harian dapat diadakan dengan memproduksi tahu menggunakan susu kedelai yang diperkaya kalsium. Tahu yang diproduksi menggunakan susu kedelai yang diperkaya kalsium dapat memberikan pilihan sumber kalsium lain kepada konsumen dengan harga yang relatif murah dan nilai nutrisi yang tinggi (Eadmusik, dkk., 2013).

Pengolahan tahu cenderung lebih banyak menggunakan kedelai impor terutama kedelai impor dari Amerika Serikat akibat swasembada yang belum tercapai. Hal ini memengaruhi kebiasaan produsen untuk memproduksi tahu menggunakan kedelai impor. Beberapa penelitian sebelumnya (Purnama, dkk., 2012; Ginting, dkk., 2009) menunjukkan bahwa kedelai lokal terutama varietas Grobogan memiliki kadar protein, kadar lemak, karbohidrat dan kadar abu yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kedelai impor. Diharapkan pemanfaatan kedelai impor dapat dikurangi dengan mempertimbangkan kelebihan dari varietas unggul lokal. Kedelai lokal varietas unggul memiliki kadar protein yang lebih tinggi yaitu berkisar pada 40 – 44 %. Kedelai impor Amerika Serikat memiliki kadar protein 35 – 37 % (Simatupang, dkk., 2005)

Proses pembuatan tahu secara garis besar meliputi dua bagian utama yaitu persiapan susu kedelai melibatkan pencucian, perendaman, penggilingan serta penyaringan bubur kedelai. Susu kedelai kemudian di koagulasi menggunakan koagulan (Watanabe, 1997). Pemilihan dan penambahan koagulan pada jumlah yang tepat merupakan langkah terpenting dalam pembuatan tahu. Jumlah koagulan yang tidak mencukupi dapat mengakibatkan pengendapan protein kedelai yang tidak sempurna dan mempersulit proses penyaringan, sedangkan jumlah koagulan yang berlebihan membuat tekstur tahu menjadi keras dan tidak enak. Koagulan yang paling banyak digunakan oleh produsen tahu adalah kalsium sulfat. (Lu, dkk., 1980). Tsai dkk. (1981) serta Wang dan Hesseltine (1982) mengemukakan bahwa kalsium sulfat lebih unggul dari garam kalsium lainnya, karena menghasilkan *yield* tahu yang tinggi, rasa lezat dan tekstur yang halus. Lu (1980) meneliti pembuatan tahu dengan berbagai jenis koagulan kalsium dan menemukan bahwa kalsium klorida menghasilkan tahu dengan kualitas sensorik yang sama dengan yang dibuat oleh kalsium sulfat. Hal ini disebabkan kalsium klorida lebih larut dalam air sehingga lebih mudah dicampur dengan

susu kedelai. Lu (1980) menyimpulkan bahwa dan kalsium klorida adalah alternatif yang baik untuk kalsium sulfat.

Penambahan kalsium pada tahu dilakukan dengan menggunakan metode fortifikasi. Fortifikasi pangan didefinisikan sebagai penambahan satu atau lebih zat gizi esensial pada suatu makanan, baik yang terkandung dalam makanan tersebut maupun tidak, dengan tujuan untuk memenuhi peran makanan dalam pemenuhan nutrisi tertentu (Ottaway dan Peter Berry, 2008). Fortifikasi tahu dilakukan melalui dua langkah proses, yaitu (1) penambahan sumber kalsium dan (2) penambahan koagulan kedalam susu kedelai. Fortifikasi dilakukan dengan menggunakan kalsium karbonat *food grade* (CaCO_3) sebagai sumber kalsium (Zemel, dkk., 1990). Kalsium karbonat sebagai garam kalsium anorganik yang paling banyak digunakan, hemat biaya, mengandung persentase mineral kalsium tinggi sebesar 40%, memiliki kelarutan yang rendah sehingga tidak mengubah pH dan *ionic calcium* pada tingkat yang sama dengan penambahan garam dengan kelarutan tinggi (Shelef, 1986). Perbedaan kadar kalsium antara produk fortifikasi dan tanpa fortifikasi dapat dilihat pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1 Perbandingan kadar kalsium dari berbagai produk makanan
(International Osteoporosis Foundation, 2020; Eadmusik, dkk., 2013)

Makanan	Jumlah	Kalsium (mg)
Susu sapi	100 g	143,3
Susu kedelai	100 g	50
Tahu tanpa fortifikasi	100 g	62
Tahu fortifikasi	100 g	200

Maka dari itu, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan tahu yang difortifikasi menggunakan kalsium karbonat agar memperoleh tahu dengan kadar kalsium yang menyerupai atau melebihi kadar kalsium pada susu sapi. tahu fortifikasi diharapkan dapat meningkatkan asupan gizi untuk tulang. Dengan meninjau penelitian sebelumnya serta **Tabel 1.1**, penulis tertarik untuk meneliti pengaruh konsentrasi CaCO_3 terhadap peningkatan kadar kalsium pada tahap fortifikasi, konsentrasi koagulan, variasi jenis koagulan dan jenis kedelai dalam produksi tahu.

1.2 Tema Sentral Masalah

Tidak adanya standar yang mengatur fortifikasi tahu menggunakan CaCO_3 dan hal ini mengakibatkan terdapatnya keterbatasan dalam pengembangan produk tahu. Pemberlakuan fortifikasi tahu dengan mencari formulasi yang tepat dan memiliki kadar kalsium setara kadar kalsium susu sapi menjadi fokus utama penelitian ini dan dapat dijadikan masukan untuk Standar Nasional Indonesia.

1.3 Identifikasi Masalah

Beberapa masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah:

1. Seberapa jauh pengaruh konsentrasi koagulan CaSO_4 dan CaCl_2 terhadap kadar kalsium dan tekstur tahu?
2. Seberapa jauh pengaruh fortifikasi menggunakan kalsium karbonat *food grade* (CaCO_3) terhadap peningkatan kadar kalsium dan tekstur tahu?

1.4 Premis

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan, maka dapat disusun beberapa premis yang mendasari kondisi operasi atau perlakuan dalam penelitian ini, premis penelitian terkait kadar kalsium dalam tahu dengan variasi koagulan dan variasi kedelai terlampir pada **Tabel 1.2**. Premis khusus membahas fortifikasi tahu dibahas pada **Tabel 1.3**. Premis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.5 Hipotesis

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan, dirumuskan beberapa hipotesis sebagai berikut:

1. Semakin tinggi konsentrasi koagulan meningkatkan jumlah ikatan silang antara ion kalsium dengan protein sehingga kadar kalsium dan *hardness* tahu meningkat (Schaefer dan Love, 1992).
2. Semakin tinggi konsentrasi fortifikan CaCO_3 semakin tinggi kadar kalsium dan *hardness* tahu (Foster, 2013).

1.6 Tujuan Penelitian

Tujuan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk:

1. Mempelajari pengaruh jenis koagulan dan konsentrasi koagulan CaSO_4 dan CaCl_2 dalam proses pembuatan tahu terhadap kadar kalsium dan tekstur tahu.
2. Mempelajari pengaruh fortifikasi tahu menggunakan kalsium karbonat *food grade* (CaCO_3) terhadap kadar kalsium dan tekstur tahu.

1.7 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi berbagai pihak, antara lain:

1. Bagi industri, penelitian ini diharapkan mampu meningkatkan produktivitas proses pembuatan tahu yang memiliki kadar kalsium sesuai dengan SNI susu sapi.
2. Bagi mahasiswa, penelitian ini dapat menambah informasi ilmiah terkait fortifikasi kalsium karbonat *foodgrade* dalam proses pembuatan tahu terhadap perolehan kadar kalsium dalam tahu.
3. Bagi masyarakat, tahu hasil fortifikasi ini diharapkan dapat menjadi produk tahu dengan tahu dengan tekstur yang baik dan kadar kalsium tinggi.

Tabel 1.2 Premis penelitian

Peneliti	Variabel Proses		Suhu dan Waktu Perendaman	Pemasakan Rasio kedelai : air	Suhu dan Waktu Koagulasi	Penekanan	Hasil
	Kedelai	Koagulan					
Zhi-Sheng Liu dan Sam Kow-Ching Chang (2004)	950 g kedelai impor Amerika Serikat varietas vinton	6,5% b/v $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1 ml	26 – 28 °C 12 jam	1 kg : 7 liter air 97°C 10 menit	100°C 5 menit	-	Kadar protein = 4,27% Kadar kalsium = 19,5 mg/100 g tahu
T. D. Cai, K. C. Chang, M. C. Shih, H. J. Houa dan M. Jia (1997)	139 g Kedelai impor Amerika Serikat varietas vinton	2% b/b $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dari berat kedelai mentah	20-22°C 9 jam	1 kg : 8 liter air 94 – 96°C 5 menit	87°C 8 menit	21.8 g/cm ² 10 menit	Yield = 522,7 g/100 g kedelai Kadar protein = 53,1% Kadar kalsium = 266 g/100 g kedelai
M.J. Schaefer dan J. Love (1992)	120 g Kedelai impor Amerika Serikat varietas vinton	0,15% b/v $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	12 – 18 jam	1 : 10 100°C 15 menit	80°C 5 menit	20 menit	Yield = 298 g/100 g kedelai Kadar protein = 7,8% Kadar kalsium 193 mg/100 g tahu
Nong Sun dan William M. Breene (1991)	50 g kedelai impor Amerika Serikat varietas vinton	0,14% b/v CaSO_4	22°C 12 jam	1 : 8	70°C 10 menit	9,95 g/cm ² 2 jam	Yield = 223 g/50 g kedelai Kadar protein = 54,5 % Kadar kalsium 269 mg/100 g tahu

Tabel 1.2 Premis penelitian (lanjutan)

Peneliti	Variabel Proses		Suhu dan Waktu Perendaman	Pemasakan Rasio kedelai : air	Suhu dan Waktu Koagulasi	Penekanan	Hasil
	Kedelai	Koagulan					
S.-J. TSAI, C. Y. LAN, C. S. KAO, dan S. C. CHEN (1981)	50 g kedelai impor Ta-Lien	0,14% b/v $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan 0,11% b/v $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	semalaman	1 kg : 10 liter	100°C 5 menit	-	<p>CaCl_2 :</p> <p>Yield = 25 ml/27.5 ml susu kedelai Kadar kalsium = 230 mg/100 g tahu bertekstur kasar dan kurang lezat</p> <p>CaSO_4 :</p> <p>Yield = 16 ml/27.5 ml susu kedelai kadar kalsium = 150 - 187 mg/100 g tahu tekstur halus dan rasa yang lezat</p>
Kai Chen, dkk (2021)	200 g kedelai impor Cina	0,2% b/v $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	3°C 24 jam	1 : 7	80°C 20 menit	-	Yield = 163,8 g/100 g kedelai Kadar kalsium 295,6 mg/100 g tahu
Veronica A. Obatolu (2006)	400 g kedelai impor Nigeria	0,3% $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dari susu kedelai	8 jam	1 kg : 6 liter air	100°C 5 menit	Press 20.5 g/cm ² (60 menit)	Yield = 565,7 g/100 g tahu Kadar protein = 58,2 g/100 g tahu Kadar kalsium = 312,7 mg/100 g tahu
Yakubu Ndatsu and Amuzat Aliyu Olekan (2012)	2 kg Kedelai Impor Nigeria	0,025% b/b $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dari kedelai kering	20-40°C 9 jam	1 kg : 6 liter air	87°C 10 menit	-	Yield = 18,3% Kadar protein = 36,6% Kadar kalsium = 259 mg/100 g tahu

Tabel 1.2 Premis penelitian (lanjutan)

Peneliti	Variabel Proses		Suhu dan Waktu Perendaman	Pemasakan Rasio kedelai : air	Suhu dan Waktu Koagulasi	Penekanan	Hasil
	Kedelai	Koagulan					
Jhon David Haloho dan Tietyk Kartinaty (2020)	200 g kedelai Impor US dan kedelai varietas Grobogan	CaSO ₄	-	1 : 10 100°C 10 menit	100°C	-	Varietas grobogan : Kadar protein = 8,21% Varietas vinton : Kadar protein = 4,26%

Tabel 1.3 Premis penelitian fortifikasi

Peneliti	Variabel Proses	Suhu Perendaman Kedelai	Suhu dan Waktu Pemanasan	Rasio kedelai : air	Suhu dan Waktu Koagulasi	Hasil
	Garam kalsium					
Piangjan Chaiwanon, Prapasri Puwastien, Anadi Nitithamyong, dan Prapaisri P. Sirichakwal (1999)	0,1% CaCO ₃	16 – 18 jam	50 – 60°C 20 menit	1:8	10 menit	Kadar kalsium susu kedelai = 133 mg/100 ml
Pattavara Pathomrungsiyongul, Alistair S. Grandison dan Michael J. Lewis (2010)	0,09% b/v CaCO ₃	14 jam	80°C 10 menit	1:10	45°C 10 menit	Kadar kalsium susu kedelai = 620 mg/100 ml