

**PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN GETAH PEPAYA (*Carica papaya* L.)
TERHADAP KUALITAS FISIK TAHU SUSU**

SKRIPSI

**ICA MIPTAHUL JANNAH
E10021154**



**FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS JAMBI
2025**

LEMBARAN PENGESAHAN

PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN GETAH PEPAYA (*Carica papaya* L.) TERHADAP KUALITAS FISIK TAHU SUSU

OLEH
ICA MIPTAHUL JANNAH
E10021154

Telah Diuji di hadapan Tim Penguji
Pada Hari Selasa, Tanggal 8 Juli 2025, dan dinyatakan Lulus

Ketua	: Dr. Olfa Mega, S.Pt., M.Si.
Sekretaris	: Dr. Ir. Suryono, M.Si.
Anggota	: 1. Dr. Jaya Putra Jahidin, S.Pt., M.Si 2. Dr. Ir. Afriani, M.P. 3. Prof. Dr. Ir. Adriani, M.Si.

Menyetujui:
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Dr. Olfa Mega, S.Pt., M.Si.
NIP. 197011022000032004

Dr. Ir. Suryono, M.Si.
NIP. 196304241989021001

Mengetahui :
Wakil Dekan BAK

Ketua Jurusan Peternakan

Dr. Ir. Mairizal, M.Si.
NIP. 196805281993031001

Dr. Ir. Rahmi Dianita, S.Pt., M.Sc. IPM.
NIP. 197105251997032012

PENGARUH KONSENTRASI LARUTAN GETAH PEPAYA (*Carica papaya* L.) TERHADAP KUALITAS FISIK TAHU SUSU

Ica Miptahul Jannah, di bawah bimbingan
Olfa Mega¹⁾ dan Suryono²⁾

RINGKASAN

Tahu susu merupakan salah satu produk olahan susu yang dibuat dengan cara menggumpalkan susu dengan menambahkan senyawa asam atau enzim pada susu, salah satunya dengan penambahan getah pepaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan berbagai konsentrasi larutan getah pepaya terhadap kualitas fisik tahu susu dan konsentrasi larutan getah pepaya terbaik dalam menghasilkan kualitas fisik tahu susu.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Peternakan Universitas Jambi. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 (empat) perlakuan konsentrasi getah pepaya (0,6%;1,2%;1,8% dan 2,4 %) dan lima ulangan. Peubah yang diamati meliputi nilai rendemen, sineresis, daya ikat air, dan pH. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis ragam dan hasil analisis yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan.

Hasil analisis ragam menunjukkan penambahan konsentrasi getah pepaya berpengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap rendemen, akan tetapi tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap sineresis, daya ikat air dan pH tahu susu. Rendemen tahu susu pada perlakuan P1 (17,86%) dan P2 (16,97%) lebih tinggi dibandingkan dengan P3 (14,76%) dan P4 (14,49%). Rata-rata nilai rendemen tahu susu yang dihasilkan antara 14,49-17,86%, sineresis 54,37-63,77%, daya ikat air 5,27-6,42% dan pH 6,20-6,25.

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi larutan getah pepaya 0,6%-2,4% pada pembuatan tahu susu tidak memberikan perubahan terhadap sineresis, daya ikat air dan pH akan tetapi menurunkan nilai rendemen tahu susu. Penambahan larutan getah pepaya 0,6% menghasilkan nilai rendemen tertinggi 17,86%.

Keterangan: ¹⁾ Pembimbing Utama

²⁾ Pembimbing Pendamping

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Pengaruh Konsentrasi Larutan Getah Pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap Kualitas Fisik Tahu Susu” adalah karya sendiri dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam bentuk daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini sesuai dengan kaidah penulisan ilmiah yang berlaku.

Jambi, Juli 2025

Ica Miptahul Jannah

RIWAYAT HIDUP



Skripsi yang berjudul “Pengaruh Konsentrasi Larutan Getah Pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap Kualitas Fisik Tahu Susu” dibuat oleh Ica Miptahul Jannah, dilahirkan di Tebo pada tanggal 19 Desember 2003. Penulis adalah anak ke-1 dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Supriyadi dan Ibu Desmawati.

Pendidikan penulis dimulai dengan memasuki Taman Kanak-

kanak Bugempil di kabupaten Tebo pada tahun 2008-2009. Penulis melanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri 38 Desa Cermin Alam pada tahun 2009-2015. Selanjutnya penulis melanjutkan Pendidikan di Sekolah Menengah Pertama di SMP 16 Kabupaten Tebo pada tahun 2015-2018. Penulis melanjutkan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 kabupaten Tebo mengambil jurusan IPA pada tahun 2018-2021. Pada tahun 2021 penulis diterima sebagai mahasiswa di Program Studi Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Jambi melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Penulis mengikuti kegiatan program Magang pengganti KKN selama 2 bulan yang dimulai pada tanggal 25 Juli sampai dengan 25 September 2024 di PT. Surya Unggas Mandiri Farm 1 Jambi yang berlokasi di Desa Bukit Baling, Kecamatan Sekernan, Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi dan melaksanakan kegiatan Praktek Kerja Lapang (PKL) selama 1 bulan di Peternakan Bapak Ari Wibowo yang dimulai pada tanggal 28 November sampai dengan 28 Desember 2024 di Kelurahan Pematang Sulur Kecamatan Telanaipura Kota Jambi, Provinsi Jambi.

Jambi, Juli 2025

Ica Miptahul Jannah

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul: **“Pengaruh Konsentrasi Larutan Getah Pepaya (*Carica papaya* L.) Terhadap Kualitas Fisik Tahu Susu”**

Penulis menyadari banyak pihak yang memberikan dukungan dan bantuan selama menyelesaikan studi dan tugas akhir ini. Oleh karena itu, sudah sepantasnya penulis dengan penuh hormat mengucapkan terimakasih dan mendoakan semoga Allah memberikan balasan terbaik kepada:

1. Ibu Dr. Olfa Mega, S.Pt., M.Si dan Bapak Dr. Ir. Suryono, M.Si selaku Pembimbing Utama dan Pembimbing Pendamping skripsi saya yang tidak henti-hentinya membina, mengarahkan, memberi masukan, dan motivasi dalam proses menyelesaikan skripsi ini semoga segala kebaikan yang telah ibu dan bapak berikan kepada saya menjadi ladang amal jariyah.
2. Bapak Dr. Jaya Putra Jahidin, S.Pt. M.Si., ibu Dr. Ir. Afriani, M.P., dan ibu Prof. Dr. Ir. Adriani, M.Si. selaku tim penguji yang telah banyak memberikan saran dan arahan kepada penulis untuk perbaikan maupun isi dalam skripsi ini.
3. Bapak Prof. Ir. Darlis, M.Sc., Ph.D. selaku dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan arahan dan nasehat dalam menyelesaikan studi di Fakultas Peternakan Universitas Jambi.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Hj. Nurhayati, M.Sc. agr selaku Dekan Fakultas Peternakan yang telah memberikan kesempatan dan fasilitas sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Peternakan Universitas Jambi.
5. Ibu Peni selaku Teknisi Laboratorium Fakultas Peternakan Universitas Jambi yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian dan seluruh dosen peternakan yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan.
6. Kedua orang tua saya Bapak Supriyadi dan Ibu Desmawati, dua orang yang sangat berjasa dalam hidup saya, dua orang yang selalu mengusahakan anak pertamanya ini menempuh Pendidikan setinggi-tingginya meskipun mereka berdua sendiri hanya bisa menempuh Pendidikan sampai tahap dasar. Kepada

bapak saya, terima kasih atas setiap cucuran keringat dan kerja keras yang engkau tukarkan menjadi sebuah nafkah demi anakmu bisa sampai kepada tahap ini, demi anakmu dapat mengenyam pendidikan sampai ke tingkat ini. Untuk ibu saya, terima kasih atas segala motivasi, pesan, doa dan harapan yang selalu mendampingi setiap langkah dan ikhtiar anakmu untuk menjadi seseorang yang berpendidikan, terima kasih atas kasih sayang tanpa batas yang tak pernah lekang oleh waktu, atas kesabaran dan pengorbanan yang selalu mengiringi perjalanan hidup saya, terima kasih telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi, serta pelita yang tak pernah padam dalam setiap langkah yang saya tempuh. Terakhir, terima kasih atas segala hal yang kalian berikan yang tak terhitung jumlahnya.

7. Adikku tercinta Mikayla, yang selalu menjadi alasan penulis untuk lebih keras lagi dalam berjuang karena dialah termasuk orang yang menjadikan penulis untuk menjadi kuat dan lebih semangat. Raihlah cita-cita yang selama ini diimpikan dan selalu ingat kepada kedua orang tua kita.
8. Tim Penelitian dan seperjuangan Annisa Padilla, Diva Somas Ledy Rohadi, Handoko Kuncoro dan Dimas Agem Lilo Ing Pandum yang sudah banyak membantu selama penelitian.
9. Untuk orang yang telah banyak membantu penulis selama perkuliahan hingga selesai yang tak bisa disebutkan satu per satu, terimakasih atas dukungannya.
10. Terakhir, teruntuk diri saya sendiri. Terima kasih kepada diri saya sendiri Ica Miptahul Jannah yang sudah kuat melewati segala lika-liku yang terjadi. Saya bangga pada diri saya sendiri, mari bekerjasama untuk lebih berkembang lagi menjadi pribadi yang lebih baik dari hari ke hari.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dibidang peternakan dan dapat dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya.

Jambi, Juli 2025

Ica Miptahul Jannah

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Komposisi Susu	5
2.2. Tahu Susu	7
2.3. Getah Pepaya	8
2.4. Garam	10
2.5. Kualitas Fisik.....	11
2.5.1. Rendemen	11
2.5.2. Sineresis	11
2.5.3. Daya Ikat Air.....	12
2.5.4. Nilai pH.....	12
BAB III MATERI DAN METODA	14
3.1. Tempat dan Waku.....	14
3.2. Materi Penelitian.....	14
3.3. Metode Penelitian	14
3.3.1. Pembuatan larutan getah pepaya.....	14
3.3.2. Pembuatan tahu susu.....	15
3.4. Rancangan Penelitian.....	17
3.5. Peubah yang diamati.....	17
3.5.1. Rendemen.....	17
3.5.2. Sineresis	17

3.5.3. Daya Ikat Air.....	17
3.5.4. Nilai pH.....	18
3.6. Analisis Data.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1. Rendemen	19
4.2. Sineresis.....	21
4.3. Daya Ikat Air	21
4.4. Nilai pH	22
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	24
5.1. Kesimpulan	24
5.2. Saran.....	24
DAFTAR PUSTAKA	25
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi rata-rata susu sapi.....	5
2. Syarat mutu susu segar	6
3. Syarat mutu tahu.....	7
4. Rataan nilai rendemen, sineresis, daya ikat air dan pH tahu susu dengan beberapa konsentrasi larutan getah pepaya	19

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Buah pepaya	9
2. Pembuatan larutan getah pepaya	15
3. Pembuatan tahu susu	16

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Analisis Ragam Rendemen	33
2. Analisis Ragam Sineresis	36
3. Analisis Ragam Daya Ikat Air	38
4. Analisis Ragam Nilai pH	40

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Susu sapi merupakan cairan yang berasal dari ambing sapi sehat dan bersih yang diperoleh melalui proses pemerahan dengan teknik yang benar serta kandungan alami susu tidak ditambah maupun dikurangi oleh sesuatu apapun dan belum mendapatkan perlakuan apapun kecuali pendinginan (Sipayung *et al.*, 2022). Susu salah satu bahan pangan yang mengandung zat-zat makanan yang penting seperti karbohidrat, protein, mineral dan vitamin. Di Indonesia masih banyak yang kurang suka dalam mengkonsumsi susu segar karena mempunyai bau amis dan rasa susu yang khas sehingga susu tidak biasa dikonsumsi dan diterima oleh sebagian masyarakat.

Susu juga mempunyai sifat lebih mudah rusak dibandingkan dengan hasil ternak lainnya sehingga penanganan susu harus tepat dan cepat. Tahu susu dapat dibuat dari susu yang tidak memenuhi standar mutu yang ditetapkan oleh industri pengolahan susu. Industri pengolahan susu memiliki standar mutu yang ketat, seperti kadar protein minimal 2,7%, lemak 3%, pH berkisar 6,3-6,8, total mikroba maksimum 10^6 cfu/ml, serta bebas dari kontaminasi *Escherichia coli*, *Salmonella*, dan residu antibiotik (BSN, 2011). Secara keseluruhan tidak semua susu yang diproduksi oleh peternak memenuhi kriteria tersebut. Susu yang mengalami penurunan mutu, seperti pH yang lebih rendah, kadar lemak atau protein yang kurang, atau jumlah mikroba yang melebihi ambang batas, sering kali ditolak oleh industri. Susu yang tidak lolos seleksi industri tersebut umumnya dianggap tidak layak untuk diolah lebih lanjut, sehingga berisiko terbuang dan menyebabkan kerugian ekonomi bagi peternak. Pengolahan susu secara sederhana merupakan salah satu penanganan pasca panen yang perlu dikembangkan salah satunya yaitu pembuatan produk tahu susu (Resnawati, 2020). Tahu merupakan pangan olahan yang sangat digemari masyarakat Indonesia, baik sebagai lauk maupun makanan ringan, pada umumnya tahu terbuat dari ekstrak protein kedelai yang telah digumpalkan dengan asam. Seiring perkembangan teknologi pangan, tahu diolah dengan memanfaatkan bahan dasar susu sapi sehingga menghasilkan produk olahan

tahu susu (Dani *et al.*, 2021). Tahu susu merupakan tahu yang berbahan dasar susu sapi mempunyai bentuk dan warna mirip tahu kedelai namun teksturnya lebih halus dan baunya lebih menyerupai bau keju.

Pembuatan tahu susu umumnya sama dengan tahu kedelai, yaitu mencampurkan bahan baku dengan bahan penggumpal. Penggumpal alami yang sering digunakan pada pembuatan tahu susu seperti enzim papain dan bromelin, sedangkan dari bahan kimia salah satu nya asam cuka dan asam sitrat. Salah satu penggumpal alami pada tahu susu adalah getah pepaya yang mengandung enzim papain bersifat proteolitik. Enzim ini mempunyai kemampuan untuk memutuskan ikatan peptida sehingga dapat menggumpalkan protein dalam susu (kasein) (Almuhtara *et al.*, 2020). Penggumpalan susu dapat terjadi karena adanya aktivitas protease yang menghidrolisis ikatan peptida dan asam amino pada protein kasein yang terkandung di dalam susu.

Getah pepaya mudah didapatkan dan diperoleh dari hampir seluruh bagian pohon pepaya, termasuk buah, daun dan batang. Getah pepaya banyak terdapat pada buah pepaya yang masih muda. Enzim papain memiliki keunggulan dibandingkan enzim lainya salah satunya enzim papain memiliki stabilitas suhu yang lebih tinggi selama pemrosesan, jangkauan pH yang lebih luas dan komposisi yang lebih murni dibandingkan bromelin. Enzim papain lebih tahan terhadap suhu tinggi bila dibanding dengan enzim bromelin (Nurhaerani *et al.*, 2022).

Menurut Permata *et al.*, (2016) getah pepaya mempunyai pH optimum 5-7 dapat bekerja secara optimal dalam mengkoagulasi protein susu. Semakin mendekati nilai pH optimal maka kadar air yang dihasilkan akan semakin rendah karena kandungan air akan semakin banyak terpisahkan dari *curd* tahu susu dan dibuang dalam bentuk *whey*. Getah pepaya juga dapat membantu dalam proses penggumpalan protein susu yang menghasilkan *curd* atau gumpalan susu yang lebih efisien. Penggunaan getah pepaya meningkatkan rendemen, tetapi juga menghasilkan tekstur tahu susu yang lebih lembut dan kenyal (Pulungan *et al.*, 2020). Penambahan garam juga dapat meningkatkan nilai rendemen tahu susu. Talakua dan Yuliana, (2020), garam memiliki fungsi untuk mengikat air dan memberi rasa yang sedap, selain itu pertumbuhan mikroorganisme yang tidak dikehendaki dapat dihambat dengan adanya garam. Getah pepaya memiliki rasa

pahit sehingga pemberian getah pepaya yang berlebih dapat menimbulkan efek yang tidak disukai, yakni tahu susu yang dihasilkan memiliki rasa yang agak pahit. Salah satu cara yang digunakan untuk menghilangkan rasa pahit dengan penambahan garam.

Kualitas fisik tahu susu merupakan aspek penting yang dipengaruhi oleh berbagai faktor salah satunya rendemen, sineresis, daya ikat air dan pH. Rendemen pada tahu susu dipengaruhi oleh kemampuan enzim papain dalam menggumpalkan protein tahu susu sehingga menghasilkan kerapatan dan rendemen yang tinggi (Rizkaprilisa dan Setiadi, 2018). Penggumpalan susu dengan menggunakan getah pepaya sangat dipengaruhi oleh konsentrasi getah pepaya yang ditambahkan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ardat *et al.*, (2022) enzim papain dapat meningkatkan rendemen dan mempengaruhi pH serta kekenyalan tahu susu. Papain terbukti efektif sebagai koagulan, yang berkontribusi pada peningkatan hasil dan kualitas teksturnya. Hasil penelitian yang diperoleh oleh Husain, (2016) penambahan garam 2% didapatkan nilai rendemen tertinggi 13,28%, perlakuan dengan penambahan garam 3% mengalami penurunan nilai rendemen 11,85%. Meskipun demikian, kedua perlakuan tersebut, baik dengan penambahan garam 2% maupun 3%, menunjukkan tingkat rasa pahit paling rendah akan tetapi meningkatkan rasa asin.

Musra *et al.*, (2021) penambahan konsentrasi enzim papain komersial yang digunakan dalam pembuatan tahu susu dengan konsentrasi 1% menghasilkan dangke dengan rendemen 18% dan rasa yang dihasilkan tidak pahit. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Sulmiyati dan Said, (2018) penambahan getah pepaya 2% didapatkan hasil *curd* yang tertinggi 52,88% tetapi tahu susu yang dihasilkan memberikan rasa yang pahit, perlakuan dengan penambahan 0,5% didapatkan hasil *curd* yang sedikit 37,04% dan tahu susu yang dihasilkan memberikan rasa yang tidak pahit. Dengan demikian dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengenceran mana yang dapat memberikan hasil yang baik pada produksi *curd* tahu susu. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai pengaruh penambahan berbagai konsentrasi larutan getah pepaya pada pembuatan tahu susu yang diharapkan dapat menghasilkan tahu susu dengan kualitas fisik yang baik.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan berbagai konsentrasi larutan getah pepaya terhadap kualitas fisik tahu susu dan konsentrasi larutan getah pepaya terbaik dalam menghasilkan kualitas fisik tahu susu.

1.3. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang penggunaan getah pepaya dalam pembuatan tahu susu khususnya kualitas fisik tahu susu.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposisi Susu

Susu merupakan cairan yang berasal dari ambing ternak sapi perah yang sehat dan bersih diperoleh dengan cara pemerahan yang benar dan sesuai dengan ketentuan yang berlaku (Meutia *et al.*, 2016). Susu merupakan salah satu bahan minuman yang sesuai untuk kebutuhan hewan dan manusia karena mengandung zat gizi dengan perbandingan yang optimal, mudah dicerna dan tidak ada sisa yang terbuang, selain sebagai sumber protein hewani, susu juga sangat baik untuk pertumbuhan bakteri (Resnawati, 2020). Produksi susu sapi tergolong tinggi dibandingkan sumber susu lainnya, seperti kambing atau kerbau, sehingga menjadikannya sebagai pilihan utama dalam pembuatan tahu susu. Menurut Christi *et al.*, (2020), sapi perah jenis *Friesian Holstein* (FH) yang banyak dibudidayakan di Indonesia mampu menghasilkan susu sebanyak 10-16 liter per ekor per hari.

Susu segar adalah bahan pangan yang *perishable* (mudah rusak), karena mempunyai kadar air tinggi sekitar 87% - 90% serta mempunyai nilai nutrisi yang lengkap sehingga baik untuk konsumsi manusia, hewan dan mikroorganisme, oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan untuk mempertahankan kualitasnya (Hartatie, 2013). Komposisi susu lebih lengkap dari pada bahan pangan lainnya, artinya komponen yang dibutuhkan oleh tubuh semuanya terdapat dalam susu. Komposisi utama susu adalah protein, lemak, laktosa, mineral dan air (Tabel 1).

Tabel 1. Komposisi nutrisi susu sapi

Komposisi	Rata- rata
Lemak (%)	3,70
Protein (%)	3,50
Gula (Laktosa) (%)	4,90
Mineral (Abu) (%)	0,07
Air (%)	87,20

Sumber : Hariono *et al.*, (2021).

Kandungan protein yang tinggi pada susu menjadikan susu salah satu produk bernilai gizi tinggi. Selain nutrisi, komposisi susu terbesar adalah kadar air 80%

diikuti oleh nutrisi lainnya seperti laktosa, kalsium, fosfor dan mineral (Asmaq dan Marisa, 2020). Kandungan nilai gizi yang tinggi menyebabkan susu sebagai media yang sangat disukai oleh mikroba untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sehingga dalam waktu yang sangat singkat susu dapat menjadi tidak layak dikonsumsi bila tidak ditangani dengan benar (Wulandari *et al.*, 2016). Syarat mutu susu segar berdasarkan SNI 3141.1:2011 dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Syarat mutu susu segar

No	Karakteristik	Satuan	Syarat
1.	Berat jenis (pada suhu 27°C) minimum	g/ml	1,0270
2.	Kadar lemak minimum	%	3,0
3.	Kadar bahan kering tanpa lemak minimum	%	7,8
4.	Kadar protein minimum	%	2,8
5.	Warna, bau, rasa, kekentalan	-	Tidak ada perubahan
6.	Derajat asam	°SH	6,0 – 7,5
7.	pH	-	6,3 – 6,8
8.	Uji alkohol (70%) v/v	-	Negatif
9.	Cemaran mikroba, maksimum :		
	1. <i>Total Plate Count</i>	cfu/ml	1×10 ⁶
	2. <i>Staphylococcus aureus</i>	cfu/ml	1×10 ²
	3. <i>Enterobacteriaceae</i>	cfu/ml	1×10 ³
10.	Jumlah sel somatic maksimum	sel/ml	4×10 ⁵
11.	Residu antibiotika (Golongan penisilin, Tetrasiklin, Aminoglikosida, Makrolida)	-	Negatif
12.	Uji pemalsuan	-	Negatif
13.	Titik beku	°C	-0,520 s.d -0,560
14.	Uji peroxidase	-	Positif
15.	Cemaran logam berat, maksimum:		
	1. Timbal (Pb)	µg/ml	0,02
	2. Merkuri (Hg)	µg/ml	0,03
	3. Arsen (As)	µg/ml	0,1

Sumber: Standar Nasional Indonesia No 3141.1:2011 (BSN, 2011).

2.2. Tahu Susu

Tahu merupakan makanan olahan yang sangat digemari oleh masyarakat Indonesia, pada umumnya tahu terbuat dari ekstrak protein kedelai yang telah digumpalkan dengan asam atau bahan penggumpal lainnya, Seiring perkembangan teknologi pangan, tahu diolah dengan bahan dasar susu sapi sehingga menghasilkan produk olahan tahu susu (Dani *et al.*, 2021). Syarat mutu tahu berdasarkan SNI 3142:2018 dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Syarat mutu tahu

No	Jenis Uji	Satuan	Syarat
1.	Bau		Normal
2.	Rasa		Normal
3.	Warna		Putih normal/ kuning normal
4.	Penampakan		Normal tidak berlendir dan tidak berjamur
5.	Formalin (HCHO)		Tidak boleh ada
6.	Kadar air	Fraksi massa, %	Maks.92
7.	Abu tidak larut dalam asam	Fraksi massa, %	Maks. 1,0
8.	Protein (N x 5,71)	Fraksi massa, %	Min. 3,5
9.	Serat kasar	Fraksi massa, %	Maks. 0,1
10.	Cemaran Logam		
-	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,25
-	Kadmium (Cd)	mg/kg	Maks. 0,05
-	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0
-	Merkuri (Hg)	mg/kg	Maks. 0,03
-	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 0,1
11.	Cemaran mikroba		
-	<i>Escherichia coli</i>	<3 APM/g	Maks. 10
-	<i>Salmonella</i>	Negative/25 g	Negatif

Sumber: Standar Nasional Indonesia No 3142:2018 (BSN, 2018)

Tahu susu dapat dibuat dari susu segar maupun susu yang telah matang, pembuatan tahu susu memerlukan enzim proteolitik untuk menggumpalkan susu seperti enzim papain (Wulandari *et al.*, 2023). Tahu susu juga dapat dibuat dari susu segar maupun susu yang berkualitas rendah, sehingga susu dapat dijadikan alternatif bagi peternak apabila kualitas susu yang dihasilkan tidak memenuhi standar (Dani *et al.*, 2021). Pembuatan tahu susu dapat dibuat dengan bahan penggumpal alami seperti ekstrak buah pepaya yang mengandung enzim papain dan

ekstrak buah nanas yang mengandung enzim bromelin, enzim tersebut bersifat proteolitik yang memutuskan ikatan peptida sehingga menggumpalkan protein susu (Anggraini *et al.*, 2013). Proses pembuatan tahu susu meliputi proses pasteurisasi, penambahan bahan penggumpal, pemanasan, penyaringan, pengepresan dan pengukusan (Barqin, 2021).

2.3. Getah Pepaya

Buah pepaya (*Carica papaya* L.) termasuk buah tropis yang banyak ditanam karena selain rasanya enak juga mengandung banyak zat nutrisi diantaranya air, karbohidrat, kalori yang rendah, dan vitamin terutama vitamin A dan C serta mineral kalium (K) yang cukup banyak (Prihatini dan Dewi, 2021). Pada bagian buah, daun dan batang pepaya terdapat getah putih yang mengandung enzim proteolitik atau enzim pemecah protein yang disebut enzim papain (Malle *et al.*, 2015). Papain merupakan sistem enzim protease yang diisolasi dari getah tanaman pepaya (*Carica papaya* L.), papain diperoleh dengan cara menyayat kulit buah pepaya muda kemudian getah yang keluar diambil lalu dikeringkan untuk mendapatkan getah pepaya (Ardat *et al.*, 2022). Sistematika (taksonomi) tumbuh-tumbuhan, tanaman pepaya diklasifikasikan sebagai berikut (Santoso, 2017):

Kingdom	: Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom	: Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (Berkeping dua/dikotil)
Sub kelas	: Dilleniidae
Ordo	: Violales
Famili	: Caricaceae
Genus	: Carica
Spesies	: <i>Carica papaya</i> L.



Gambar 1. Buah pepaya

Enzim papain adalah enzim proteolitik yang terdapat pada getah tanaman pepaya (*Carica papaya* L.) (Gambar 1.). Secara umum terdapat papain yang dimurnikan ataupun papain yang masih kasar. Semua bagian pepaya seperti buah, tangkai daun, dan batang mengandung enzim papain dalam getahnya, tetapi bagian yang paling banyak mengandung enzim papain adalah buahnya (Rizqi *et al.*, 2016). Tahu susu yang menggunakan getah pepaya masih menghasilkan rasa pahit meskipun pada konsentrasi rendah, getah pepaya yang ideal digunakan dari buah pepaya berumur 2,5 sampai 3 bulan (Sulmiyati dan Said, 2018). Tahu susu biasanya menggunakan penggumpal dari getah pepaya, enzim papain ditemukan hampir diseluruh bagian pepaya seperti pada batang, daun, buah, dan kulit pepaya (Nuryati *et al.*, 2018). Proses penggumpalan yang optimal terjadi apabila aktivitas enzim cukup baik, hal ini terjadi apabila jumlah enzim mampu untuk bereaksi dan media untuk aktivitas enzim mencukupi. Apabila jumlah enzim berkurang maka aktivitas enzim berkurang untuk terjadinya reaksi penggumpalan, sebaliknya bila terlalu banyak enzim yang ditambahkan, kemungkinan media yang tersedia tidak mencukupi kebutuhan aktivitas enzim yang ada. Selain itu penambahan enzim yang terlalu banyak juga akan menimbulkan cita rasa yang kurang disukai yakni rasa pahit (Husain, 2016). Enzim papain yang terkandung dalam getah pepaya mulai mengalami degradasi pada suhu sekitar 70°C dan kehilangan sebagian besar aktivitasnya pada suhu mendekati 80°C. Jika suhu melebihi 75°C, aktivitas enzim ini mulai menurun secara signifikan, dan pada suhu tinggi, seperti mendekati 80°C, enzim papain akan terdegradasi hampir sepenuhnya (Mahatara dan Maskey, 2023).

2.4. Garam

Garam merupakan benda padatan berwarna putih berbentuk kristal yang merupakan kumpulan senyawa Natrium Chlorida (NaCl) serta senyawa lainnya seperti *Magnesium chlorida*, *Magnesium sulfat*, *Calcium chlorida*. Garam mempunyai karakteristik higroskopis yang berarti mudah menyerap air, bulk density (tingkat kepadatan) sebesar 0,8 - 0,9 dan titik lebur pada tingkat suhu 801°C (Abdullah dan Aprilina, 2018). Garam juga turut berperan dalam proses penggumpalan protein dimana konsentrasi garam yang tinggi dapat menyebabkan protein sulit mengikat air. Garam memiliki fungsi untuk mengikat air dan memberi rasa yang sedap, selain itu pertumbuhan mikroorganisme yang tidak dikehendaki dapat dihambat dengan adanya garam (Talakua dan Yuliana, 2020). Setiawan, (2015) menyatakan bahwa penambahan garam bertujuan untuk menjaga agar tidak terasa tawar juga dapat membantu menghilangkan air berlebih, mengeringkan permukaan serta membantu pengeluaran protein (*whey*) dari koagulan dan mengatur kadar air.

Garam memegang peranan penting didalam suatu olahan makanan dapat meningkatkan aroma dan mengurangi rasa pahit pada tahu susu yang mengalami penggumpalan dengan pemberian getah pepaya (Eryanti dan Farapti, 2023). Murti *et al.*, (2021) menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi garam, maka semakin rendah kadar protein karena garam dapat menghambat kerja enzim protease dan garam dapat mengakibatkan terjadinya denaturasi. Getah pepaya mengandung senyawa aktif seperti enzim papain yang dapat memberikan rasa pahit pada tahu susu. Untuk mengurangi intensitas rasa pahit tersebut, salah satu cara yang dapat digunakan adalah dengan menambahkan garam dapur (NaCl). Garam mengandung ion natrium (Na⁺) dan klorida (Cl⁻) yang berperan dalam mempengaruhi persepsi rasa, khususnya dengan cara menutupi atau mengurangi intensitas rasa pahit pada produk pangan. Menurut Sharafi *et al.*, (2013), ion natrium (Na⁺) memiliki kemampuan untuk menekan persepsi rasa pahit melalui mekanisme masking, yaitu dengan menghambat aktivasi reseptor rasa pahit di lidah, sehingga rasa pahit dari senyawa seperti peptida atau alkaloid menjadi lebih lemah atau tidak terdeteksi.

2.5. Kualitas Fisik

2.5.1. Rendemen

Rendemen merupakan persentase produk yang didapatkan dengan membandingkan berat awal bahan dan berat akhirnya sehingga dapat diketahui kehilangan beratnya selama proses pengolahan. Enzim papain akan membentuk gumpalan padat (*curd*) dan cairan (*whey*) sebagai hasil koagulasi protein susu sapi yang dipanaskan, tahu susu merupakan *curd* yang terbentuk setelah penambahan enzim ke dalam susu (Permata *et al.*, 2022). Pada proses pembuatan tahu, bahan penggumpal merupakan faktor yang menentukan dalam menghasilkan rendemen dan kualitas tahu, bahan penggumpal yang biasa digunakan diantaranya menggunakan batu tahu, asam cuka, *whey*, dan lainnya (Seftiono, 2016). Perbedaan nilai rendemen tahu susu dipengaruhi oleh kemampuan enzim serta bahan penggumpal dalam menggumpalkan protein dan kondisi pH saat penggumpalan, Tahu susu yang mendekati pH optimal akan menghasilkan rendemen yang tinggi (Setiani *et al.*, 2021). Penambahan bahan penggumpal yang optimal akan menghasilkan rendemen yang sedikit namun kadar airnya rendah karena proses pengendapan terjadi secara sempurna sehingga air mudah dipisahkan dari padatan dan akan menghasilkan produk dengan tekstur yang kenyal (Purwasih *et al.*, 2021). *Curd* yang dihasilkan pada susu kerbau lebih tinggi dibandingkan dengan *curd* yang dihasilkan dari susu sapi dengan level *curd* papain yang sama. Hal ini disebabkan kandungan atau total padatan susu kerbau lebih tinggi dibandingkan susu sapi, kandungan lemak memberikan pengaruh terhadap produksi *curd* yang dihasilkan (Sulmiyati dan Said, 2018).

2.5.2. Sineresis

Sineresis merupakan susu yang dipasteurisasi sampai terjadinya pemisahan antara *curd* dan *whey* pada tahu susu (Mukhlisah *et al.*, 2023). Sineresis didefinisikan sebagai pemisahan cairan *whey* dari proses koagulasi protein susu. Sineresis terjadi karena kerusakan fisik berupa terpisahnya cairan *whey* dari *curd* (Rohman dan Maharani, 2020). Pengujian sineresis dilakukan untuk menilai kualitas tahu susu berdasarkan kualitas fisiknya semakin besar nilai sineresis maka kualitas produk pangan dinilai kurang baik (Mandudah, 2018). Pendinginan pada

tahu susu akan menyebabkan protein kasein menjadi lebih banyak menghasilkan penggumpalan dan menurunkan sinersisnya. Hasil penelitian Krisnaningsih *et al.*, (2018) sineresis yogurt merupakan keluarnya cairan *whey* dari yogurt yang mana angka sineresis yang tinggi menunjukkan ketidak stabilan ikatan gel dan menunjukkan kualitas yougurt semakin rendah.

2.5.3. Daya Ikat Air

Tahu susu yang dihasilkan biasanya memiliki tekstur mulai dari lembek (lunak), kenyal, hingga padat (keras). Suhu yang tinggi dan pH yang rendah akan membantu proses penggumpalan susu hal ini menyebabkan *whey* yang keluar sedikit dan air yang terikat dalam *curd* meningkat sehingga daya ikat air meningkat (Arisandhi *et al.*, 2023). Tahu yang keras diduga memiliki struktur yang lebih padat dan kerapatan dari struktur tahu dikarenakan hilangnya kandungan air selama tahap koagulasi (Midayanto dan Yuwono, 2014).

Tahu susu yang mempunyai daya ikat air yang rendah akan menghasilkan rendemen yang kecil dan tekstur tahu cendrung kasar sedangkan tahu susu yang menghasilkan rendemen yang banyak maka daya ikat airnya tinggi (Anggraini *et al.*, 2013). Proses pemanasan akan menyebabkan denaturasi protein yaitu rantai protein terbuka sehingga daya ikat air pada protein susu semakin melemah menyebabkan protein kehilangan fungsinya untuk mengikat air, lemak dan komponen lainya (Anggraeni dan Christyaningsih, 2016). Denaturasi protein dapat menyebabkan kandungan protein pada susu mengalami perubahan tekstur membentuk gumpalan dan daya ikat air meningkat (Yulianingsih *et al.*, 2016).

2.5.4. Nilai pH

Nilai pH merupakan standar yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda dalam bentuk suatu nilai (Harvyandha *et al.*, 2019). Papain mempunyai pH 5-7 pada kondisi ini papain dapat bekerja secara maksimal dalam mengkoagulasi tahu susu (Permata *et al.*, 2022). Ekstrak buah mengubah pH susu menjadi 5,5-6,0 sehingga mengikat kalsium yang semula bersatu dengan protein yaitu kasein menjadi gumpalan, sifat kelarutan protein dalam air dipengaruhi oleh ikatan hydrogen antara air dengan

protein dan pH lingkungan diluar pH isoelektrik, pH penggumpal protein yang dihasilkan semakin menurun mendekati pH isoelektrik sehingga beda muatan antar molekul protein semakin kecil dan kelarutannya juga semakin berkurang dan protein semakin mudah menggumpal dan mengendap (Krisnaningsih dan Hayati, 2014). Getah pepaya mempunyai pH optimum 5-7 pada suhu 50-60°C. Semakin mendekati pH optimum maka kadar air yang dihasilkan akan semakin rendah karena kandungan air pada tahu susu akan semakin banyak terpisahkan dari *curd* dan dibuang berbentuk *whey* (Permata *et al.*, 2016).

Suhu yang tinggi dan pH yang rendah akan membantu proses penggumpalan susu hal ini menyebabkan *whey* banyak yang keluar dan air yang terikat dalam *curd* sedikit sehingga kadar air yang terkandung lebih sedikit (Purwasih *et al.*, 2021). Penurunan pH dan suhu pada saat pemanasan yang terlalu tinggi akan menyebabkan proses penggumpalan susu tidak berjalan secara sempurna sampai membentuk tahu susu (Taufik *et al.*, 2016). Salah satu sifat susu dapat digumpalkan, penggumpalan dapat disebabkan oleh aktivitas enzim atau dengan penambahan asam, penggumpalan dengan asam dikendalikan oleh pH. Penggumpalan susu dalam proses pembuatan tahu susu dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain dengan penambahan bahan pengasam (acidulant), enzim papain dapat mengkoagulasi misel kasein dalam susu. Selanjutnya ketika pH mendekati titik isoelektrik kasein (pH 4,6-4,7) misel-misel kasein akan bergabung dan menggumpal membentuk gel (Dani *et al.*, 2021).

BAB III

MATERI DAN METODA

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Peternakan, Universitas Jambi, yang dilaksanakan pada tanggal 10 Desember 2024 sampai dengan 24 Januari 2025.

3.2. Materi dan Peralatan

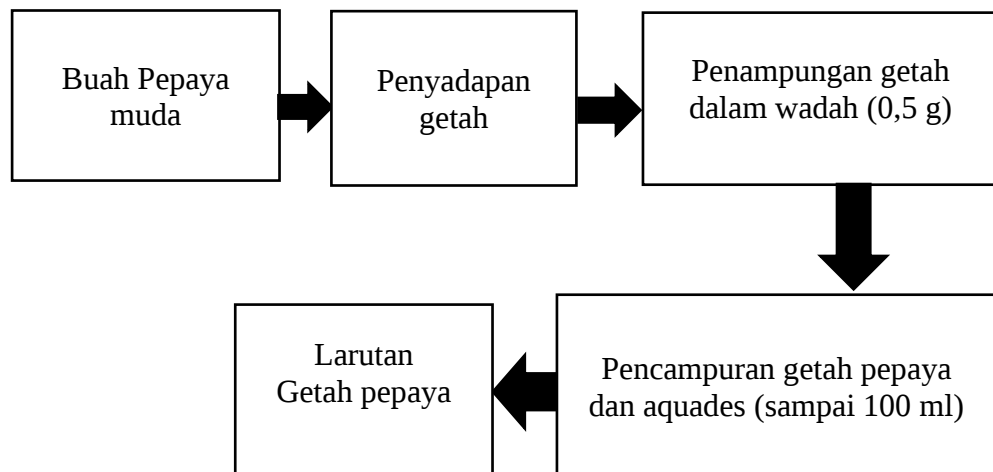
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu sapi 10 liter, getah pepaya 1 g, garam 100 g dan aquades. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah termometer bimetal, timbangan analitik, timbangan digital, pH meter, alat *centrifuge*, tabung *centrifuge*, *sput* 10 ml, *hand mixer*, *Beaker glass* 500 ml, gelas ukur 10 ml dan 100 ml, spatula stainless steel/nekel, spatula kayu, panci/*claypot*, *cooler box*, saringan susu, cetakan tahu, alat press tahu, kain saring tahu, baskom stainless, kompor, gunting, pisau *cutter*, kertas label, dan tisu.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan menggunakan bahan utama susu sapi. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap yang saling berkaitan yaitu persiapan bahan, pembuatan tahu susu, dan analisis kualitas fisik tahu susu.

3.3.1. Pembuatan Larutan Getah Pepaya

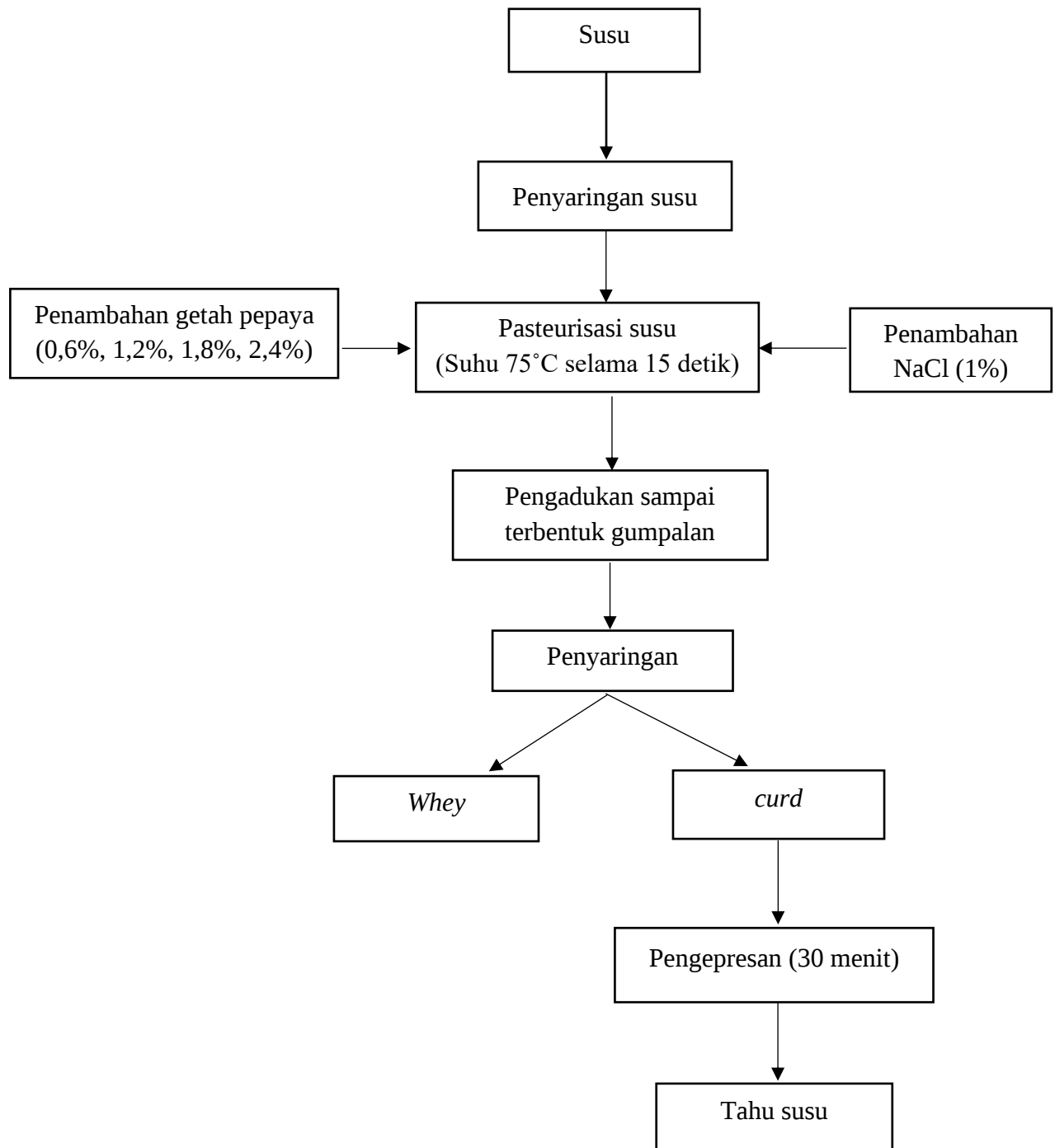
Proses pengambilan getah pepaya dilakukan berdasarkan metode Syaikal, (2016) sebagai berikut yakni, pengambilan getah buah pepaya dilakukan pada buah yang masih muda, penyadapan dilakukan dengan cara menorehkan alat sadap (pisau) pada kulit buah pepaya dari pangkal menuju ujung buah. Getah pepaya segar yang terkumpul 0,5 g ditempatkan dalam gelas ukur, lalu ditambahkan akuades hingga mencapai skala 100 ml. Larutan getah pepaya tersebut dihomogenkan dan siap digunakan sesuai perlakuan. Presentase penggunaan larutan getah pepaya tiap perlakuan berdasarkan volume susu (v/v). Proses persiapan larutan getah pepaya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan larutan getah pepaya

3.3.2. Pembuatan Tahu Susu

Proses pembuatan tahu susu dilakukan berdasarkan metode Sulmiyati dan Said, (2018). Susu sapi diperoleh dari peternakan pak Ali yang berlokasi di Kecamatan Kumpeh Ulu, Kabupaten Muaro Jambi. Proses pembuatan diawali dengan penyaringan susu sapi segar untuk membuang kotoran pada susu, kemudian susu sapi segar sebanyak 500 ml untuk setiap ulangan dipasteurisasi dengan metode HTST (*high temperature short time*) pada suhu 75 °C selama 15 detik, lalu ditambahkan getah pepaya dengan jumlah sesuai perlakuan dan garam 1% (b/v) sambil terus diaduk hingga terbentuk gumpalan (*curd*). *Curd* merupakan padatan hasil penggumpalan kasein yang diperoleh dengan cara menambahkan asam atau enzim ke dalam susu. Langkah selanjutnya dilakukan penyaringan untuk memisahkan antara gumpalan protein susu dan *whey* susu, lalu gumpalan (*curd*) tersebut dimasukkan kedalam cetakan tahu dan dipress selama 30 menit. Setelah dilakukan pengepresan, tahu susu siap untuk dianalisa sesuai dengan peubah yang diamati berupa rendemen, sineresis, daya ikat air dan pH.



Gambar 3. Pembuatan tahu susu

3.4. Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 (empat) perlakuan dan 5 (lima) ulangan sehingga total seluruh unit perlakuan adalah 20 unit. Berikut adalah perlakuan yang dilakukan :

P1 : susu sapi segar 500 ml dengan penambahan larutan getah pepaya 0,6 %

P2 : susu sapi segar 500 ml dengan penambahan larutan getah pepaya 1,2 %

P3 : susu sapi segar 500 ml dengan penambahan larutan getah pepaya 1,8 %

P4 : susu sapi segar 500 ml dengan penambahan larutan getah pepaya 2,4 %

3.5. Peubah yang Diamati

Peubah yang diamati pada penelitian ini adalah rendemen, sineresis, daya ikat air dan pH.

3.5.1. Rendemen (Sulistiyowati *et al.*, 2019)

Rendemen pada tahu susu merupakan jumlah atau persentase endapan (*curd*) padat yang terbentuk selama proses pembuatan tahu susu yang telah dipisah dengan *whey*. Nilai rendemen dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat Curd (g)}}{\text{Berat Susu (g)}} \times 100\%$$

3.5.2. Sineresis (Prayitno *et al.*, 2022)

Sineresis merupakan rasio antara berat *whey* yang tertampung dengan berat sampel awal (%) (Prayitno *et al.*, 2020). Nilai sineresis dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Sineresis (\%)} = \frac{\text{Berat Whey (g)}}{\text{Berat Susu (g)}} \times 100\%$$

3.5.3. Daya Ikat Air (Hou *et al.*, 2024)

Daya ikat air pada tahu susu diukur menggunakan metode *centrifuge*. Sampel ditimbang sebanyak 10 g dimasukkan kedalam tabung *centrifuge* lalu disentrifus pada 4000 rpm selama 20 menit. Cairan dipisahkan dari padatan dan padatan

ditimbang (g). Daya ikat air dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Daya ikat air (\%)} = \frac{\text{Berat awal tahu (g)} - \text{Berat tahu setelah dicentrifuge (g)}}{\text{Berat awal tahu (g)}} \times 100\%$$

3.5.4. Nilai pH (Yasin *et al.*, 2019)

Pengukuran pH dalam pengolahan tahu susu ini menggunakan pH meter yakni dengan menggunakan pH meter yang telah distandarisasi. sampel ditimbang 10 gram, kemudian ditambahkan aquades hingga 10 ml lalu dihomogenkan, kemudian elektroda dicelupkan dalam sampel dan nilai pH dapat dibaca pada layar pH meter.

3.6. Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini dilakukan analisis ragam. Apabila perlakuan berpengaruh nyata terhadap peubah maka dilanjutkan dengan Uji Jarak Berganda Duncan (Mardinata, 2013).

Model matematis sesuai dari rancangan yang digunakan yakni sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Keterangan :

Y_{ij} = Nilai pengamatan pada perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ = Rataan (nilai tengah) umum

τ_i = Pengaruh perlakuan ke-i

ϵ_{ij} = Pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

i = 1,2,3,4

j = 1,2,3,4,5

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai pengaruh konsentrasi larutan getah pepaya (*Carica papaya* L.) terhadap kualitas fisik tahu susu berupa nilai rendemen, sineresis, daya ikat air dan pH pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rataan nilai rendemen, sineresis, daya ikat air dan pH tahu susu dengan beberapa konsentrasi larutan getah pepaya

Peubah	Perlakuan				ket
	P1	P2	P3	P4	
	Rata- rata $\pm$ sd				
Rendemen (%)	17,86 $\pm$ 1,69 ^b	16,97 $\pm$ 2,26 ^{ab}	14,76 $\pm$ 1,88 ^a	14,49 $\pm$ 1,63 ^a	P<0,05
Sineresis (%)	54,37 $\pm$ 5,54	58,06 $\pm$ 5,01	63,77 $\pm$ 3,57	60,04 $\pm$ 7,34	P>0,05
Daya ikat air (%)	6,42 $\pm$ 4,72	5,71 $\pm$ 3,49	5,27 $\pm$ 3,00	6,29 $\pm$ 1,44	P>0,05
pH	6,25 $\pm$ 0,04	6,23 $\pm$ 0,05	6,21 $\pm$ 0,03	6,20 $\pm$ 0,02	P>0,05

Ket: Superskrip huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan pengaruh yang nyata (P<0,05); P1: penambahan larutan getah pepaya 0,6%, P2: penambahan larutan getah pepaya 1,2%, P3: penambahan larutan getah pepaya 1,8%, P4: penambahan larutan getah pepaya 2,4%.

4.1. Rendemen

Hasil analisis ragam menunjukkan penambahan konsentrasi larutan getah pepaya memberikan pengaruh yang nyata (P<0,05) terhadap nilai rendemen tahu susu. Hasil rataan nilai rendemen berkisar antara 14,49-17,86%. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa perlakuan dengan konsentrasi larutan getah pepaya terendah (P1) menghasilkan rendemen paling tinggi yaitu 17,86% yang tidak berbeda nyata dengan (P2) 16,97% tetapi berbeda nyata dengan perlakuan (P3) sebesar 14,76% dan (P4) sebesar 14,49%. Dari Tabel 4. menunjukkan bahwa nilai rendemen yang dihasilkan semakin rendah seiring dengan peningkatan konsentrasi larutan getah pepaya. Hasil penelitian Ardat *et al.*, (2022) menunjukkan bahwa penurunan nilai rendemen dangke disebabkan oleh berkurangnya aktivitas enzim, faktor yang mempengaruhi aktivitas enzim adalah konsentrasi getah pepaya. Semakin tinggi konsentrasi getah pepaya yang diberikan menyebabkan meningkatnya aktivitas enzim, sehingga protein dalam susu terdegradasi lebih

banyak dan menghasilkan rendemen yang lebih rendah. Hasil Penelitian Musra *et al.*, (2021) menyatakan semakin tinggi konsentrasi getah pepaya, rendemen tahu susu justru menurun karena aktivitas enzim papain yang berlebih menyebabkan pemecahan protein secara berlebihan, membentuk *curd* yang rapuh dan tidak mampu menahan air secara optimal. Sedangkan menurut Pardede *et al.*, (2013), aktivitas enzim dalam proses penggumpalan dapat menjadi tidak optimal karena jumlah substrat atau protein yang tersedia sedikit atau tidak mencukupi kebutuhan enzim yang diberikan. Hasil penelitian Husain, (2016) menyatakan bahwa getah pepaya mengandung enzim papain yang bersifat proteolitik, yang dapat memecah protein susu menjadi bagian yang lebih kecil jika konsentrasi getah pepaya terlalu tinggi, proteolisis yang berlebihan dapat terjadi sehingga padatan susu yang menggumpal menjadi lebih kecil dan banyak larut dalam *whey*, sehingga rendemen menurun. Nilai rendemen yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan hasil yang dilaporkan oleh Sulmiyati dan Said, (2018) yang menunjukkan bahwa konsentrasi getah pepaya 0,5%-2% menghasilkan nilai rendemen berkisar antara 41,38-45,68% pada tahu susu kerbau.

Selain itu, penambahan getah pepaya yang terlalu banyak juga dapat menambah keasaman susu sehingga pada proses koagulasi protein susu menjadi rusak yang akibatnya terjadi proteolisis yang berlebihan yang mengakibatkan kasein lebih banyak larut dalam *whey* (Arinda *et al.*, 2013). Penurunan nilai rendemen seiring peningkatan konsentrasi larutan getah pepaya dapat dikaitkan dengan perubahan komposisi bahannya. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Mukhlisah *et al.*, (2017), bahwa semakin tinggi kandungan lemak dan protein dari susu akan memberikan hasil endapan yang tinggi pula. Kandungan protein kasein yang tinggi sebagai substrat pada susu akan mendukung kinerja bagi enzim papain untuk dapat menghidrolisis protein kasein. Penambahan garam juga dapat menyebabkan terjadinya penurunan nilai rendemen pada tahu susu. Husain, (2016) menyatakan bahwa ion Cl^- dapat memotong ikatan molekul susu, maka ikatan gugus molekul akan memotong ikatan antara gugus molekul protein susu sehingga ketika dilakukan penyaringan, gumpalan yang halus ikut masuk ke dalam *whey* sehingga nilai rendemen menurun.

4.2. Sineresis

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi larutan getah pepaya tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap nilai sineresis tahu susu. Rataan nilai sineresis pada tahu susu berkisar antara 54,37-60,04%. Hal tersebut diduga karena konsentrasi larutan getah pepaya yang digunakan sudah cukup untuk membentuk *curd* dengan struktur jaringan protein yang relatif stabil pada seluruh perlakuan. Ikatan antar protein kasein dalam *curd* yang terbentuk mampu menahan air dengan kekuatan yang hampir sama, sehingga jumlah *whey* yang terlepas maupun air yang tertahan dalam *curd* tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hasil penelitian ini hampir sama dengan yang dilaporkan oleh Sulmiyati dan Said, (2018) penambahan konsentrasi getah pepaya 0,5-2% tidak mempengaruhi sineresis pada tahu susu, dimana nilai sineresis yang dihasilkan berkisar 41,38-52,32% karena struktur gumpalan yang terbentuk sudah cukup stabil untuk menahan *whey* pada semua konsentrasi tersebut. Arisandhi *et al.*, (2023) nilai sineresis disebabkan oleh terjadinya penggumpalan kasein pada susu oleh aktivitas enzim proteolitik sehingga terbentuk *curd* yang padat dan mampu memisahkan *whey* secara lebih efisien.

Nilai *whey* yang semakin rendah berarti efektivitas enzimnya lebih baik dibandingkan dengan nilai *whey* yang lebih tinggi karena semakin banyak tahu susu yang terbentuk. Persentase *whey* yang dihasilkan menunjukkan bahwa pemberian larutan getah pepaya memberikan hasil *whey* yang beragam. Penelitian Ardat *et al.*, (2022) menjelaskan bahwa semakin banyak gumpalan kasein yang terbentuk ketika pH mencapai titik isoelektrik kerja koagulan, maka *whey* yang diperoleh akan semakin sedikit. Sulmiyati dan Malaka, (2017) menyatakan nilai sineresis dapat menurun pada penambahan enzim dengan aktivitas terendah karena aktivitas enzim papain tersebut bekerja lebih tinggi untuk mengubah laktosa menjadi asam laktat, mengakibatkan kasein menjadi tidak stabil sehingga tahu susu yang dihasilkan tinggi dan nilai produksi *whey* semakin rendah.

4.3. Daya Ikat Air

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi larutan getah pepaya tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$) terhadap daya ikat air tahu susu.

Nilai daya ikat air tahu susu yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar antara 5,27-6,42% tidak berbeda nyata terhadap semua perlakuan. Salah satu faktor yang mempengaruhi daya ikat air tahu susu disebabkan oleh suhu dan pH selama proses pemanasan dan penggumpalan. Suhu yang terlalu rendah menyebabkan protein belum cukup menggumpal, sedangkan suhu yang terlalu tinggi bisa merusak struktur *curd* yang terbentuk, sehingga air mudah keluar. Menurut Mustakim *et al.*, (2012) menyatakan bahwa suhu yang tinggi dan pH yang rendah dapat membantu proses penggumpalan susu yang menyebabkan *whey* banyak yang keluar dan air yang terikat dalam *curd* sedikit sehingga kadar air yang terkandung lebih sedikit. Hasil penelitian Duc *et al.*, (2021) menunjukkan suhu yang baik untuk mempertahankan daya ikat air pada tahu susu berada pada kisaran 55-75°C, karena suhu tersebut cukup untuk mendukung proses penggumpalan protein tanpa merusak struktur *curd*. Selain itu, pH juga berperan penting, di mana pH mendekati 5,5-5,8 membantu membentuk jaringan tahu yang kuat dan mampu menahan air lebih baik.

Penggumpalan kasein susu menjadi tahu susu oleh papain yang tidak sempurna akan mempertahankan lebih banyak air dan menghasilkan tahu susu yang lebih lembek. Persentase air yang rendah pada tahu susu akan membuat produk semakin padat. Hal ini juga berpengaruh terhadap seberapa lama penyaringan pemisahan *curd* dan *whey*, karena semakin sedikit waktu penyaringannya maka *curd* yang dihasilkan akan lembek karena memiliki kandungan air yang banyak begitupun sebaliknya jika semakin lama waktu penyaringannya maka akan menghasilkan tekstur yang semakin padat karena banyak kehilangan airnya (Lumbantoruan dan Stefani, 2024). Febrisiantosa *et al.*, (2013) menyatakan bahwa penambahan bahan penggumpal pada susu mampu menghambat terjadinya ikatan hidrogen antara molekul kasein dan asam laktat jika konsentrasi bahan penggumpal yang diberikan semakin banyak, sehingga daya ikat air yang dihasilkan juga meningkat.

4.4. Nilai pH

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi larutan getah pepaya tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$) terhadap nilai pH tahu susu. Nilai pH tahu susu yang dihasilkan dalam penelitian ini berkisar antara 6,20-6,25 tidak

berbeda nyata terhadap semua perlakuan. Penambahan larutan getah pepaya 0,6%-2,4% dalam 500 ml susu tidak mempengaruhi pH tahu susu. Hal ini karena pH tahu susu tergantung dari pH susu sapi yang digunakan berkisar antara 6,36-6,51. Menurut Knechtges (2014), produk olahan susu termasuk tahu susu, harus memiliki pH dalam rentang 3,8-6,5 untuk memenuhi standar keamanan pangan dan menjamin keamanan pangan produk tahu susu. Nilai pH dalam penelitian ini hampir sama dengan hasil penelitian Malaka *et al.*, (2015), tahu susu yang dibuat menggunakan susu sapi dan getah pepaya 0,3-0,5% memperoleh nilai pH tahu susu berkisar antara 6,0-6,71. Hasil penelitian Hatta *et al.*, (2014) dengan menggunakan getah pepaya nilai pH yang diperoleh pada tahu susu adalah sebesar 6,4. Hal ini menunjukkan bahwa nilai tahu susu termasuk produk pangan yang rentan mengalami kerusakan, karena memiliki rata-rata nilai pH yang mendekati pH netral.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa konsentrasi larutan getah pepaya tidak berpengaruh nyata terhadap nilai pH tahu susu. meskipun terjadi kecenderungan penurunan nilai pH pada tahu susu seiring peningkatan konsentrasi larutan getah pepaya diduga disebabkan oleh meningkatnya aktivitas enzim papain yang terdapat dalam getah pepaya. Enzim papain dapat mempercepat pemecahan protein susu menjadi asam amino dan senyawa-senyawa asam lainnya, yang kemudian menyebabkan meningkatnya keasaman dan menurunkan pH pada tahu susu. Menurut Yana dan Permatasari, (2022), aktivitas proteolitik papain dari getah pepaya efektif memecah protein kasein menjadi asam amino dan peptida, yang secara langsung meningkatkan keasaman dan menurunkan pH tahu susu.

Nilai pH tahu susu dapat disebabkan oleh berbagai faktor eksternal salah satunya suhu pemanasan. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Malaka *et al.*, (2015) bahwa suhu pemanasan dan konsentrasi getah pepaya pada proses pembuatan tahu susu berpengaruh terhadap pH dengan rata-rata pH pada suhu pemanasan 75 °C adalah 6,00 dan terus meningkat seiring dengan suhu pemanasan. Hal ini sejalan dengan Hatta *et al.*, (2014) bahwa aktivitas penggumpalan susu oleh enzim papain dari getah pepaya pada pembuatan tahu susu disebabkan peningkatan akibat suhu pemanasan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penambahan konsentrasi larutan getah pepaya 0,6%-2,4% pada pembuatan tahu susu tidak memberikan perubahan terhadap sineresis, daya ikat air dan pH akan tetapi menurunkan nilai rendemen tahu susu. Penambahan konsentrasi larutan getah pepaya 0,6% menghasilkan nilai rendemen tertinggi 17,86%.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh konsentrasi larutan getah pepaya terhadap sifat kimia tahu susu, organoleptik, serta efeknya pada daya simpan produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Z. A. dan A. Susandini. 2018. Media produksi (Geomembrane) dapat meningkatkan kualitas dan harga jual garam (study kasus: ladang garam milik rakyat di wilayah Madura). *Eco-Entrepreneur*. 4(1): 21-36.
<https://journal.trunojoyo.ac.id/eco-entrepreneur/article/view/3998>
- Almuhtara, H. Z., S. Soekopitojo, dan W. Wahyuni. 2020. Pengaruh substitusi susu kedelai terhadap sifat fisik, kimia, dan organoleptik tahu susu. *Prosiding Pendidikan Teknik Boga Busana*, 15(1): 1-6.
<https://journal.uny.ac.id/index.php/ptbb/article/view/36005>
- Anggraeni, D. dan J. Christyaningsih. 2016. Uji daya terima dan kadar protein dalam formulasi tahu susu sebagai makanan potensial untuk anak kekurangan energi protein. *Jurnal Gizikes*, 2(2):214-221.
<https://journal.poltekkesdepkes-sby.ac.id/index.php/GZ /371/304>
- Anggraini, R. P., A. H. D. Rahardjo, dan R. S. S. Santosa. 2013. Pengaruh level enzim bromelin dari nanas masak dalam pembuatan tahu susu terhadap rendemen dan kekenyalan tahu susu. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(2): 507-513. <https://www.e-jurnal.com/2016/10/pengaruh-level-enzim-bromelin-dari.html>
- Ardat, M. A., Z. Wulandari. dan I. I. Arief. 2022. Efektivitas konsentrat papain bubuk, getah pepaya segar, dan papain komersial sebagai koagulan dalam pembuatan dangke. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(4): 620-626.
<https://doi.org/10.18343/jipi.27.4.620>.
- Arinda A. F., J. Sumarmono dan M. Sulistyowati. 2013. Pengaruh bahan pengasam dan kondisi susu sapi terhadap hasil rendemen, keasaman, kada air dan ketegaran (firmness) keju tipe mozzarella. *Jurnal Ilmiah Peternakan*, 1(2): 456-462.<https://journal.ipb.ac.id/index.php/JIPI/article/view/41306>
- Arisandhi, M., S. Lindawati, dan D. Miwada. 2023. Pengaruh penambahan sari buah nanas muda terhadap karakteristik fisik dan total bakteri tahu susu sapi, *Majalah Ilmiah Peternakan*, 26(1): 14-19.
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/mip/article/download/103460/50328>
- Asmaq, N., dan J. Marisa. 2020. Karakteristik fisik dan organoleptik susu segar di Medan Sunggal. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 22 (2): 168-175.
<http://jpi.faterna.unand.ac.id/index.php/jpi/article/view/532/375>
- Barqin, G. A., 2021. Pengaruh penambahan enzim bromelin dan titik kritisnya dalam pembuatan tahu susu. *Jurnal Ilmiah Pangan Halal*, 3(1): 20-24.
<https://ojs.unida.ac.id/JIPH/article/view/8726>
- BSN [Badan Standardisasi Nasional]. 2011. Syarat Mutu Susu Segar: SNI 3141.1:2011. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.

- BSN [Badan Standardisasi Nasional]. 2018. Syarat Mutu Tahu: SNI 3142:2018. Dewan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Christi, R.F., H. Indrijani., D.S. Tasripin, dan D. Suharwanto. 2020. Evaluasi produksi susu sapi perah friesland holstein pada berbagai laktasi di BPPIBTSP Bunikasih Cianjur. Jurnal Ilmu Pertanian dan Peternakan. 8(2):60-64. <https://jurnal.unpad.ac.id/jsdh/article/view/48548>
- Dani, M. I., Y. L. Anggrayni, dan I. Siska. 2021. Pengaruh level pemberian ekstrak buah belimbing wuluh (*Averrhoa bilimbi*) terhadap nilai organoleptik tahu susu sapi. Green Swarnadwipa: Jurnal Pengembangan Ilmu Pertanian, 10(4): 617-626. <https://ejournal.uniks.ac.id/index.php/GREEN/article/view/1859>
- Duc, N.Q., N.T. Que., N.D. Doan., P.X. Nguyen, and L.H. Nga. 2021. Effect of soymilk coagulating pH on tofu qualities. Vietnam Journal of Science and Technology. 59(2):196-205. <https://vjs.ac.vn/jst/article/download/14325/384532/403779>
- Eryanti, N. F. dan F. Farapti. 2023. Gambaran kandungan natrium pada bumbu instan varian rawon di surabaya: survei pasar. Jurnal Kesehatan Tambusai. 4(4): 6487-6494. <https://doi.org/10.31004/jkt.v4i4.20384>
- Febrisiantosa, A., B. P., Purwanto, Y. Widyastuti, I. I., Arief dan Y. Widyastuti. 2013. Karakteristik fisik, kimia, mikrobiologi *whey* kefir dan aktivitasnya terhadap penghambatan angiotensin converting enzyme (ACE). Jurnal Teknologi dan Industri Pangan. 24(2): 147-147. <https://doi.org/10.6066/jtip.2013.24.2.147>
- Hariono, B., F. Erawantini, A. Budiprasojo, dan T. D., Puspitasari. 2021. Perbedaan nilai gizi susu sapi setelah pasteurisasi non termal dengan HPEF (*High Pulsed Electric Field*). Aceh Nutrition Journal, 6(2): 207-212. <http://dx.doi.org/10.30867/action.v6i2.531>
- Hartatie, E. S. 2013. Produksi Kembang Gula Susu Berperisa Yoghurt. Jurnal Gamma, 8(2): 21-30. <https://ejournal.umm.ac.id/index.php/gamma/article/view/2405>
- Harvyandha, A., M. Kusumawardani, dan A. Rosyid. 2019. Telemetri pengukuran derajat keasaman secara *real time* menggunakan raspberry pi. Jurnal Jaringan Telekomunikasi, 9(4): 55-60. <https://doi.org/10.33795/jartel.v9i4.158>
- Hatta, W., M. B., Sudarwanto., I. Sudirman, dan R. Malaka. 2014. Survei karakteristik pengolahan dan kualitas produk dangke susu sapi di Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan. JITP. 3(3): 154-161. <https://media.neliti.com/media/publications/100974-ID-none.pdf>

- Hou, W., X. Ma., Z. Yu., L. Bari., H. Jiang., Q. Du., R. Fan., J. Wang., Y. Yang., and R. Han. 2024. Impact of ultrasonic and heat treatments on the physicochemical properties and rennet-induced coagulation characteristics of milk from various species. *Ultrasonics Sonochemistry*, 111 (107084): 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2024.107084>
- Husain, N. I. 2016. Rendemen dan Kualitas Organoleptik Dangke dengan Penambahan Berbagai Level Garam (NaCl). Skripsi. Universitas Hasanuddin, Makasar. <https://core.ac.uk/download/pdf/77629078.pdf>
- Knechtges, P. 2014. Keamanan Pangan, Teori dan Praktik. Kedokteran EGD. Jakarta.
- Komalasari, H., C. A. Afgani, dan A., Melandani. 2025. Karakterisasi dan pemetaan profil fisikokimia dangke susu kuda liar khas Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Teknologi dan Mutu Pangan*. 3(2): 80-87. <https://doi.org/10.30812/jtmp.v3i2.4776>
- Krisnaningsih, A. T. N, dan M. Hayati. 2014. Pemanfaatan berbagai ekstrak buah lokal sebagai alternatif acidulant alami dalam upaya peningkatan kualitas tahu susu. *Jurnal Ilmiah Cendekia*, 12(3): 49-55. <https://repository.unikama.ac.id/258>
- Krisnaningsih, A. T. N., D. Rosyidi, dan L. E. Radiati. 2018. Pengaruh penambahan stabilizer pati talas lokal (*Colocasia esculenta*) terhadap viskositas, sineresis dan keasaman yogurt pada inkubasi suhu ruang. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan Tropis*, 5(3): 5-10. <http://dx.doi.org/10.33772/jitro.v5i3.4706>
- Lumbantoruan, M. dan S. Florencia. 2024. Pengaruh Getah Tumbuhan Biduri (*Calotropis gigantea*) terhadap Uji Organoleptik Dangke Susu Kerbau. *Journal of Animal Science*. 9(1): 4-6. <https://core.ac.uk/download/pdf/599481625.pdf>
- Mahatara, S.C. and B., Maskey. 2023. Optimization of three phase partitioning purification of papain from carica papaya latex by response surface methodology. *Tribhuvan University Journal of Food Science and Technology*, 2(2): 32-41. <https://doi.org/10.3126/tujfst.v2i2.66459>
- Malaka, R., S. Baco, dan K. I., Prahesti. 2015. Karakteristik dan mekanisme gelatinasi *curd* dangke melalui analisis fisiko kimia dan mikrostruktur. *JITP*. 4(2): 56-62. <https://www.academia.edu/download/90172810/563.pdf>
- Malle, D., I. Telussa dan A. A. Lasamahu., 2015. Isolasi dan karakterisasi papain dari buah pepaya (*Carica papaya* L.) jenis daun kipas. *Indonesian Journal of Chemical Research*, 2(2): 182-189. https://ejournal.unpatti.ac.id/ppr_paperinfo_ink.php?id=1099

- Mandudah, C. 2018. Pengaruh Penambahan Susu Skim Bubuk Pada Susu Sapi Terhadap Kualitas Dadih Ditinjau dari Sineresis, Bahan Kering, Kadar Protein dan Kadar Lemak. Disertasi. Universitas Brawijaya, Malang.
<https://www.academia.edu/download/95734231/324152336.pdf>
- Mardinata, Z. 2013. Mengolah Data Penelitian Menggunakan Program SAS. Rajawali Press. Pekanbaru. <https://repository.uir.ac.id/2120/>
- Meutia, N., T. Rizalsyah., S. Ridha. dan M. K. Sari. 2016. Residu antibiotika dalam air susu segar yang berasal dari peternakan di wilayah Aceh Besar. Jurnal Ilmu Ternak, 16(1): 1-5. <https://doi.org/10.24198/jit.v16i1.9817>
- Midayanto, D. N. dan S. S., Yuwono. 2014. Penentuan atribut mutu tekstur tahu untuk direkomendasikan sebagai syarat tambahan dalam standar nasional Indonesia. Jurnal Pangan dan Agroindustri. 2(4): 259-267.
<https://jpa.ub.ac.id/index.php/jpa/article/view/98?articlesBySameAuthorPage=4>
- Mukhlisah, A. N. dan M. Irfan. 2023. Kadar asam amino dengan level enzim papain dan lama pemanasan berbeda. Nusantara Hasana Journal, 2(9): 185-190.
<https://nusantarahasanajournal.com/index.php/nhj/article/view/685>
- Mukhlisah, A. N., I. I. Arief, and E. Taufik. 2017. Physical, microbial, and chemical qualities of dangke produced by different temperatures and papain concentrations. Media Peternakan, 40(1): 63-70.
<https://doi.org/10.5398/medpet.2017.40.1.63>
- Murti, R.W., S. Sumardianto dan L. Purnamayati. 2021. Pengaruh perbedaan konsentrasi garam terhadap asam glutamat terasi udang rebon (*Acetes sp.*). Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. 24(1):50-59.
<https://doi.org/10.17844/jphpi.v24i1.33201>
- Musra, N. I., S. Yasni, dan E. Syamsir. 2021. Karakterisasi keju dangke menggunakan enzim papain komersial dan perubahan fisik selama penyimpanan. Jurnal Teknologi dan Industri Pangan, 32(1): 27-35.
<https://core.ac.uk/download/pdf/478013629.pdf>
- Mustakim, M., R. F. Muarifah, dan K. U., Al Awwaly. 2012. Pembuatan keju dengan menggunakan enzim renin *Mucor pusillus* amobil. Jurnal Ilmu-ilmu Peternakan. 19(2): 137-149.
<https://jiip.ub.ac.id/index.php/jiip/article/view/106>
- Nurhaerani, N., H. Hartati, dan N., Azmin. 2022. Pengaruh penambahan buah pepaya (*Carica Papaya L.*) terhadap tekstur dan rasa pada tempe kedelai. Jurnal Sains dan Terapan, 1(1): 36-43.
<https://jurnal.jomparnd.com/index.php/js/article/view/18>

- Nuryati, N., T. Budiantoro, dan A.S. Inayati. 2018. Pembuatan enzim papain kasar dari biji, daun dan kulit pepaya dan aplikasinya untuk pembuatan *virgin coconut oil*. Jurnal Teknologi Agro-Industri, 5(2): 77-89.
<http://dx.doi.org/10.34128/jtai.v5i2.73>
- Pardede, B. E., A. Adhitiyawarman dan S. Arreneuz. 2013. Pemanfaatan enzim papain dari getah buah pepaya (*Carica papaya* L.) dalam pembuatan keju cottage menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Jurnal Kimia Khatulistiwa, 2(3): 163-168.
<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jkkmipa/article/view/3979>
- Permata, D. A., H. Ikhwan, dan A. Aisman. 2016. Aktivitas proteolitik papain kasar getah buah pepaya dengan berbagai metode pengeringan. Jurnal Teknologi Pertanian Andalas, 20(2): 58-64. <https://doi.org/10.25077/jtpa.20.2.58-64.2016>
- Permata, D. A., R. M. Sari, dan T. Anggraini. 2022. Produksi dangke dengan koagulan papain kasar dan sari kunyit sebagai pewarna alami. Jurnal Teknologi Pertanian Andalas, 26(2): 254-261.
<https://doi.org/10.25077/jtpa.26.2.254-261.2022>
- Prayitno, S. S., J. Sumarmono., A. H. D. Rahardjo, dan T. Setyawardani. 2020. Modifikasi sifat fisik yogurt susu kambing dengan penambahan microbial transglutaminase dan sumber protein eksternal. Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan, 9(2): 77-82. <https://doi.org/10.17728/jatp.6396>
- Prayitno, S. S., N. Maharani, dan N. Rusti. 2022. Modifikasi concentrated yogurt susu kambing dengan penambahan tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*) ditinjau dari persentase produk, whey bebas, sineresis, dan pH. Journal of Animal Science, 7(4): 53-54.
<https://doi.org/10.32938/ja.v7i4.2991>
- Prihatini, I. dan R. K. Dewi. 2021. Kandungan enzim papain pada pepaya (*Carica pepaya* L) terhadap metabolisme tubuh. Jurnal Tadris IPA Indonesia, 1(3): 449-458. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php>
- Pulungan, M. H., M. M. Kamilia, dan I. A. Dewi. 2020. Optimasi konsentrasi enzim papain dan suhu pemanasan pada pembuatan dangke dengan *response surface method* (RSM). Jurnal Teknologi Pertanian, 21(1): 57-68.
<https://doi.org/10.21776/ub.jtp.2020.021.01.7>
- Purwasih, R., E. Sobari, dan S. P. Andani. 2021. Pengaruh pemberian ekstrak nanas terhadap kualitas tahu susu. Bulletin of Applied Animal Research, 3(2): 71-78. <https://doi.org/10.36423/baar.v3i2.689>
- Resnawati, H. 2020. Kualitas susu pada berbagai pengolahan dan penyimpanan. Semiloka Nasional Prospek Industri Sapi Perah Menuju Perdagangan Bebas, 1(1): 497-502.
https://www.academia.edu/download/57978703/SUSU_5.pdf

- Rizkaprilisa, W. and S. Setiadi. 2018. Comparative study of CaSO₄ and papain enzyme as coagulants in the tofu production. Indonesian Food and Nutrition Progress, 15(2): 79-84. <https://journal.ugm.ac.id/ifnp/article/view/33349>
- Rizqi, A.A. Faridah dan Elwina. 2016. Kinetika koagulasi protein pada pembuatan tahu pengan menggunakan enzim papain. Jurnal Teknologi, 16(1): 15-19. <http://dx.doi.org/10.30811/teknologi.v16i1.323>
- Rohman, E. dan S., Maharani. 2020. Peranan warna, viskositas, dan sineresis terhadap produk yoghurt. Edufortech. 5(2): 108-117. <https://ejournal.upi.edu/index.php/edufortech/article/view/28812>
- Santoso, B.H. 2017. Sukses Budi Daya Pepaya California di Pekarangan dan Perkebunan. Lily Publisher, Yogyakarta.
- Seftiono, H., 2016. Perubahan sifat fisiko kimia protein selama proses pembuatan tahu sebagai rujukan bagi posdaya. Jurnal Kesejahteraan Sosial, 3(1): 85-92. <http://trilogi.ac.id/journal/ks/index.php/jks/article/view/329>
- Setiani, B. E., V. P. Bintoro, dan R. N. Fauzi. 2021. Pengaruh penambahan sari jeruk nipis (*Citrus aurantifolia*) sebagai bahan penggumpal alami terhadap karakteristik fisik dan kimia tahu kacang hijau (*Vigna radiata*). Jurnal Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, 16(1): 18-34. <http://dx.doi.org/10.26623/jtphp.v16i1.4401>
- Setiawan, F. D. 2015. Pengaruh Penambahan Susu Segar Terhadap Kadar Air, Protein, Lemak, pH dan Tekstur Keju Ricotta. Disertasi Universitas Brawijaya, Malang. <http://repository.ub.ac.id/137650>
- Sharafi, M., J.E. Hayes, and V.B. Duffy. 2013. Masking vegetable bitterness to improve palatability depends on vegetable type and taste phenotype. *Chemosensory perception*. 6(1): 8-19. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23682306/>
- Sipayung, A.D., D.G.R. Aruan, dan E.S., Harianja. 2022. Pemeriksaan *Staphylococcus aureus* pada susu sapi perah sebelum dan sesudah diolah di Peternakan Asam Kumbang Medan. Jurnal Analis Laboratorium Medik, 7(2): 116-124. <https://doi.org/10.51544/jalm.v7i2.3666>
- Sudarmadji, S., S. Suhardi dan B. Haryono. 1997. Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty bekerja sama dengan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sulistyowati, E., S. Mujiharjo, I. Irmad, A. Susanti, dan S. Phatonah. 2019. Physical and organoleptic characteristics of milk caramel candy with durian fruit (*Durio zibethinus* murr) and gerga citrus (*Citrus* sp) juice. Jurnal Agroindustri, 9(2):56-65. <https://doi.org/10.31186/j.agroindustri.9.2.56-65>

- Sulmiyati dan R. Malaka. 2017. Karakteristik Fisik dan Kimia Air Dadih (*Whey*) Dangke dengan Level Enzim Papain yang Berbeda. Jurnal Ilmu dan Teknologi Peternakan. 5(2): 102-106.
<https://doi.org/10.20956/jitp.v5i2.3082>
- Sulmiyati, S. dan N. S. Said. 2018. Karakteristik dangke susu kerbau dengan penambahan crude papain kering. Agritech, 38(3): 345-352.
<https://doi.org/10.22146/agritech.24331>
- Syaikal, S. 2016. Rendemen dan Kualitas Organoleptik Keju Segar dengan Penggumpal Getah Pepaya dan Sari Buah Nanas Pada Berbagai Level. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
<https://core.ac.uk/download/pdf/77627454.pdf>
- Talakua, C. dan Y. Rumengan. 2020. Pengaruh konsentrasi garam dan lama fermentasi terhadap kadar protein bakasang laor. Jurnal Pendidikan Biologi, 7(2): 136-142. <https://doi.org/10.31849/bl.v7i2.5300>
- Taufik, M., N. Rasuli, dan A. Sirajuddin. 2016. Pemanfaatan tanaman serut (*Streblus asper* L) sebagai bahan pengumpul susu pada pembuatan dangke. Jurnal Agrisistem, 12(1): 101-109.
<https://ejournal.polbangtan-gowa.ac.id/index.php/J-Agr/article/view/159>
- Wulandari, A., W. K. D. Cahyani, dan M. Ali. 2023. Pengaruh tahu susu dengan konsentrasi asam cuka dan penambahan susu sapi (*fresh milk*). Jurnal Agrosains: Karya Kreatif dan Inovatif, 8(1): 1-8.
<https://doi.org/10.31102/agrosains.2023.8.1.1-8>
- Wulandari, D. C., N. Nurdiana, dan Y. Rahmi. 2016. Identifikasi kesempurnaan proses pasteurisasi ditinjau dari total bakteri serta kandungan protein dan laktosa pada susu pasteurisasi kemasan produksi pabrik dan rumah tangga di Kota Batu. Majalah Kesehatan. 3(3): 144-151.
<https://majalahfk.ub.ac.id/index.php/mkfkub/article/view/103/0>
- Yana, R. dan S. Permatasari. 2022. Pembuatan isolat papain dari getah buah pepaya untuk hidrolisis protein pada pengembangan metode penambahan materi praktikum biokimia. Jurnal Kedokteran dan Kesehatan: Publikasi Ilmiah Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya. 9(2):143-152.
<https://jkk-fk.ejournal.unsri.ac.id/index.php/jkk/article/view/278>
- Yasin, U. A., J.T. Horo, and B. A. Gebre. 2019. Physicochemical and sensory properties of tofu prepared from eight popular soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) varieties in Ethiopia. Scientific African, 6:1-6.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2019.e00179>
- Yulianingsih, E., M. Sulistyoningsih, dan M. Ulfah. 2016. Pengaruh penambahan ekstrak nanas dan lama pemasakan terhadap kadar protein dan organoleptik tahu susu. Jurnal Ilmiah Biologi, 5(2): 50-64.
<https://doi.org/10.26877/bioma.v5i2.2523>

LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Ragam Rendemen

A. Rataan rendemen tahu susu

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan	SD
	I	II	III	IV	V			
P1	16.7	20.78	17.48	16.7	17.67	89.32	17.86	1.69
P2	15.53	20.97	15.92	16.5	15.92	84.85	16.97	2.26
P3	15.73	16.5	15.92	13.59	12.04	73.79	14.76	1.88
P4	15.15	16.89	14.37	12.82	13.2	72.43	14.49	1.63
Total	63.11	75.15	63.69	59.61	58.83	320.39		

B. Analisis Varian (ANOVA)

a. Faktor Koreksi

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FK} &= \frac{y^2}{t.r} \\
 &= \frac{320.39^2}{4 \times 5} \\
 &= \frac{102649.8}{20} \\
 &= 5132
 \end{aligned}$$

b. Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Total

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKT} &= \sum (Y_{ij})^2 - \mathbf{FK} \\
 &= (16.7^2 + 20.78^2 + 17.48^2 + 16.7^2 + \dots + 12.82^2 + 13.2^2) - 5132 \\
 &= 97.92
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKP} &= \left(\sum \frac{(\sum Y_{ij})^2}{r} \right) - \mathbf{FK} \\
 &= \frac{(89.32^2 + 84.85^2 + 73.79^2 + 72.43^2)}{5} - 5132 \\
 &= \frac{25869}{5} - 5132 \\
 &= 5174 - 5132 \\
 &= 41.27
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Galat

$$\begin{aligned}\mathbf{JKG} &= \mathbf{JKT-JKP} \\ &= 97.92 - 41.27 \\ &= 56.65\end{aligned}$$

c. Kuadrat Tengah (KT)

$$\begin{aligned}\mathbf{KT\ Perlakuan\ (KTP)} &= \frac{\mathbf{JKP}}{\mathbf{dbp}} \\ &= \frac{41.27}{3} \\ &= 13.76\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{KT\ Galat\ (KTG)} &= \frac{\mathbf{JKG}}{\mathbf{dbg}} \\ &= \frac{56.65}{16} \\ &= 3.54\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{d.\ F\ Hitung\ (f_{hit})} &= \frac{\mathbf{KTP}}{\mathbf{KTG}} \\ &= \frac{13.76}{3.54} \\ &= 3.886\end{aligned}$$

TABEL ANOVA

SK	DB	JK	KT	F HITUNG	F TABEL		KET
					5%	1%	
Perlakuan	3	41.27	13.76	3.886	3.24	5.29	*
Galat	16	56.65	3.54				
Total	19	97.92					

Keterangan ; * = berpengaruh nyata ($P < 0,05$)

Uji Duncan Rendemen Tahu Susu

$$\begin{aligned}\mathbf{SX} &= \sqrt{\frac{\mathbf{KTG}}{\mathbf{R}}} \\ &= \sqrt{\frac{3.54}{4}} \\ &= \mathbf{0.9408}\end{aligned}$$

Tabel SSR dan LSR

P	α	2	3	4
SRR	0.05	2.998	3.144	3.235
	0.01	4.131	4.308	4.425
LSR	0.05	2.821	2.958	3.043
	0.01	3.886	4.053	4.163

Perbandingan Nilai Beda Antar Perlakuan

Perlakuan	Rataan	2	3	4	Notasi
P1	17.86	0.89	3.10	3.37	b
P2	16.97	2.21	2.48		ab
P3	14.76	0.27			a
P4	14.49				a

Lampiran 2. Analisis Ragam Sineresis

A. Rataan Sineresis

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan	SD
	I	II	III	IV	V			
P1	52	46	57	57	60	272	54.37	5.54
P2	65	60	58	54	53	290	58.06	5.01
P3	69	59	64	64	63	319	63.77	3.57
P4	73	55	56	60	57	300	60.04	7.34
Total	260	220	235	235	231	1181		

B. Analisis Varian (ANOVA)

a. Faktor Koreksi (FK)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FK} &= \frac{y^2}{t.r} \\
 &= \frac{1181^2}{4 \times 5} \\
 &= \frac{1395.151}{20} = 69758
 \end{aligned}$$

b. Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKT} &= \sum (Y_{ij})^2 - \mathbf{FK} \\
 &= (52^2 + 46^2 + 57^2 + 57^2 + \dots + 60^2 + 57^2) - 69758 \\
 &= 720.39
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKP} &= \left(\sum \frac{(\sum Y_{ij})^2}{r} \right) - \mathbf{FK} \\
 &= \frac{(272^2 + 290^2 + 319^2 + 300^2)}{5} - 69758 \\
 &= \frac{349941}{5} - 69758 \\
 &= 230.62
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKG} &= \mathbf{JKT} - \mathbf{JKP} \\
 &= 720.39 - 230.62 \\
 &= 489.77
 \end{aligned}$$

c. Kuadrat Tengah (KT)

$$\begin{aligned}\text{KT Perlakuan (KTP)} &= \frac{JKP}{dbp} \\ &= \frac{230.62}{3} \\ &= 76.87\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{KT Galat (KTG)} &= \frac{JG}{dbg} \\ &= \frac{489.77}{16} \\ &= 30.61\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{d. F Hitung (} f_{hit} \text{)} &= \frac{KTP}{KTG} \\ &= \frac{76.87}{30.61} \\ &= 2.511\end{aligned}$$

TABEL ANOVA

SK	DB	JK	KT	F HITUNG	F TABEL		KET
					5%	1%	
Perlakuan	3	230.62	76.87	2.511	3.24	5.29	tn
Galat	16	489.77	30.61				
Total	19	720.39					

Keterangan; tn = Tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$)

Lampiran 3. Analisis Ragam Daya Ikat Air

A. Rataan daya ikat air

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan	SD
	I	II	III	IV	V			
P1	5.80	14.60	5.15	3.65	2.90	32.10	6.42	4.72
P2	11.05	7.05	4.85	3.35	2.25	28.55	5.71	3.49
P3	5.80	10.10	4.55	2.20	3.70	26.35	5.27	3.00
P4	7.95	4.00	6.80	6.40	6.30	31.45	6.29	1.44
Total	30.6	35.75	21.35	15.6	15.15	118.5		

B. Analisis Varian (ANOVA)

a. Faktor Koreksi (FK)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FK} &= \frac{y^2}{t.r} \\
 &= \frac{118.5^2}{4 \times 5} \\
 &= \frac{14030}{20} \\
 &= 702
 \end{aligned}$$

b. Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKT} &= \sum (Y_{ij})^2 - \mathbf{FK} \\
 &= (5.80^2 + 14.60^2 + 5.15^2 + 3.65^2 + \dots + 6.40^2 + 6.30^2) - 702 \\
 &= 186.12
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKP} &= \left(\sum \frac{(\sum Y_{ij})^2}{r} \right) - \mathbf{FK} \\
 &= \frac{(32.10^2 + 28.55^2 + 26.35^2 + 31.45^2)}{5} - 702 \\
 &= \frac{3529}{5} - 702 \\
 &= 4.27
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\mathbf{JKG} = \mathbf{JKT-JKP}$$

$$= 186.12 - 4.27$$

$$= 181.86$$

c. Kuadrat Tengah (KT)

$$\begin{aligned}\mathbf{KT\ Perlakuan\ (KTP)} &= \frac{JKP}{dbp} \\ &= \frac{4.27}{3} \\ &= 1.42\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{KT\ Galat\ (KTG)} &= \frac{JKG}{dbg} \\ &= \frac{181.86}{16} \\ &= 11.37\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{d. F\ Hitung\ (} f_{hit} \mathbf{)} &= \frac{KTP}{KTG} \\ &= \frac{1.42}{11.37} \\ &= 0.125\end{aligned}$$

TABEL ANOVA

SK	DB	JK	KT	F HITUNG	F TABEL		KET
					5%	1%	
Perlakuan	3	4.27	1.42	0.125	3.24	5.29	tn
Galat	16	181.86	11.37				
Total	19	186.12					

Keterangan; tn = Tidak berpengaruh nyata ($P>0,05$)

Lampiran 4. Analisis Ragam pH

A. Rataan Nilai pH

Perlakuan	Ulangan					Total	Rataan	SD
	I	II	III	IV	V			
P1	6.24	6.31	6.27	6.26	6.19	31.26	6.25	0.04
P2	6.26	6.26	6.29	6.19	6.17	31.17	6.23	0.05
P3	6.18	6.25	6.24	6.21	6.20	31.06	6.21	0.03
P4	6.21	6.22	6.22	6.17	6.21	31.01	6.20	0.02
Total	24.88	25.03	25.01	24.81	24.765	124.50		

B. Analisis Varian (ANOVA)

a. Faktor Koreksi (FK)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FK} &= \frac{y^2}{t.r} \\
 &= \frac{124.50^2}{4 \times 5} \\
 &= \frac{15499}{20} = 774.95
 \end{aligned}$$

b. Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKT} &= \sum (Y_{ij})^2 - \mathbf{FK} \\
 &= (6.24^2 + 6.31^2 + 6.27^2 + 6.26^2 + \dots + 6.17^2 + 6.21^2) - 774.95 \\
 &= 0.031
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKP} &= \left(\sum \frac{(\sum Y_{ij})^2}{r} \right) - \mathbf{FK} \\
 &= \frac{(31.26^2 + 31.17^2 + 31.06^2 + 31.01^2)}{5} - 774.95 \\
 &= \frac{3875}{5} - 774.95 \\
 &= 0.007
 \end{aligned}$$

Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$\begin{aligned}
 \mathbf{JKG} &= \mathbf{JKT} - \mathbf{JKP} \\
 &= 0.031 - 0.007 \\
 &= 0.024
 \end{aligned}$$

c. Kuadrat Tengah (KT)

$$\begin{aligned}\text{KT Perlakuan (KTP)} &= \frac{JKP}{dbp} \\ &= \frac{0.007}{3} \\ &= 0.002\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{KT Galat (KTG)} &= \frac{JG}{dbg} \\ &= \frac{0.024}{16} \\ &= 0.001\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{d. F Hitung (} f_{hit} \text{)} &= \frac{KTP}{KTG} \\ &= \frac{0.002}{0.001} \\ &= 1.687\end{aligned}$$

TABEL ANOVA

SK	DB	JK	KT	F HITUNG	F TABEL		KET
					5%	1%	
Perlakuan	3	0.007	0.002	1.687	3.24	5.29	tn
Galat	16	0.024	0.001				
Total	19	0.031					

Keterangan; tn = Tidak berpengaruh nyata ($P > 0,05$)