

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji pH

Uji kualitas fisik berdasarkan uji pH pada susu sapi pasteurisasi yang ditambahkan madu klanceng sebanyak 0%, 4%, 8%, dan 12% dan lama simpan 0, 5, 10, dan 15 hari disajikan pada Tabel 2. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa penambahan madu klanceng dan lama simpan memberikan pengaruh interaksi yang nyata ($P \leq 0,05$) terhadap nilai pH susu sapi pasteurisasi. Hal ini mengindikasikan bahwa respons keasaman susu tidak hanya ditentukan oleh dosis madu yang diberikan, namun juga disesuaikan secara dinamis oleh lamanya waktu penyimpanan.

Tabel 2. Hasil Uji pH Susu Sapi Pasteurisasi

Penambahan Madu	Lama Simpan				Rata-rata
	0	5	10	15	
---%---	----- hari -----				
0	6,663 ^a	6,553 ^{ab}	6,417 ^{ab}	6,287 ^b	6,480
4	6,543 ^c	6,487 ^{cd}	6,383 ^{cd}	6,263 ^{de}	6,419
8	6,400 ^{ef}	6,353 ^{ef}	6,260 ^{fg}	6,200 ^{fgh}	6,303
12	6,267 ^{fgh}	6,260 ^{gh}	6,193 ^{hi}	6,160 ⁱ	6,220
Rata-rata	6,468	6,413	6,313	6,228	

Keterangan: Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Tabel 2 menunjukkan semakin tinggi konsentrasi penambahan madu klanceng dan semakin lama masa penyimpanan, nilai pH susu pasteurisasi cenderung semakin mengalami penurunan. Kedua faktor ini tidak bekerja secara terpisah, tetapi saling memengaruhi satu sama lain antar faktor dalam membentuk pola perubahan pH yang berbeda pada setiap kombinasi perlakuan. Nilai pH

tertinggi diperoleh pada kombinasi P0W0 sebesar 6,663, sedangkan nilai terendah terdapat pada kombinasi P3W3 sebesar 6,160. pH yang semakin rendah menunjukkan sifat atau rasa yang semakin asam pada susu pasteurisasi. Peristiwa penurunan pH terjadi akibat penambahan madu menyebabkan sifat asam dari madu klanceng itu sendiri. Hal itu sejalan dengan pendapat Cahyadi *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa madu dari lebah *Trigona sp.* memiliki pH sekitar 4,8; nilainya jauh di bawah kisaran pH normal susu sapi yang berada pada rentang 6,3–6,8, sehingga ketika semakin banyak madu yang ditambahkan, pH akan semakin menuju ke arah yang lebih rendah. Hal itu juga didukung oleh pendapat Ridoni *et al.* (2020) yang dikutip oleh Pawestri *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa keasaman pada madu berasal dari kandungan berbagai asam organik, seperti asam asetat, butirat, laktat, dan glukonat, di mana asam glukonat menjadi komponen utama yang dihasilkan melalui oksidasi glukosa oleh enzim glukosa oksidase.

Penurunan pH yang terjadi selama penyimpanan juga berkaitan dengan aktivitas bakteri residual yang masih tetap ada setelah proses pasteurisasi. Pasteurisasi membunuh sebagian besar bakteri, sebagian lainnya bakteri termofilik akan dapat terus tumbuh, meskipun dengan laju pertumbuhan yang sangat lambat. Hal itu sejalan dengan pendapat Suharto *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa bakteri-bakteri memfermentasi laktosa di dalam susu menjadi asam laktat, dan akumulasi asam laktat dari waktu ke waktu akan menyebabkan pH susu terus menurun. Meski begitu, penurunan pH berjalan dengan laju yang berbeda pada setiap perlakuan. Pada perlakuan P0 tanpa penambahan madu, pH mengalami penurunan sebesar 0,376 dari hari ke-0 hingga hari ke-15, sedangkan pada P3

dengan penambahan madu 12% penurunan sebesar 0,107. Perbedaan laju penurunan ini menunjukkan bahwa konsentrasi madu yang lebih tinggi mampu memperlambat penurunan pH melalui aktivitas antibakterinya. Hal itu sesuai dengan pendapat Susilo *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa madu klanceng mengandung hidrogen peroksida, flavonoid, minyak atsiri, dan senyawa alami lainnya yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri secara lebih efektif seiring dengan meningkatnya konsentrasi yang digunakan. Hal ini diperkuat oleh pendapat Nur dan Sirajuddin (2019) yang menyatakan bahwa madu *Trigona* menunjukkan aktivitas antibakteri nyata terhadap bakteri gram positif maupun gram negatif, dengan diameter hambat yang semakin lebar seiring meningkatnya konsentrasi yang digunakan, ketika konsentrasi semakin tinggi, daya hambatnya juga akan bertambah.

Kombinasi P0W1 dan P1W0 yang keduanya diberi notasi huruf "ab" menunjukkan bahwa susu tanpa madu yang disimpan selama 5 hari menghasilkan nilai pH yang setara dengan susu yang ditambah madu 4% pada hari ke-0. Dengan kata lain, madu klanceng di satu sisi menurunkan pH susu sejak awal karena sifat asamnya, tetapi di sisi lain juga menjaga stabilitas pH susu selama penyimpanan melalui kemampuannya menghambat pertumbuhan bakteri. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan madu klanceng memiliki dua dampak sekaligus pada nilai pH susu sapi pasteurisasi yaitu menurunkan pH awal karena sifat asamnya, namun di sisi lain memperlambat laju penurunan pH lebih lanjut melalui aktivitas antibakteri yang dikandungnya. Ketika madu klanceng ditambahkan ke susu sapi pasteurisasi, asam yang terkandung dalam madu akan

menurunkan pH larutan campuran. Tetapi, jika penambahan madunya semakin banyak, susu bisa mengalami denaturasi protein karena keasamannya meningkat. Denaturasi protein terjadi karena kasein yang merupakan protein utama dalam susu memiliki titik isoelektrik pada pH 4,6, ketika bahan asam ditambahkan ke susu maka ion H^+ dalam larutan akan meningkat dan menurunkan muatan negatif pada permukaan protein. Menurut Olivia *et al.* (2023) protein yang mengalami denaturasi karena kandungan asam, tidak lagi mampu mengikat air dengan baik yang menyebabkan kelarutan protein menurun dan protein mulai saling menempel satu sama lain sehingga membentuk gumpalan atau yang disebut koagulasi. Hal itu sejalan dengan pendapat Anindita dan Soyi (2017) menyatakan bahwa suasana asam yang semakin tinggi pada susu menyebabkan ikatan antara kasein dan air menjadi renggang karena penurunan kestabilan sehingga terjadi koagulasi kasein dan susu akan membentuk gumpalan. Oleh karena itu, semakin banyak bahan asam yang masuk ke dalam susu, keasaman akan meningkat, pH akan terus turun mendekati titik isoelektrik kasein dan protein akan lebih mudah menggumpal.

Meskipun penambahan madu memengaruhi nilai pH susu, dengan kecenderungan pH yang semakin menurun menuju asam, perlakuan ini tidak selalu mencerminkan penurunan kualitas susu secara keseluruhan. Nilai pH yang rendah tidak selalu berarti susu sudah pasti rusak atau basi, melainkan itu merupakan konsekuensi langsung dari penambahan madu klanceng yang mana merupakan bahan yang secara alami memang bersifat asam. Susu sapi pasteurisasi yang telah melalui proses pemanasan pada dasarnya memiliki kandungan bakteri yang rendah karena proses tersebut, sehingga penurunan pH yang terjadi lebih banyak

disebabkan oleh kandungan asam organik dari madu daripada oleh aktivitas fermentasi bakteri. Hal ini sejalan dengan pendapat Shodiq *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa penurunan pH pada susu yang masih dalam kondisi baik tidak selalu berkaitan dengan pertumbuhan bakteri pembusuk, melainkan dapat disebabkan oleh faktor lain seperti kandungan asam dari bahan yang ditambahkan. Namun demikian, meskipun penurunan pH bukan merupakan cerminan kerusakan yang disebabkan oleh bakteri, peningkatan keasaman tetap perlu dipertimbangkan dari segi penerimaan dan kesukaan konsumen.

Didukung oleh hasil penelitian Azizah (2024) yang juga membahas tentang uji organoleptik susu pasteurisasi yang diberi tambahan madu klanceng, menyatakan hasil uji mutu hedonik yang telah dilakukan bahwa penambahan madu klanceng pada taraf 4% memperoleh skor pada tingkat kesukaan tertinggi secara keseluruhan sebesar 3,89 dengan nilai rasa terbaik sebesar 4,86, lebih tinggi dibandingkan perlakuan 0% (3,26), 8% (3,54), maupun 12% (2,91). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun semakin tinggi konsentrasi penambahan madu menyebabkan pH semakin rendah, konsumen justru paling menyukai susu pasteurisasi yang diberi perlakuan penambahan madu pada taraf 4%, di mana rasa asam yang ditimbulkan berada pada tingkat yang masih dapat diterima. Sebaliknya, pada taraf perlakuan penambahan madu sebesar 12%, tingkat kesukaan menurun drastis karena rasa asam dan manis yang terlalu dominan, sehingga penambahan madu klanceng pada taraf 4% dapat dikatakan sebagai titik paling optimal yang memberikan keseimbangan terbaik antara kualitas fisik dan penerimaan konsumen terhadap susu pasteurisasi.

4.2. Uji Reduktase

Uji reduktase susu sapi pasteurisasi yang diberi tambahan madu klanceng (*Trigona sp.*) dengan konsentrasi yang berbeda dan lama simpan yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang nyata ($P \leq 0,05$) antara penambahan madu klanceng dan lama simpan, terhadap angka reduktase susu pasteurisasi. Penggunaan uji reduktase dengan indikator *methylene blue* secara tidak langsung menggambarkan populasi mikroorganisme aktif di dalam susu, di mana semakin lama waktu perubahan warnanya, menunjukkan bahwa semakin baik kualitas susu tersebut.

Tabel 3. Hasil Uji Reduktase Susu Sapi Pasteurisasi

Penambahan Madu ---%---	Lama Simpan				Rata-rata
	0	5	10	15	
	----- hari -----				
0	7,50 ^f	7,33 ^h	7,25 ^f	7,00 ^f	7,271
4	8,67 ^{de}	8,00 ^h	7,75 ^f	7,67 ^f	8,02
8	9,42 ^b	8,58 ^g	8,67 ^e	8,50 ^{de}	8,79
12	9,92 ^a	9,25 ^{cd}	9,08 ^c	8,92 ^{cd}	9,29
Rata-rata	8,87	8,29	8,19	8,02	

Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata ($P < 0,05$)

Tabel 3 menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi penambahan madu klanceng dan lama simpan menunjukkan bahwa secara umum, semakin tinggi konsentrasi madu yang ditambahkan pada susu, waktu reduktase cenderung semakin lama. Begitupun sebaliknya bahwa semakin lama susu disimpan, waktu reduktase cenderung semakin pendek. Kedua kecenderungan ini tidak selalu sama pada setiap kombinasi perlakuan sehingga interaksi antara keduanya menjadi nyata. Waktu reduktase tertinggi diperoleh pada kombinasi P3W0 sebesar 9,92 jam, sedangkan waktu reduktase terendah pada P0W3 sebesar 7,00 jam. Fenomena yang

terjadi ketika waktu reduktase lama menunjukkan bahwa bakteri yang terkandung pada susu jumlahnya sedikit. Hal itu sesuai dengan pendapat Olsen *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa pada uji reduktase, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk mengubah warna *methylene blue* menjadi putih menandakan bahwa aktivitas mikroorganisme di dalam susu semakin rendah dan menunjukkan kualitas susu relatif lebih baik. Didukung juga oleh pendapat Erlangga *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa perubahan warna pada uji reduktase terjadi karena bakteri memanfaatkan oksigen terlarut dalam susu untuk keperluan metabolismenya, sehingga *methylene blue* tereduksi menjadi *leukomethylene blue* yang tidak berwarna.

Interaksi antara konsentrasi madu klanceng dan lama waktu simpan menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap aktivitas reduktase susu pasteurisasi. Hal ini berarti bahwa efektivitas penambahan madu dalam menjaga kualitas susu sangat dipengaruhi oleh berapa lama susu disimpan. Hal ini terlihat dari perbedaan angka reduktase antar perlakuan seiring bertambahnya waktu penyimpanan. Pada kombinasi perlakuan P3W0 menghasilkan angka reduktase terlama yaitu 9,92 jam, yang bahkan setelah 15 hari disimpan, angka reduktase pada perlakuan P3 masih mencapai 8,92 jam. Angka ini jauh lebih tinggi daripada kontrol tanpa madu pada hari ke-0 (P0W0) 7,50 jam. Menurut pendapat Yudonegoro *et al.* (2014) dan Arjadi *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa rata-rata waktu reduktase di atas 5 jam, mengindikasikan bahwa susu berada dalam kualitas yang sangat baik. Sehingga hasil ini semakin memperkuat peranan madu klanceng sebagai pengawet alami yang terbukti efektif dalam mempertahankan kualitas susu pasteurisasi

selama masa penyimpanan.

Kemampuan madu klanceng dalam memperpanjang waktu reduktase berhubungan langsung dengan aktivitas antibakteri yang dimilikinya. Penambahan madu klanceng sebesar 12% dapat mempertahankan kesegaran susu hingga 15 hari, melampaui susu pasteurisasi tanpa madu pada hari ke-0 (P0W0). Hal ini diduga berkaitan dengan kemampuan madu klanceng dalam menghambat pertumbuhan bakteri melalui aktivitas antibakteri yang berasal dari kandungan hydrogen peroksida, flavonoid, dan senyawa fenolik. Hal itu sejalan dengan pendapat Nofariyanto *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa madu klanceng mengandung senyawa aktif yang sifat antibakterinya kuat dan semakin efektif pada konsentrasi tinggi. Didukung juga oleh pendapat Cahyadi *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa pertumbuhan bakteri dapat terhambat karena tekanan osmotik tinggi akibat konsentrasi fruktosa dan glukosa yang besar menyebabkan sel bakteri mengalami plasmolisis. Kondisi ini menekan populasi bakteri dalam susu, sehingga produksi enzim reduktase oleh mikroorganisme untuk mereduksi *methylene blue* pun ikut terhambat. Efek ini terlihat konsisten dari rata-rata angka reduktase yang meningkat seiring bertambahnya konsentrasi madu, dari 7,27 jam pada P0 menjadi 8,02 jam pada P1, 8,79 jam pada P2, dan 9,29 jam pada P3. Akan tetapi meskipun seluruh perlakuan termasuk perlakuan kontrol tanpa madu (P0) masih menunjukkan angka reduktase di atas 7 jam bahkan hingga hari ke-15, perlakuan dengan penambahan madu klanceng secara konsisten mempertahankan angka reduktase di atas 8 jam hingga hari ke-15 sementara P0 menunjukkan laju penurunan yang lebih cepat.

Penambahan madu klanceng dalam susu tidak hanya mempertahankan

kualitasnya untuk dikonsumsi setelah penyimpanan, tetapi juga memperlambat laju penurunan kualitas. Hal ini sangat penting terutama untuk kondisi distribusi yang lebih luas atau pada penyimpanan lebih dari 15 hari. Kemampuan ini diduga berasal dari madu klanceng yang secara umum diketahui memiliki aktivitas antibakteri yang berasal dari kandungan hydrogen peroksida, flavonoid, dan senyawa fenolik, yang tidak dimiliki susu pasteurisasi tanpa tambahan madu. Hal itu sejalan dengan pendapat Cahyadi *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa efek antimikrobia pada madu klanceng menjadi keunggulan dibandingkan jenis madu lainnya, lebih kuat berkat kandungan hidrogen peroksida, fenol, dan flavonoid yang bekerja secara sinergis. Hal ini juga didukung oleh pendapat Nofariyanto *et al.* (2025) yang menyatakan bahwa madu klanceng mengandung senyawa aktif yang memiliki sifat antibakteri kuat, yang semakin efektif pada konsentrasi yang lebih tinggi.

Kemampuan madu klanceng dalam mempertahankan kualitas susu tidak bersifat konstan, melainkan dipengaruhi oleh seberapa lama susu tersebut disimpan. Semakin tinggi penambahan konsentrasi madu dan semakin singkat waktu penyimpanan, kualitas susu yang dihasilkan akan semakin baik. Hal ini sejalan dengan pendapat Ismiarti dan Sumarmono (2023) yang menyatakan bahwa interaksi antara bahan tambahan alami dan lama penyimpanan berpengaruh nyata terhadap kualitas fisik susu pasteurisasi. Kombinasi antara konsentrasi madu tertinggi dan penyimpanan pada hari-hari awal menghasilkan waktu reduksi paling lama, yang menunjukkan bahwa jumlah bakteri dalam susu sangat rendah dan kualitas susu berada dalam kondisi yang optimal. Hasil uji reduktase ini juga mendukung hasil uji pH yang telah dibahas sebelumnya. Meskipun penambahan

madu klanceng cenderung menurunkan nilai pH susu, penurunan tersebut bukan akibat aktivitas bakteri asam, tetapi lebih banyak dipengaruhi oleh kandungan asam organik alami dan sifat asam pada madu. Hal itu sesuai dengan pendapat Prabowo *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa madu mengandung antioksidan dan berbagai asam organik seperti asam asetat, butirat, sitrat, format, glukonat, laktat, folat, malat, piroglutamat, fosfat dan suksinat yang menyebabkan keasaman madu. Hal ini diperkuat juga oleh nilai waktu reduktase yang tetap tergolong tinggi pada perlakuan yang sama, meskipun nilai pH-nya relatif lebih rendah dibandingkan perlakuan kontrol.

Angka reduktase yang tinggi pada perlakuan P3 dengan perlakuan penambahan madu 12% paling efektif dalam mempertahankan kualitas fisik dan biologis susu selama penyimpanan. Madu klanceng terbukti tidak hanya sebagai bahan pemanis, tapi juga pengawet alami yang mampu memperpanjang umur simpan susu sapi pasteurisasi tanpa menurunkan standar keamanan konsumsinya, terutama dalam kondisi penyimpanan dingin. Namun demikian, meskipun konsentrasi madu yang lebih tinggi memberikan perlindungan kualitas yang lebih baik, aspek penerimaan konsumen masih perlu dipertimbangkan. Berdasarkan hasil uji mutu hedonik dalam penelitian serupa, penambahan madu 4% memperoleh skor tingkat kesukaan tertinggi secara keseluruhan sebesar 3,89 dengan nilai rasa terbaik 4,86, lebih tinggi dibandingkan perlakuan 0% (3,26), 8% (3,54), maupun 12% (2,91). Oleh karena itu, penambahan madu klanceng pada taraf 4% merupakan pilihan paling optimal karena mampu mempertahankan kualitas susu hingga hari ke-15 sekaligus menghasilkan produk yang paling disukai konsumen.

4.3. Uji Alkohol

Uji alkohol bertujuan untuk mengetahui stabilitas koloid protein kasein dalam susu, di mana terbentuknya gumpalan pada susu dengan hasil positif diindikasikan bahwa susu telah mengalami kerusakan atau penurunan derajat keasaman (pH). Hasil pengamatan kualitas fisik berdasarkan uji alkohol pada susu sapi pasteurisasi yang ditambah madu klanceng dengan taraf 0, 4, 8, dan 12% dan disimpan dengan lama waktu 0, 5, 10, dan 15 hari disajikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Persentase Hasil Negatif dari Uji Alkohol

Penambahan Madu ---%---	Lama Simpan				Rata-rata
	0	5	10	15	
	----- hari -----				
0	100%	100%	100%	100%	100%
4	33%	67%	67%	0%	42%
8	0%	0%	0%	0%	0%
12	0%	0%	0%	0%	0%
Rata-rata	33%	42%	42%	25%	

Hasil uji alkohol pada susu pasteurisasi yang diberi perlakuan tanpa madu (P0) menunjukkan hasil negatif mulai penyimpanan hari ke-0 sampai hari ke-15 pada seluruh ulangan. Kondisi ini kemungkinan dapat terjadi karena meskipun pH susu mengalami sedikit penurunan selama penyimpanan, nilainya masih berada jauh di atas titik isoelektrik kasein yang berada pada pH 4,6, sehingga kasein masih mampu mempertahankan kestabilan lapisan hidratnya. Hal ini sejalan dengan pendapat Sutrisna *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa hasil negatif pada uji alkohol menandakan kestabilan kasein susu masih baik sehingga tidak terjadi koagulasi protein. Berbeda dengan P0, penambahan madu klanceng pada susu pasteurisasi dengan konsentrasi 8% (P2) dan 12% (P3) menunjukkan hasil positif

secara keseluruhan sejak hari ke-0, yang ditandai dengan munculnya gumpalan pada dinding tabung.

Hasil uji alkohol untuk setiap perlakuan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Lampiran 3, di mana hasil negatif menunjukkan bahwa susu masih dalam kondisi yang baik dan belum mengalami kerusakan, seperti yang ditunjukkan oleh tidak adanya gumpalan pada permukaan tabung. Kondisi ini dapat terjadi karena protein susu tidak mengalami koagulasi atau penggumpalan saat bereaksi dengan alkohol. Hal itu sesuai dengan pendapat Sutrisna *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa hasil uji dapat dikatakan negatif menandakan bahwa kestabilan kasein susu masih baik sehingga tidak terjadi koagulasi protein yang mengakibatkan penggumpalan. Pada perlakuan P0, seluruh ulangan memberikan hasil negatif (100%) dari hari ke-0 hingga hari ke-15. Artinya, meskipun tanpa penambahan madu, sistem penyangga kasein dalam susu mampu mempertahankan stabilitasnya terhadap pemberian alkohol 70%.

Pada perlakuan P1 dengan konsentrasi madu 4%, hasil uji alkohol menunjukkan ketidakstabilan selama penyimpanan. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut, susu yang ditambah madu berada pada ambang batas stabilitas protein kasein sehingga menyebabkan susu menjadi menggumpal. Hal ini sejalan dengan pendapat Wijanarko *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa dengan memperhatikan prinsip pengujian alkohol, apabila kestabilan kasein susu dengan air menjadi renggang dan rendah mengakibatkan penggumpalan susu. Penggumpalan ini mencerminkan hasil positif pada uji alkohol, merupakan kontribusi langsung akibat penurunan pH akibat kandungan asam organik madu.

Madeira *et al.* (2025) menyatakan bahwa uji alkohol dengan konsentrasi 70% menyajikan petunjuk awal mengenai kestabilan protein, yang bisa dimanfaatkan sebagai indikator untuk mengevaluasi apakah susu masih aman untuk dikonsumsi atau tidak. Meskipun pada hari ke-15 seluruh ulangan P1 menunjukkan hasil positif, penggumpalan hanya terjadi saat susu direaksikan dengan alkohol, sedangkan secara fisik susu masih terlihat normal tanpa gumpalan dan layak untuk dikonsumsi. Hal ini sejalan dengan pendapat Oktafiyanti *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa koagulasi saat diuji dengan alkohol 70% yang disebabkan oleh faktor keasaman bahan tambahan bukan berarti susu sudah tidak aman dikonsumsi.

Hasil positif pada perlakuan penambahan madu P2 dan P3 bukan disebabkan oleh kerusakan mikrobiologis akibat pertumbuhan bakteri, melainkan oleh keasaman madu klanceng itu sendiri yang ditambahkan ke dalam susu. Hal ini juga terlihat pada uji reduktase yang menunjukkan hasil masih sangat baik atau prediksi bakteri 500.000 cfu/ mL (jika angka reduktase ≥ 5 jam) (Arjadi *et al.*, 2017). Madu klanceng memiliki pH yang rendah dan memiliki kandungan berbagai asam organik yang ketika ditambahkan pada susu akan meningkatkan konsentrasi ion hidrogen dalam campuran yang mengakibatkan pH susu mendekati titik isoelektrik kasein seperti yang sudah dibahas sebelumnya. Menurut Bandrio dan Windyasmara (2025) ketika pH rendah direaksikan dengan alkohol 70%, selubung air yang menyelimuti protein kasein menjadi gampang terlepas dan protein pun mengendap membentuk gumpalan. Hal ini juga sejalan dengan pendapat Sutrisna *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa pecahnya susu pada uji alkohol dapat terjadi karena tingginya kandungan asam. Hasil positif pada P2 dan P3 merupakan reaksi fisikokimiawi

akibat sifat asam madu, dan bukan mengartikan bahwa susu rusak yang diakibatkan oleh aktivitas bakteri.

Perlakuan P1 dengan penambahan madu klanceng 4% tetap menjadi pilihan paling optimal. Berdasarkan hasil uji kualitas hedonik dalam penelitian serupa, tingkat perlakuan dengan penambahan 4% madu juga memperoleh skor tingkat kesukaan tertinggi sebesar 3,89 dengan nilai rasa terbaik sebesar 4,86, lebih tinggi dibandingkan perlakuan 0% (3,26), 8% (3,54), dan 12% (2,91). Meskipun pada hasil uji alkohol dengan masa simpan yang sama menunjukkan ketidakstabilan protein ketika bereaksi dengan alkohol, penambahan 4% madu klanceng pada susu sapi pasteurisasi memberikan keseimbangan terbaik antara kualitas fisik dan penerimaan konsumen.

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penambahan madu klanceng dan lama penyimpanan berinteraksi nyata terhadap kualitas fisik susu sapi pasteurisasi yang meliputi nilai pH, waktu reduktase, dan uji alkohol. Madu klanceng menurunkan nilai pH susu sejak awal karena asam, tapi juga memperlambat penurunan pH selama masa simpan karena sifat antibakterinya. Seluruh perlakuan dengan penambahan madu mampu mempertahankan angka reduktase di atas 8 jam hingga penyimpanan hari ke-15. Berdasarkan hasil uji secara keseluruhan, penambahan madu klanceng 4% dipilih karena mempertahankan kualitas fisik dengan rasa yang tidak terlalu asam.

5.2. Saran

Penambahan madu klanceng sebanyak 4% dapat diaplikasikan sebagai pengawet alami pada produk susu sapi pasteurisasi, serta disarankan untuk penelitian lebih lanjut mengenai kualitas mikrobiologis sus untuk mendukung produksi yang lebih luas.