

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar CN, Rodríguez R, Gutiérrez-Sánchez G, *et al.* 2007. Microbial Tannases: Advances and Perspectives. *Applied Microbiology Biotechnology* 76: 47-59
- ALKaisy QH, Rahi AK. 2022. Desirable Physical and Rheological Properties of Yogurt Produced with A Traditional Starter Compared to Different Commercial Starters. *Journal of Hygienic Engineering Design* 41
- Amanda S, Setyawardani T, Sumarmono J. 2022. Pengaruh Penambahan Pektin terhadap Viskositas, Warna dan *Water Holding Capacity* Yoghurt Susu Sapi *Low Fat*. Presented at Prosiding Seminar Nasional Teknologi Agribisnis Peternakan (STAP)
- Andriyani D, Utami PI, Dhian BA. 2010. Penetapan Total tanin Daun Rambutan (*Nephelium lappaceum*.L) Secara Spektrofotometri Ultraviolet Visibel. *Pharmacy* 07: 1 - 11
- Ashari DS. 2008. Potensi Isolat Bakteri Asam Laktat dari Kubis dan Nenas sebagai Starter dalam Fermentasi Peaghurt. Skripsi. Universitas Nasional, Jakarta.
- Association Official Analytical Chemist (AOAC). 1990. Official Methods of Analysis Chemist. *Washington, USA: AOAC Inc(OAC)*.
- Awika JM, Rooney LW. 2004. Sorghum Phytochemicals and Their Potential Impact on Human Health. *Phytochemistry* 65: 1199-221
- Badan POM RI. 2005. Peraturan Kepala Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia Nomor HK. 00.05.52.0685 Tahun 2005 tentang Peraturan Teknis Ketentuan Pokok Pengawasan Pangan Fungsional.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2009. Syarat Mutu Yogurt (SNI 2981-2009).
- Buldo P, Benfeldt C, Folkenberg DM, *et al.* 2016. The Role of Exopolysaccharide-Producing Cultures and Whey Protein Ingredients in Yoghurt. *LWT-Food Science Technology* 72: 189-98

- Casarotti SN, Monteiro DA, Moretti MM, *et al.* 2014. Influence of The Combination of Probiotic Cultures During Fermentation and Storage of Fermented Milk. *Food Research International* 59: 67-75
- Chandan R, Shahani K. 1993. Dairy Science and Technology Handbook: Product Manufacturing. *Journal New York*
- Damodaran S. 2008. Amino Acids, Peptides and Proteins. In *Fennema's Food Chemistry*, pp. 425-39
- Djaafar T, Rahayu E. 2006. Karakteristik Yogurt dengan Inokulum *Lactobacillus* yang Diisolasi dari Makanan Fermentasi Tradisional. *Jurnal Agros* 8: 73-80
- Dostalova J, Kadlec P, Bernaskova J, *et al.* 2009. The Changes of α -Galactosides during Germination and High Pressure Treatment of Legume Seeds. *Food Science* 27: 76-9
- Fathurohman M, Aprillia AY, Pratita ATK, *et al.* 2020. Diversifikasi Produksi Susu Kedelai Berbasis Mikroalga Autotrofik Guna Meningkatkan Indeks Nutrasetikal. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 9: 70-6
- Fратиwi. 2008. Fermentasi Kefir dari Susu Kacang-Kacangan. Skripsi. Universitas Nasional, Jakarta.
- Fu W, Mathews A. 1999. Lactic Acid Production from Lactose by *Lactobacillus plantarum*: Kinetic Model and Effects of pH, Substrate, and Oxygen. *Biochemical Engineering Journal* 3: 163-70
- Functional Foods Center. 2015. Definition of Functional Food. In *Functional Food Center Inc.* Dallas, Amerika Serikat: Food Science Publisher
- Goldstein J, Swain T. 1965. The Inhibition of Enzymes by Tannins. *Phytochemistry* 4: 185-92
- Handayani MN, Wulandari P. 2016. Pengaruh Penambahan Berbagai Jenis Susu terhadap Karakteristik *Soyghurt*. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian* 10: 62-70
- Hendarto DR, Handayani AP, Esterelita E, *et al.* 2019. Mekanisme Biokimiawi dan Optimalisasi *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* dalam Pengolahan Yoghurt yang Berkualitas. *Journal Sains Dasar* 8: 13-9

- Herawati DA, Wibawa DAA. 2011. Pengaruh Konsentrasi Susu Skim dan Waktu Fermentasi terhadap Hasil Pembuatan Soyghurt. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan* 1: 452-329
- Hidayati D. 2010. Pola Pertumbuhan Bakteri Asam Laktat Selama Fermentasi Susu Kedelai. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian* 3: 72-6
- Huda M. 2016. Penentuan Aktivitas Glukosidase pada Fermentasi Sari Kedelai dengan Kultur Starter *Lactobacillus plantarum* B1765 *UNESA Journal of Chemistry* 5
- Jayanti S, Bintari SH, Iswari RS. 2015. Pengaruh Penambahan Konsentrasi Susu Sapi dan Waktu Fermentasi terhadap Kualitas Soyghurt. *Life Science* 4
- Jonathan H, Fitriawati I, Arief I, *et al.* 2022. Fisikokimia, Mikrobiologi dan Organoleptik Yogurt Probiotik dengan Penambahan Buah Merah (*Pandanus conodeous* L.). *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan* 10: 34-41
- Kanetro B. 2017. Teknologi Pengolahan dan Pangan Fungsional Kacang-Kacangan: Plantaxia
- Kharismawati M, Utami PI, Wahyuningrum R. 2009. Penetapan Total tanin dalam Infusa Daun Salam (*Syzygium polyanthum* (Wight.) Walp) secara Spektrofotometri Sinar Tampak. *Pharmacy* Vol.06: 22 - 7
- Kim KH, Choung JJ, Chamberlain DG. 1999. Effects of varying the degree of synchrony of energy and nitrogen release in the rumen on the synthesis of microbial protein in lactating dairy cows consuming a diet of grass silage and a cereal-based concentrate. *Journal of the Science of Food Agriculture* 79: 1441-7
- Koswara S. 2013. Kacang-Kacangan Sumber Serat yang Kaya Gizi.
- Labiba NM, Marjan AQ, Nasrullah N. 2020. Pengembangan Soyghurt (Yoghurt Susu Kacang Kedelai) sebagai Minuman Probiotik Tinggi Isoflavon *Amerta Nutrition* 4: 244-9
- Layadi N, Sedyandini P, Soetaredjo FE. 2017. Pengaruh Waktu Simpan terhadap Kualitas Soyghurt dengan Penambahan Gula dan Stabiliser. *Widya Teknik* 8: 1-11
- Lee W-J, Lucey J. 2010. Formation and Physical Properties of Yogurt. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 23: 1127-36

- Li S, Chen J, Hao X, *et al.* 2024. A Systematic Review of Black Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.): Nutritional Composition, Bioactive Compounds, Health Benefits, and Processing to Application. *Journal Food Frontiers* 5: 1188-211
- Lin DC. 2003. Probiotics as Functional Foods. *Nutrition in Clinical Practice* 18: 497-506
- Malangngi L, Sangi M, Paendong J. 2012. Penentuan Kandungan Tanin dan Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Buah Alpukat (*Persea americana* Mill.). *Jurnal Mipa* 1: 5-10
- Mulyani E, Herlina H, Suci K. 2022. Penetapan Total tanin Ekstrak Daun Pagoda (*Clerodendrum Paniculatum*) dengan Metode Spektrofotometri Visible dan Titrasi Permanganometri. *Lambung Farmasi: Jurnal Ilmu Kefarmasian* 3: 7-11
- Murphy PA. 2008. Soybean Proteins. In *Soybeans*, pp. 229-67: Elsevier
- Nizori A, Suwita V, Surhaini M, *et al.* 2008. Pembuatan Soyghurt Sinbiotik sebagai Makanan Fungsional dengan Penambahan Kultur Campuran *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus acidophilus*. *Journal of Agroindustrial Technology* 18
- Noer S, Pratiwi RD, Gresinta E, *et al.* 2018. Penetapan Kadar Senyawa Fitokimia (Tanin, Saponin dan Flavonoid) sebagai Kuersetin pada Ekstrak Daun Inggau (*Ruta angustifolia* L.). *Jurnal Eksakta* 18: 19-29
- Oriabinska L, Dziuba O, Dugan O. 2018. *Lactobacillus* as Producers of Extracellular Tannase. *Biotechnologia Acta* 11: 65-73
- Pato U. 2003. Potensi Bakteri Asam Laktat yang Diisolasi dari Dadih untuk Menurunkan Resiko Penyakit Kanker. *Jurnal Natur Indonesia* 5: 162-6
- Punia S, Dhull SB, Sandhu KS, *et al.* 2020. Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris*) Starch: A Review. *Journal Legume Science* 2: e52
- Putri A. 2019. Potensi Bakteri Asam Laktat Asal Asinan dalam Fermentasi Susu Jagung dan Susu Kedelai. Skripsi. Universitas Nasional, Jakarta.
- Rahmaeti T. 2018. Potensi Isolat Bakteri Asam Laktat dari Asinan dalam Fermentasi *Fruitghurt* Sari Kulit Pisang Ambon dan Uli. Skripsi. Universitas Nasional, Jakarta.

- Rahmati F, Koocheki A, Varidi M, *et al.* 2017. Structural and Functional Properties of Three Genotypes of Common Bean Proteins (*Phaseolus vulgaris*).
- Ranjana S, Shweta SNH. 2016. Nutritional and Quality Attributes of Fortified Soy Yogurt Prepared by Using Probiotic Food Grade Lactic Acid Bacteria. *Indian Journal Dairy Science* 69: 4
- Rauf R, Sarbini D. 2012. Pengaruh Bahan Penstabil Terhadap Sifat Fisiko-kimia Yoghurt yang Dibuat dari Tepung Kedelai Rendah Lemak Presented at Prosiding Seminar Biologi
- Rodríguez H, de las Rivas B, Gómez-Cordovés C, *et al.* 2008. Characterization of Tannase Activity in Cell-Free Extracts of *Lactobacillus plantarum* CECT 748T. *International Journal of Food Microbiology* 121: 92-8
- Salahudin F, Utomo PP. 2012. Pengurangan Rafinosa dan Stakiosa Oleh *Rhizopus oryzae* dan *Lactobacillus plantarum* pada Fermentasi Kedelai. *Biopropal Industri* 3: 71-5
- Sasaki Y, Horiuchi H, Kawashima H, *et al.* 2014. NADH Oxidase of *Streptococcus thermophilus* 1131 Is Required for The Effective Yogurt Fermentation with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* 2038. *Bioscience of Microbiota, Food Health* 33: 31-40
- Sembiring FS, Ali A, Rossi E. 2019. Variasi Lama Fermentasi terhadap Mutu Mikrobiologis dan Viskositas *Soyghurt* menggunakan *Lactobacillus plantarum* IDY L-20. *Jurnal Sagu* 18: 34-9
- Setianto YC, Pramono YB, Mulyani S. 2016. Nilai pH, Viskositas, dan Tekstur Yoghurt Drink dengan Penambahan Ekstrak Salak Pondoh (*Salacca zalacca*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 3
- Setiarto RHB, Widhyastuti N. 2017. Penurunan Total tanin dan Asam Fitat pada Tepung Sorgum melalui Fermentasi *Rhizopus oligosporus*, *Lactobacillus plantarum* dan *Saccharomyces cerevisiae*. *Berita Biologi* 15: 149-57
- Settachaimongkon S, Nout MR, Fernandes ECA, *et al.* 2014. Influence of Different Proteolytic Strains of *Streptococcus thermophilus* in Co-Culture with *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* on The Metabolite Profile of Set-Yoghurt. *International Journal of Food Microbiology* 177: 29-36

- Sharma K, Kumar V, Kaur J, *et al.* 2021. Health Effects, Sources, Utilization and Safety of Tannins: A Critical Review. *Toxin Reviews* 40: 432-44
- Sharma R. 2016. Nutritional and Quality Attributes of Fortified Soy Yogurt Prepared by Using Probiotic Food Grade Lactic Acid Bacteria. *Indian Journal of Dairy Science* 69
- Sieuwerds S. 2016. Microbial Interactions in The Yoghurt Consortium: Current Status and Product Implications. *SOJ Microbiology Infectious Diseases* 4: 01-5
- Suhartini S, Padaga CM, Hidayat N. 2006. Mikrobiologi Industri. Yogyakarta: Penerbit ANDI
- Tamime AY, Robinson RK. 1985. Yoghurt: Science and Technology
- Thiering R, Hofland G, Foster N, *et al.* 2001. Carbon Dioxide Induced Soybean Protein Precipitation: Protein Fractionation, Particle Aggregation, and Continuous Operation. *Biotechnology Progress* 17: 513-21
- Thompson SC, Ford AL, Moothedan EJ, *et al.* 2023. Identification of food and nutrient components as predictors of Lactobacillus colonization. *Frontiers in Nutrition* 10: 1118679
- Tim Update TKPI Kemenkes. 2018. Tabel Komposisi Pangan Indonesia (TKPI) 2017. 1 - 127
- Wachidah LN. 2013. Uji Aktivitas Antioksidan serta Penentuan Kandungan Fenolat dan Flavonoid Total dari Buah Parijoto (*Medinilla speciosa* Blume). Skripsi. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah
- Wardani IR, Wardani AK. 2014. Eksplorasi Potensi Kedelai Hitam untuk Produksi Minuman Fungsional sebagai Upaya Meningkatkan Kesehatan Masyarakat. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* 2: 58-67
- Waste Minimization Opportunity Assessment Manual. 1988. United States Environmental Protection Agency. *Government Institutes Inc*: 1-5
- Xu B, Chang SK. 2008. Total Phenolics, Phenolic Acids, Isoflavones, and Anthocyanins and Antioxidant Properties of Yellow and Black Soybeans as Affected by Thermal Processing. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 56: 7165-75

- Yu H-Y, Wang L, McCarthy KL. 2016. Characterization of Yogurts Made with Milk Solids Nonfat by Rheological Behavior and Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *Journal of Food Drug Analysis* 24: 804-12
- Yulia N, Wibowo A, Kosasih ED. 2020. Karakteristik Minuman Probiotik Sari Ubi Kayu dari Kultur Bakteri *Lactobacillus acidophilus* dan *Streptococcus thermophilus*. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*: 87-94
- Yulneriwarni. 2007. Penuntun Praktikum Mikrobiologi Industri: Mikrobial Industri Pangan Universitas Nasional: Fakultas Biologi Universitas Nasional
- Yusmarini ER, Efendi R. 2004. Evaluasi Mutu Soygurt yang Dibuat dengan Penambahan Beberapa Jenis Gula. *Jurnal Natur Indonesia* 6: 104-10
- Zannini E, Waters DM, Coffey A, *et al.* 2016. Production, Properties, and Industrial Food Application of Lactic Acid Bacteria-Derived Exopolysaccharides. *Applied Microbiology Biotechnology* 100: 1121-35

LAMPIRAN I GAMBAR LAMPIRAN



Gambar Lampiran 1. Starter BAL
Lactobacillus plantarum, *Streptococcus thermophilus*, dan *Lactobacillus bulgaricus*



Gambar Lampiran 2. Kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam



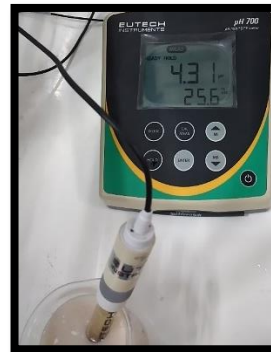
Gambar Lampiran 3. Susu kacang merah (K₁), susu kedelai hitam (K₂), dan susu kedelai kuning (K₃) sebelum fermentasi



Gambar Lampiran 4. Hasil fermentasi *peaghurt* dengan perbedaan perlakuan kombinasi jenis starter BAL dan jenis susu kacang



Gambar Lampiran 5. Hasil kadar asam laktat *peaghurt* dengan perbedaan perlakuan kombinasi jenis starter BAL dan jenis susu kacang setelah dititrasi dengan NaOH 0,1 N



Gambar Lampiran 6. Pengukuran pH *peaghurt* dengan pH meter



Gambar Lampiran 7. Pengukuran viskositas *peaghurt* dengan viskometer Brookfield LV



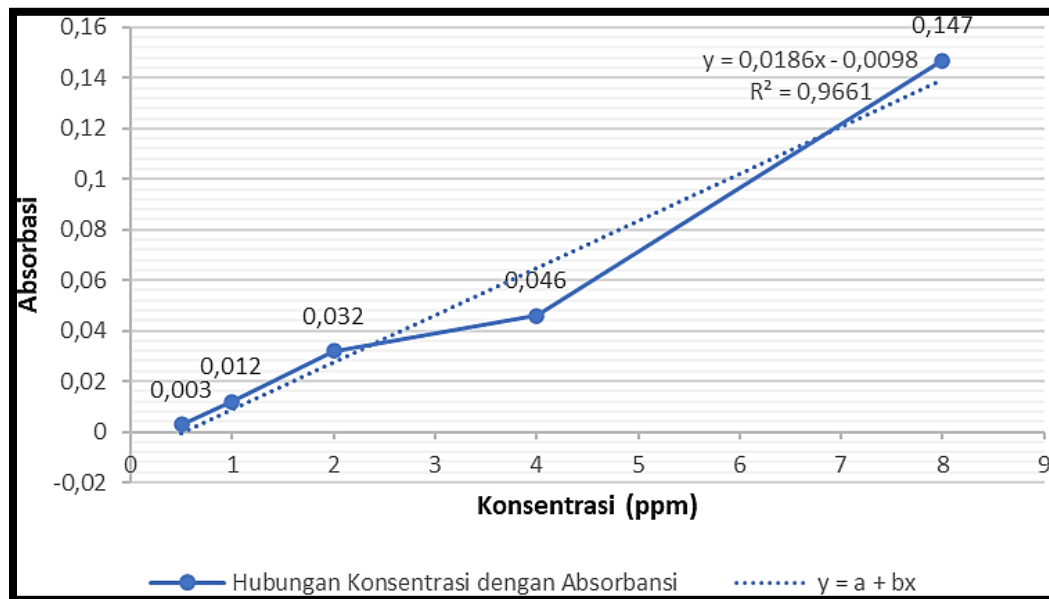
Gambar Lampiran 8. Deret standar asam tanat 0,5 ppm, 1 ppm, 2 ppm, 4 ppm, 8 ppm



Gambar Lampiran 9. Larutan sampel uji tanin



Gambar Lampiran 10. Pengukuran nilai absorbansi dengan spektrofotometer UV-Vis



Gambar Lampiran 11. Kurva deret standar asam tanat

LAMPIRAN II TABEL LAMPIRAN

Tabel Lampiran 1. Hasil analisis kadar asam laktat *peaghurt* (%)

Perlakuan		Ulangan			Rataan
Kombinasi Starter Bakteri	Jenis susu Kacang	I	II	III	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	Kacang Merah (K1)	0,41	0,45	0,47	0,44
	Kedelai Hitam (K2)	0,63	0,59	0,52	0,58
	Kedelai kuning (K3)	0,63	0,54	0,5	0,56
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	Kacang Merah (K1)	1,28	1,26	1,22	1,25
	Kedelai Hitam (K2)	1,71	1,46	1,53	1,57
	Kedelai kuning (K3)	1,44	1,42	1,35	1,40
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	Kacang Merah (K1)	0,77	0,72	0,74	0,74
	Kedelai Hitam (K2)	1,06	1,04	1,01	1,04
	Kedelai kuning (K3)	0,99	0,95	0,92	0,95
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> + <i>S. thermophilus</i> (A4)	Kacang Merah (K1)	0,81	0,77	0,9	0,83
	Kedelai Hitam (K2)	1,15	1,19	1,17	1,17
	Kedelai kuning (K3)	1,13	1,1	1,08	1,10

Tabel Lampiran 2. Hasil analisis pH *peaghurt*

Perlakuan		Ulangan			Rataan
Kombinasi Starter Bakteri	Jenis susu Kacang	I	II	III	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	Kacang Merah (K1)	4,50	4,46	4,40	4,45
	Kedelai Hitam (K2)	4,11	4,24	4,31	4,22
	Kedelai kuning (K3)	4,14	4,26	4,33	4,24
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	Kacang Merah (K1)	3,34	3,35	3,40	3,36
	Kedelai Hitam (K2)	3,26	3,29	3,28	3,28
	Kedelai kuning (K3)	3,30	3,31	3,32	3,31
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	Kacang Merah (K1)	3,80	3,82	3,86	3,83
	Kedelai Hitam (K2)	3,53	3,54	3,55	3,54
	Kedelai kuning (K3)	3,56	3,63	3,68	3,62
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> + <i>S. thermophilus</i> (A4)	Kacang Merah (K1)	3,78	3,79	3,76	3,78
	Kedelai Hitam (K2)	3,47	3,45	3,46	3,46
	Kedelai kuning (K3)	3,49	3,5	3,52	3,50

Tabel Lampiran 3. Hasil analisis viskositas *peaghurt* (Cp)

Perlakuan		Ulangan			Rataan
Kombinasi Starter Bakteri	Jenis susu Kacang	I	II	III	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	Kacang Merah (K1)	110	120	150	126,67
	Kedelai Hitam (K2)	250	210	170	210,00
	Kedelai kuning (K3)	240	200	160	200,00
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	Kacang Merah (K1)	680	680	650	670,00
	Kedelai Hitam (K2)	770	730	730	743,33
	Kedelai kuning (K3)	730	700	700	710,00
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	Kacang Merah (K1)	320	300	290	303,33
	Kedelai Hitam (K2)	500	500	480	493,33
	Kedelai kuning (K3)	480	470	430	460,00
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> + <i>S. thermophilus</i> (A4)	Kacang Merah (K1)	410	410	420	413,33
	Kedelai Hitam (K2)	600	640	640	626,67
	Kedelai kuning (K3)	520	520	500	513,33

Tabel Lampiran 4. Hasil analisis total tanin *peaghurt* (mg/g)

Perlakuan		Ulangan			Rataan
Kombinasi Starter Bakteri	Jenis susu Kacang	I	II	III	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	Kacang Merah (K1)	11,76	9,18	15,19	12,04
	Kedelai Hitam (K2)	21,41	17,98	25,06	21,48
	Kedelai kuning (K3)	8,11	5,32	6,39	6,61
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	Kacang Merah (K1)	10,25	8,11	13,47	10,61
	Kedelai Hitam (K2)	18,62	15,83	21,63	18,69
	Kedelai kuning (K3)	6,82	4,46	5,32	5,53
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	Kacang Merah (K1)	9,18	7,25	11,97	9,47
	Kedelai Hitam (K2)	16,48	13,69	19,05	16,41
	Kedelai kuning (K3)	5,75	3,82	4,68	4,75
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> + <i>S. thermophilus</i> (A4)	Kacang Merah (K1)	7,68	5,96	10,04	7,89
	Kedelai Hitam (K2)	13,69	11,54	16,05	13,76
	Kedelai kuning (K3)	5,10	3,39	4,25	4,25

Tabel Lampiran 5. Penurunan total tanin *peaghurt* (%)

Perlakuan		Ulangan			Rataan
Kombinasi Starter Bakteri	Jenis susu Kacang	I	II	III	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	Kacang Merah (K1)	12,75	12,22	13,40	12,79
	Kedelai Hitam (K2)	13,82	13,36	13,35	13,51
	Kedelai kuning (K3)	15,60	16,78	16,72	16,37
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	Kacang Merah (K1)	23,88	22,48	23,19	23,18
	Kedelai Hitam (K2)	25,04	23,70	25,22	24,65
	Kedelai kuning (K3)	29,00	30,21	30,70	29,97
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	Kacang Merah (K1)	31,85	30,68	31,75	31,43
	Kedelai Hitam (K2)	33,68	34,04	34,12	33,95
	Kedelai kuning (K3)	40,17	40,28	39,09	39,85
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> + <i>S. thermophilus</i> (A4)	Kacang Merah (K1)	43,00	42,99	42,76	42,92
	Kedelai Hitam (K2)	44,91	44,38	44,51	44,60
	Kedelai kuning (K3)	46,87	46,99	44,68	46,18

Tabel Lampiran 6. Pengukuran absorbansi kurva standar asam tanat

No.	Konsentrasi (x)	Absorbansi (y)	Persamaan Regresi Linear
1.	0,05 ppm	0,003	$Y = -0,0098 + 0,0186x$
2.	1 ppm	0,012	
3.	2 ppm	0,032	
4.	4 ppm	0,046	
5.	8 ppm	0,147	

Tabel Lampiran 7. Hasil analisis total nilai rata-rata dan standar deviasi total tanin sebelum dan sesudah fermentasi

		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Total tanin Sebelum Fermentasi (mg/g)	15,5044	36	7,60060	1,26677
	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	10,9578	36	5,82614	0,97102

Tabel Lampiran 8. Hasil analisis uji T Berpasangan antara total tanin sebelum dan sesudah fermentasi

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	Total tanin Sebelum Fermentasi (mg/g) - Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	4,54667	2,91622	0,48604	3,55996	5,53337	9,355	35	0,000

Tabel Lampiran 9. Hasil analisis sidik ragam MANOVA Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial *peaghurt*

Effect		Values	F	Hypothesis df	Error df	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Pillai's Trace	1,000	298857,174 ^b	5,000	20,000	0,000	1,000
	Wilks' Lambda	0,000	298857,174 ^b	5,000	20,000	0,000	1,000
	Hotelling's Trace	74714,293	298857,174 ^b	5,000	20,000	0,000	1,000
	Roy's Largest Root	74714,293	298857,174 ^b	5,000	20,000	0,000	1,000
Kombinasi_Starter_BAL	Pillai's Trace	2,886	111,286	15,000	66,000	0,000	0,962
	Wilks' Lambda	0,000	389,548	15,000	55,613	0,000	0,986
	Hotelling's Trace	556,014	691,929	15,000	56,000	0,000	0,995
	Roy's Largest Root	463,959	2041,418 ^c	5,000	22,000	0,000	0,998
Jenis_Susu_Kacang	Pillai's Trace	1,897	76,990	10,000	42,000	0,000	0,948
	Wilks' Lambda	0,002	77,548 ^b	10,000	40,000	0,000	0,951
	Hotelling's Trace	41,001	77,902	10,000	38,000	0,000	0,953
	Roy's Largest Root	27,330	114,788 ^c	5,000	21,000	0,000	0,965
Kombinasi_Starter_BAL * Jenis_Susu_Kacang	Pillai's Trace	2,341	3,521	30,000	120,000	0,000	0,468
	Wilks' Lambda	0,010	5,959	30,000	82,000	0,000	0,604
	Hotelling's Trace	14,353	8,803	30,000	92,000	0,000	0,742
	Roy's Largest Root	10,711	42,843 ^c	6,000	24,000	0,000	0,915

a. Design: Intercept + Kombinasi_Jenis_Starter + Jenis_Susu_Kacang + Kombinasi_Jenis_Starter * Jenis_Susu_Kacang

b. Exact statistic

c. The statistic is an upper bound on F that yields a lower bound on the significance level.

Tabel Lampiran 10. Hasil analisis Korelasi *Pearson* antara variabel - variabel dependen fisikokimia *peaghurt*

		Kadar Asam Laktat (%)	pH	Viskositas (Cp)	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	Penurunan Total tanin (%)
Kadar Asam Laktat (%)	Pearson Correlation	1	-0,952**	0,983**	0,013	0,406*
	Sig. (2-tailed)		0,000	0,000	0,940	0,014
	N	36	36	36	36	36

		Kadar Asam Laktat (%)	pH	Viskositas (Cp)	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	Penurunan Total tanin (%)
pH	Pearson Correlation	-0,952**	1	-0,970**	0,103	-0,594**
	Sig. (2-tailed)	0,000		0,000	0,550	0,000
	N	36	36	36	36	36
Viskositas (Cp)	Pearson Correlation	0,983**	-0,970**	1	-0,033	0,468**
	Sig. (2-tailed)	0,000	0,000		0,849	0,004
	N	36	36	36	36	36
Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	Pearson Correlation	0,013	0,103	-0,033	1	-0,401*
	Sig. (2-tailed)	0,940	0,550	0,849		0,015
	N	36	36	36	36	36
Penurunan Total tanin (%)	Pearson Correlation	0,406*	-0,594**	0,468**	-0,401*	1
	Sig. (2-tailed)	0,014	0,000	0,004	0,015	
	N	36	36	36	36	36

** . Correlation is significant at the 0,01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0,05 level (2-tailed).

Tabel Lampiran 11. Hasil analisis sidik ragam ANOVA Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial *peaghurt*

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	Kadar Asam Laktat (%)	4,076 ^a	11	0,371	122,733	0,000	0,983
	Viskositas (Cp)	1459008,333 ^b	11	132637,121	243,619	0,000	0,991
	pH	5,173 ^c	11	0,470	196,847	0,000	0,989
	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	1059,045 ^d	11	96,277	17,913	0,000	0,891
	Penurunan Total tanin (%)	4756,413 ^e	11	432,401	942,929	0,000	0,998
Intercept	Kadar Asam Laktat (%)	33,853	1	33,853	11211,666	0,000	0,998
	Viskositas (Cp)	7480225,000	1	7480225,000	13739,189	0,000	0,998
	pH	497,216	1	497,216	208136,792	0,000	1,000
	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	4322,624	1	4322,624	804,268	0,000	0,971
	Penurunan Total tanin (%)	32289,694	1	32289,694	70413,541	0,000	1,000
Kombinasi_Starter_BAL	Kadar Asam Laktat (%)	3,561	3	1,187	393,125	0,000	0,980
	Viskositas (Cp)	1308386,111	3	436128,704	801,053	0,000	0,990
	pH	4,755	3	1,585	663,462	0,000	0,988
	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	110,252	3	36,751	6,838	0,002	0,461
	Penurunan Total tanin (%)	4530,390	3	1510,130	3293,113	0,000	0,998
Jenis_Susu_Kacang	Kadar Asam Laktat (%)	0,464	2	0,232	76,864	0,000	0,865
	Viskositas (Cp)	121650,000	2	60825,000	111,719	0,000	0,903
	pH	0,358	2	0,179	75,022	0,000	0,862
	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	924,383	2	462,192	85,995	0,000	0,878
	Penurunan Total tanin (%)	193,037	2	96,518	210,476	0,000	0,946
Kombinasi_Starter_BAL * Jenis_Susu_Kacang	Kadar Asam Laktat (%)	0,051	6	0,009	2,826	0,032	0,414
	Viskositas (Cp)	28972,222	6	4828,704	8,869	0,000	0,689
	pH	0,059	6	0,010	4,148	0,005	0,509

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Error	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	24,409	6	4,068	0,757	0,610	0,159
	Penurunan Total tanin (%)	32,986	6	5,498	11,989	0,000	0,750
	Kadar Asam Laktat (%)	0,072	24	0,003			
	Viskositas (Cp)	13066,667	24	544,444			
	pH	0,057	24	0,002			
Total	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	128,991	24	5,375			
	Penurunan Total tanin (%)	11,006	24	0,459			
	Kadar Asam Laktat (%)	38,002	36				
	Viskositas (Cp)	8952300,000	36				
	pH	502,446	36				
Corrected Total	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	5510,659	36				
	Penurunan Total tanin (%)	37057,113	36				
	Kadar Asam Laktat (%)	4,149	35				
	Viskositas (Cp)	1472075,000	35				
	pH	5,230	35				
	Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)	1188,035	35				
	Penurunan Total tanin (%)	4767,419	35				

a. R Squared = 0,983 (Adjusted R Squared = 0,975)

b. R Squared = 0,991 (Adjusted R Squared = 0,987)

c. R Squared = 0,989 (Adjusted R Squared = 0,984)

d. R Squared = 0,891 (Adjusted R Squared = 0,842)

e. R Squared = 0,998 (Adjusted R Squared = 0,997)

Tabel Lampiran 12. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan kombinasi jenis starter BAL terhadap kadar asam laktat *peaghurt*

		Kadar Asam Laktat (%)			
Kombinasi Jenis Starter (A)	N	Subset			
		1	2	3	4
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	9	0,5267			
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	9		0,9111		
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4)	9			1,0333	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	9				1,4078

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 0,003.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = 0,05

Tabel Lampiran 13. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan jenis susu kacang terhadap kadar asam laktat *peaghurt*

Kadar Asam Laktat (%)				
Jenis Susu Kacang (K)	N	Subset		
		1	2	3
Kacang Merah (K1)	12	0,8167		
Kedelai kuning (K3)	12		1,0042	
Kedelai Hitam (K2)	12			1,0883

Based on observed means. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.
The error term is Mean Square (Error) = 0,003. b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 14. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada interaksi antara kombinasi jenis starter BAL dengan jenis susu kacang terhadap kadar asam laktat *peaghurt*

Kadar Asam Laktat (%)									
Interaksi	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kacang Merah (K1)	3	0,4433							
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai kuning (K3)	3	0,5567							
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai Hitam (K2)	3	0,5800							
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kacang Merah (K1)	3		0,7433						
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kacang Merah (K1)	3		0,8267	0,8267					
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai kuning (K3)	3			0,9533	0,9533				
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai Hitam (K2)	3				1,0367	1,0367			
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai kuning (K3)	3				1,1033	1,1033	1,1033		
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai Hitam (K2)	3					1,1700	1,1700		
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kacang Merah (K1)	3						1,2533	1,2533	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai kuning (K3)	3							1,4033	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai Hitam (K2)	3								1,5667

Based on observed means. a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.
The error term is Mean Square(Error) = 0,003. b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 15. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan kombinasi jenis starter BAL terhadap pH *peaghurt*

Kombinasi Jenis Starter (A)	N	pH			
		Subset			
		1	2	3	4
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	9	3,3167			
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4)	9		3,5800		
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	9			3,6633	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	9				4,3056

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 0,002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 16. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan jenis susu kacang terhadap pH *peaghurt*

Jenis Susu Kacang (K)	N	pH	
		Subset	
		1	2
Kedelai Hitam (K2)	12	3,6242	
Kedelai kuning (K3)	12	3,6700	
Kacang Merah (K1)	12		3,8550

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 0,002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000. b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 17. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada interaksi antara kombinasi jenis starter BAL dengan jenis susu kacang terhadap pH *peaghurt*

Interaksi	N	pH						
		Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai Hitam (K2)	3	3,2767						
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai kuning (K3)	3	3,3100						
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kacang Merah (K1)	3	3,3633	3,3633					

Interaksi	N	Subset						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai Hitam (K2)	3		3,4600	3,4600				
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai kuning (K3)	3		3,5033	3,5033	3,5033			
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai Hitam (K2)	3			3,5400	3,5400			
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai kuning (K3)	3				3,6233			
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kacang Merah (K1)	3					3,7767		
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kacang Merah (K1)	3					3,8267		
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai Hitam (K2)	3						4,2200	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai kuning (K3)	3						4,2433	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kacang Merah (K1)	3							4,4533

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 0,002.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 18. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan kombinasi jenis starter BAL terhadap viskositas *peaghurt*

Viskositas (Cp)					
Kombinasi Jenis Starter (A)	N	Subset			
		1	2	3	4
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	9	178,89			
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	9		418,89		
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4)	9			517,78	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	9				707,78

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 544,444.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 19. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan jenis susu kacang terhadap viskositas *peaghurt*

Jenis Susu Kacang (K)	N	Viskositas (Cp)		
		Subset		
		1	2	3
Kacang Merah (K1)	12	378,33		
Kedelai kuning (K3)	12		470,83	
Kedelai Hitam (K2)	12			518,33

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 544,444.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 20. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada interaksi antara kombinasi jenis starter BAL dengan jenis susu kacang terhadap viskositas *peaghurt*

Interaksi	N	Viskositas (Cp)							
		Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kacang Merah (K1)	3	126,67							
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai kuning (K3)	3		200,00						
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai Hitam (K2)	3		210,00						
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kacang Merah (K1)	3			303,33					
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kacang Merah (K1)	3				413,33				
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai kuning (K3)	3				460,00	460,00			
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai Hitam (K2)	3					493,33			
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai kuning (K3)	3					513,33			
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai Hitam (K2)	3						626,67		
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kacang Merah (K1)	3						670,00	670,00	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai kuning (K3)	3							710,00	710,00

Interaksi	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai Hitam (K2)	3								743,33

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 544,444.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 21. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan kombinasi jenis starter BAL terhadap total tanin *peaghurt*

Total tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)

Kombinasi Jenis Starter (A)	N	Subset	
		1	2
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4)	9	8,6333	
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	9	10,2078	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	9	11,6122	11,6122
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	9		13,3778

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 5,375.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 22. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan jenis susu kacang terhadap total tanin *peaghurt*

Total Tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)

Jenis Susu Kacang (K)	N	Subset		
		1	2	3
Kedelai kuning (K3)	12	5,2842		
Kacang Merah (K1)	12		10,0033	
Kedelai Hitam (K2)	12			17,5858

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 5,375.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 23. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada interaksi antara kombinasi jenis starter BAL dengan jenis susu kacang terhadap total tanin *peaghurt*

Total Tanin Sesudah Fermentasi (mg/g)							
Interaksi	N	Subset					
		1	2	3	4	5	6
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai kuning (K3)	3	4,2467					
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai kuning (K3)	3	4,7500					
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai kuning (K3)	3	5,5333	5,5333				
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai kuning (K3)	3	6,6067	6,6067				
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kacang Merah (K1)	3	7,8933	7,8933	7,8933			
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kacang Merah (K1)	3	9,4667	9,4667	9,4667			
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kacang Merah (K1)	3	10,6100	10,6100	10,6100	10,6100		
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kacang Merah (K1)	3		12,0433	12,0433	12,0433	12,0433	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai Hitam (K2)	3			13,7600	13,7600	13,7600	
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai Hitam (K2)	3				16,4067	16,4067	16,4067
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai Hitam (K2)	3					18,6933	18,6933
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai Hitam (K2)	3						21,4833

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 5,375.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 24. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan kombinasi jenis starter BAL terhadap penurunan total tanin *peaghurt*

Penurunan Total tanin (%)					
Kombinasi Jenis Starter (A)	N	Subset			
		1	2	3	4
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1)	9	14,2211			
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2)	9		25,9356		
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3)	9			35,0733	
	57				

Kombinasi Jenis Starter (A)	N	Subset			
		1	2	3	4
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4)	9				44,5656

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 0,459.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 9,000.

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 25. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* pada perlakuan jenis susu kacang terhadap penurunan total tanin *peaghurt*

Penurunan Total tanin (%)				
Jenis Susu Kacang (K)	N	Subset		
		1	2	3
Kacang Merah (K1)	12	27,5783		
Kedelai Hitam (K2)	12		29,1775	
Kedelai kuning (K3)	12			33,0908

Based on observed means.

The error term is Mean Square (Error) = 0,459.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 12,000.

b. Alpha = 0,05.

Tabel Lampiran 26. Hasil analisis uji beda lanjut *Tukey* interaksi antara kombinasi jenis starter BAL dengan jenis susu kacang terhadap penurunan total tanin *peaghurt*

Penurunan Total tanin (%)									
Interaksi	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kacang Merah (K1)	3	12,7867							
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai Hitam (K2)	3	13,5100							
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A1) - Kedelai kuning (K3)	3		16,3667						
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kacang Merah (K1)	3			23,1833					
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai Hitam (K2)	3			24,6533					
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A2) - Kedelai kuning (K3)	3				29,9700				
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kacang Merah (K1)	3				31,4267				
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai Hitam (K2)	3					33,9467			

Interaksi	N	Subset							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A3) - Kedelai kuning (K3)	3						39,8467		
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kacang Merah (K1)	3							42,9167	
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai Hitam (K2)	3							44,6000	44,6000
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A4) - Kedelai kuning (K3)	3								46,1800

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 0,459.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

b. Alpha = 0,05.

PAPER NAME

Kualitas Fisikokimia Peaghurt Kacang Merah, Kedelai Kuning, dan Kedelai Hitam Menggunakan Kombinasi

AUTHOR

Fathimah Azzahra Noorhadi

WORD COUNT

8660 Words

CHARACTER COUNT

53505 Characters

PAGE COUNT

36 Pages

FILE SIZE

301.4KB

SUBMISSION DATE

Feb 21, 2025 9:12 AM GMT+7

REPORT DATE

Feb 21, 2025 9:13 AM GMT+7

● **19% Overall Similarity**

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

- 17% Internet database
- 7% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 13% Submitted Works database

● **Excluded from Similarity Report**

- Small Matches (Less than 8 words)

PROGRAM STUDI SARJANA BIOLOGI UNIVERSITAS NASIONAL

Skripsi, Jakarta Februari 2025

Fathimah Azzahra Noorhadi

KUALITAS FISIKOKIMIA *PEAGHURT* KACANG MERAH, KEDELAI KUNING, DAN KEDELAI HITAM MENGGUNAKAN KOMBINASI STARTER *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, DAN *Streptococcus thermophilus* SEBAGAI PANGAN FUNGSIONAL

ix + 59 halaman, 4 tabel, 6 gambar, 37 lampiran

Salah satu upaya dalam meningkatkan pemanfaatan kacang-kacangan yang sudah dibudidaya secara lokal (kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam) yaitu diolah melalui proses fermentasi. *Peaghurt* merupakan produk hasil fermentasi susu kacang yang melibatkan aktivitas BAL sehingga menyebabkan perubahan signifikan pada karakteristik fisikokimia, sensorik, dan mikrobiologis susu kacang. Kombinasi umum starter BAL untuk fermentasi susu, yaitu: *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Namun, sampai saat ini, belum diketahui kemampuan kombinasi starter *Lactobacillus plantarum*, *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* dalam memproduksi asam laktat pada fermentasi susu dari kacang merah, kedelai hitam, dan kedelai kuning, sehingga penelitian bertujuan untuk mengetahui dan membandingkan pengaruh kemampuan setiap kombinasi starter BAL *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Streptococcus thermophilus* dalam fermentasi susu sari kacang merah, susu sari kedelai hitam, dan susu sari kedelai kuning terhadap kualitas fisikokimia *peaghurt*. Proses fermentasi dilakukan dengan inokulasi starter sebanyak 2% dan inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial. Parameter fisikokimia yang dianalisis adalah kadar asam laktat, pH, viskositas, dan total tanin. Data yang diperoleh dianalisis dengan MANOVA, dan uji lanjut dengan Tukey. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *peaghurt* dengan kualitas fisikokimia terbaik diperoleh dari *peaghurt* kedelai hitam dengan kombinasi starter BAL *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus plantarum* (A_2K_2). *Peaghurt* A_2K_2 ini memiliki kadar asam laktat sebesar 1,57%; pH 3,28; viskositas 743,33 Cp; total tanin 18,69 mg/g; dan penurunan total tanin sebesar 24,65% setelah fermentasi.

Kata kunci : *fisikokimia, nutrisi kacang-kacangan, pangan fungsional, soyghurt, starter BAL*

Daftar bacaan : 72 (1965-2024)

BAB 1 PENDAHULUAN

Sebagai negara yang kaya akan sumber daya alam, Indonesia memiliki potensi pangan lokal dari berbagai jenis kacang – kacangan yang dapat meningkatkan nutrisi dalam pola makan harian. Kacang – kacangan merupakan salah satu bahan makanan sumber protein dengan nilai gizi yang tinggi, yaitu 20 – 25 g/100 g, vitamin B, mineral, dan serat (Dostalova *et al.*, 2009).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengangkat kacang-kacangan lokal Indonesia, tetapi hasilnya masih belum dapat disejajarkan dengan kedelai kuning (Koswara, 2013). Pemanfaatan kacang – kacangan lokal (seperti: kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam) perlu ditingkatkan dalam bentuk sumber pangan lain yang diolah melalui proses fermentasi seperti *peaghurt*, sebagai pangan fungsional yang menjadi alternatif sumber protein nabati dalam memenuhi kebutuhan gizi dan bermanfaat bagi kesehatan oleh masyarakat Indonesia.

Pangan fungsional adalah pangan alami atau pangan olahan yang mengandung senyawa bioaktif dan terbukti secara ilmiah memiliki fungsi-fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan serta mempunyai karakteristik sensori berupa penampakan warna, tekstur dan cita rasa yang dapat dikonsumsi layaknya makanan atau minuman oleh konsumen (Badan POM RI, 2005). Senyawa bioaktif tersebut telah terbukti secara klinis dan didokumentasikan menggunakan biomarker tertentu yang dapat meningkatkan kesehatan secara optimal, mengurangi risiko penyakit kronis, dan membantu mengelola gejala penyakit (Functional Foods Center, 2015). *Yoghurt* atau *peaghurt* termasuk salah satu produk pangan fungsional karena mengandung bakteri probiotik asam laktat yang berperan dalam meningkatkan bioavailabilitas protein dan senyawa fenolik bioaktif (Labiba *et al.*, 2020) seperti tanin (Setiarto dan Widhyastuti, 2017), menyeimbangkan mikroflora usus, merangsang sistem kekebalan tubuh, dan berpotensi mengurangi keparahan infeksi gastrointestinal (Lin, 2003).

Yoghurt dapat dibuat dari fermentasi susu hewani maupun fermentasi susu nabati sebagai alternatif susu sapi karena berbagai masalah seperti alergi, kebutuhan nutrisi yang lebih tinggi, dan keinginan untuk alternatif vegetarian (Ranjana dan Shweta, 2016). Fermentasi susu nabati dalam membuat yoghurt seperti fermentasi susu kacang merah, susu kedelai kuning, dan susu kedelai hitam, dinamakan sebagai *peaghurt*. Susu kacang fermentasi tersebut dihasilkan melalui proses pengasaman bakteri asam laktat (BAL) selama metabolisme, yang menghasilkan perubahan yang signifikan pada sifat fisikokimia, sensorik, dan mikrobiologis susu kacang (Casarotti *et al.*, 2014).

Keterjaminan kualitas produk *peaghurt* layak konsumsi sebagai pangan fungsional perlu dilakukan uji karakteristik fisikokimia secara kuantitatif. Keterjaminan kualitas produk *peaghurt* layak konsumsi juga harus sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2009) (Tabel 2). Uji karakteristik fisikokimia pada penelitian ini meliputi kadar asam laktat, viskositas, pH, dan total tanin dipilih sebagai perwakilan indikator penentu kualitas *peaghurt* yang paling lazim dilakukan untuk menganalisis kualitas suatu produk makanan dan minuman dengan menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Unas. Uji karakteristik fisikokimia ini dipilih karena selain setiap produk telah berlabel SNI paling banyak mencantumkan hasil uji fisikokimia, juga jenis BAL memproduksi asam laktat yang merupakan golongan senyawa kimia sebagai produk utamanya sehingga dapat mempengaruhi kualitas fisikokimia produk akhir fermentasi dalam hal ini adalah *peaghurt*.

Bakteri asam laktat (BAL) merupakan suatu kelompok bakteri Gram positif, tidak berspora, berbentuk bulat atau batang yang dapat memproduksi asam laktat sebagai produk akhir metabolisme utama selama proses fermentasi karbohidrat (Pato, 2003). Beberapa bakteri asam laktat mempunyai kemampuan untuk menggunakan sukrosa (gula utama pada kedelai) sebagai sumber energi dan mempunyai enzim α -galaktosidase sehingga dapat menghidrolisis rafinosa dan stakiosa yang dapat menyebabkan flatulensi (Yulneriwarni, 2007). Bakteri asam laktat yang digunakan pada penelitian ini ada 3 jenis bakteri yaitu bakteri

Lactobacillus plantarum, *Streptococcus thermophilus*, dan *Lactobacillus bulgaricus*. Bakteri BAL ⁶² *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* merupakan bakteri komersil yang sudah umum digunakan dalam pembuatan yoghurt. Penelitian Nizori *et al.* (2008) pada susu kedelai fermentasi kombinasi bakteri *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (1:1) menghasilkan total asam laktat 0,57%, sedangkan bakteri *Lactobacillus plantarum* menghasilkan asam laktat pada soyghurt dari kedelai kuning sebesar 1,19% dengan pH 5,01 (Huda, 2016). Begitupula dengan penelitian Jayanti ⁴⁶ *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa kadar asam laktat yang diperoleh dari fermentasi kedelai kuning dengan bakteri *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* sebesar 0,59% - 1,45%. Sementara itu, bakteri *Lactobacillus plantarum* menghasilkan kadar asam laktat pada soyghurt dari fermentasi kedelai kuning sebesar 0,70% - 0,90% (Sembiring *et al.*, 2019). Sampai saat ini, kemampuan kombinasi starter *Lactobacillus plantarum*, ⁸³ *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* dalam menghasilkan asam laktat pada fermentasi susu sari kedelai hitam dan sari kacang merah ⁶ belum diketahui. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk melihat kemampuan kombinasi ke tiga starter tersebut pada fermentasi susu kacang merah, susu kedelai kuning, dan susu kedelai hitam.

⁴¹ Berdasarkan uraian latar belakang di atas, tujuan dari dilakukannya penelitian ini yaitu: 1). Mengetahui kemampuan setiap kombinasi starter BAL *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Streptococcus thermophilus* dalam memfermentasi susu sari kacang merah, susu sari kedelai hitam, dan susu sari kedelai kuning; 2). Membandingkan kualitas fisikokimia *peaghurt* kacang merah, *peaghurt* kedelai kuning, dan *peaghurt* kedelai hitam sebagai produk olahan pangan fungsional dengan menggunakan kombinasi starter BAL *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Streptococcus thermophilus*.

² Hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini yaitu: 1). Kombinasi starter BAL dan jenis susu kacang yang berbeda akan menghasilkan perbedaan kualitas fisikokimia *peaghurt*; 2). Terdapat perbedaan hubungan interaksi kombinasi starter BAL dengan jenis susu kacang yang berbeda terhadap kualitas fisikokimia *peaghurt*.

BAB II METODE PENELITIAN

A. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 9 Januari – 31 Januari 2023, bertempat di Laboratorium Mikrobiologi-Genetika dan Laboratorium Kimia Universitas Nasional Jakarta.

B. Instrumen penelitian

Pada penelitian ini, alat-alat yang digunakan antara lain: labu Erlenmeyer, gelas beker, rak dan tabung reaksi, jarum ose, spatula, gelas ukur, blender, pengaduk, kain saring, timbangan digital, neraca analitik, kaca arloji, kompor, oven, pembakar Bunsen, autoklaf, penangas air (*waterbath*), lemari es, *Laminar Air Flow* (LAF), buret-statif, stirer otomatis, pipet volumetrik, pipet tetes, mikropipet, mikrotip, pH meter, viskometer Brookfield LV Analog, vortex, kuvet kuarsa, bulb, spektrofotometer UV-Vis dan *software* UV-Vis.

Sementara itu, bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam yang diperoleh dari Pasar Induk Kramat Jati, Jakarta Timur, gula pasir, akuadestilata, medium *de Man Rogosa Sharpe Broth* (MRSB) dan bacto agar, CaCO_3 , indikator *Phenolphthalein* (PP) 1%, NaOH 0,1 N, Natrium Carbonat (Na_2CO_3) 20%, larutan uji total tanin metode spektrofotometri menggunakan larutan standar asam tanat dan reagen Folin Ciocalteu, kultur murni BAL *Lactobacillus plantarum* koleksi IPBCC (Institut Pertanian Bogor *Culture Collection*) Departemen Biologi IPB dan starter komersil *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* yang diperoleh dari toko kimia Setia Guna Bogor (Gambar Lampiran 1).

Variabel penelitian terdiri dari variabel independen dan dependen. Variabel independen merupakan suatu variabel yang dapat memengaruhi variabel dependen, sedangkan variabel dependen merupakan suatu variabel yang dipengaruhi oleh variabel independen. Variabel independen pada penelitian ini, yaitu susu sari kacang merah, susu sari

kedelai kuning, susu sari kedelai hitam, starter BAL *L. plantarum*, *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus*. Adapun variabel dependen dalam penelitian ini mencakup kadar asam laktat, pH, viskositas, dan total tanin (Tabel 1).

Tabel 1. Definisi Operasional Variabel (DOV)

No	Variabel	Definisi Operasional Variabel (DOV)	Sumber	Satuan
1.	Bakteri asam laktat (BAL)	Bakteri Gram positif yang digunakan pada proses fermentasi <i>peaghurt</i> susu kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam, yaitu: <i>Lactobacillus plantarum</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i> , dan <i>Streptococcus thermophilus</i> , berperan sebagai variabel independen, yang mempengaruhi kualitas fisikokimia <i>peaghurt</i> .	Starter kultur murni BAL <i>Lactobacillus plantarum</i> diperoleh dari koleksi IPBCC yang dibiakkan dengan media MRSB dan kemudian diinokulasikan pada susu kedelai kuning sebagai media starter <i>Lactobacillus plantarum</i> , sedangkan starter murni BAL komersial <i>Lactobacillus bulgaricus</i> dan <i>Streptococcus thermophilus</i> diperoleh dari toko kimia Setia Guna Bogor.	-
2.	Jenis susu kacang	Kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam yang diambil ekstraknya dengan percampuran air (1:4), lalu ditambahkan gula 4% dan dimasak sampai mendidih, kemudian susu kacang dipasteurisasi untuk dapat dijadikan substrat fermentasi BAL.	Kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam diperoleh dari Pasar Induk Kramat Jati, Jakarta Timur.	-
3.	Kadar asam laktat	Jumlah total asam laktat yang terkandung dalam sampel hasil fermentasi <i>peaghurt</i> susu kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam, ditentukan secara kuantitatif berdasarkan SNI 2981:2009 dengan metode titrasi menggunakan buret-statif sebagai alat titrasi, indikator P 1% dan volume larutan basa standar NaOH 0,1 N.	Kadar asam laktat pada setiap perlakuan sampel <i>peaghurt</i> diperoleh dari perhitungan menggunakan rumus stoikiometri berdasarkan volume dan konsentrasi larutan NaOH sebagai titran yang digunakan untuk mencapai titik akhir titrasi.	%
4.	Viskositas (kekentalan)	Ukuran kekentalan <i>peaghurt</i> sebagai hasil dari sifat fisiknya yang mencerminkan resistensi terhadap aliran, diukur dengan menggunakan alat viskometer Brookfield LV Analog pada suhu 29°C (suhu ruang) berdasarkan jenis spindle nomor 63 dan kecepatan putarannya 60 rpm sebagai faktor konversinya.	Viskometer akan mengukur gaya yang diperlukan untuk menggerakkan spindle melalui sampel <i>peaghurt</i> dan hasilnya berupa nilai viskositas yang diperoleh dari perhitungan dengan rumus: skala pembaca yang ditunjuk oleh jarum penunjuk dikali dengan faktor konversinya.	Centipoise (Cp)

79 No	Variabel	Definisi Operasional Variabel (DOV)	Sumber	Satuan
5.	pH	Tingkat keasaman yang dimiliki oleh <i>peaghurt</i> sebagai hasil dari proses fermentasi oleh BAL, diukur secara kuantitatif menggunakan alat pH meter yang telah dikalibrasi.	Nilai pH diperoleh dari membaca dan mencatat nilai yang ditampilkan pada layar alat setelah elektroda pH meter dicelupkan ke dalam sampel <i>peaghurt</i> .	-
6.	Total tanin	Jumlah total tanin dalam <i>peaghurt</i> dapat diukur menggunakan teknik kimia analitik yaitu: metode spektrofotometri UV-Vis dengan panjang gelombang 780 nm yang ditentukan dari nilai absorbansi tertinggi pada sampel <i>peaghurt</i> dengan konsentrasi 10 ppm pada rentang panjang gelombang 400 – 800 nm.	Total tanin dari susu kacang merah, susu kedelai kuning, dan susu kedelai hitam sebelum fermentasi sebagai kontrol dan total tanin setelah fermentasi <i>peaghurt</i> susu kacang merah, susu kedelai kuning, dan susu kedelai hitam, diperoleh dari perhitungan menggunakan rumus persamaan regresi dan dilanjutkan dengan perhitungan rumus kadar total tanin.	mg/g

C. Cara kerja

Proses dalam penelitian ini melibatkan lima langkah, yakni membuat susu dari kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam; membuat kultur stok; menyiapkan starter; melakukan fermentasi *peaghurt* susu kacang merah, susu kedelai kuning, dan susu kedelai hitam; dan menguji kualitas fisikokimia *peaghurt* secara kuantitatif.

1. Pembuatan susu kacang merah, susu kedelai kuning, dan susu kedelai hitam

- Kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam yang terdapat pada Gambar Lampiran 2, dicuci dan direndam dalam air selama 8 – 12 jam (Wardani dan Wardani, 2014).
- Hasil perendaman dilakukan pembersihan dan direndam lagi dengan air panas pada suhu $\pm 80^{\circ}\text{C}$ selama 15 – 30 menit sampai menjadi setengah lunak (Putri, 2019).
- Selanjutnya digiling menggunakan blender dan ditambahkan air matang perbandingan 1:4 (b/v) (Fathurohman *et al.*, 2020).
- Hasil sari kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam disaring menggunakan kain saring dan ditambahkan gula 4% (Ashari, 2008).

- e. Kemudian susu kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam dimasak sambil dilakukan pengadukan sampai mendidih (10 – 15 menit) dan masing – masing dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer sebanyak 200 mL (Ashari, 2008).

2. Pembuatan kultur stok

- Media MRS Broth dibuat sebanyak 100 mL (dimasukkan 10 mL untuk setiap 10 tabung reaksi), lalu disterilkan.
- Dibuat juga MRS Semi Solid (sebanyak 50 mL MRS Broth + 0,25 g Bacto Agar untuk 10 mL dari setiap 5 tabung) pada tabung reaksi yang sudah terisi CaCO_3 setinggi 1-2 cm dari dasar tabung, lalu disterilkan.
- Kemudian 0,2 mL BAL *Lactobacillus plantarum* diinokulasikan ke dalam 100 mL MRS Broth steril, lalu diinkubasikan pada suhu 37°C selama 24 jam.
- Selanjutnya, BAL *Lactobacillus plantarum* dari MRS Broth 100 mL pada poin c diinokulasikan ke 5 tabung MRS Semi Solid 50 mL pada poin b.

3. Penyiapan starter

- Diambil 2 – 3 ose kultur stok *Lactobacillus plantarum* (dari media MRS Semi Solid) pada poin 2d diinokulasikan ke dalam 4 tabung MRS Broth 10 mL pada poin 2a, lalu diinkubasikan pada suhu 37°C selama 24 jam.
- Susu kedelai 200 mL dengan penambahan gula 4% dipasteurisasi menggunakan *waterbath* pada suhu 85°C selama 15 menit.
- Biakan BAL *L. plantarum* pada poin a diinokulasikan ke dalam susu kedelai aseptik masing-masing sebanyak 10%, sedangkan biakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus* sudah dalam keadaan siap pakai (Gambar Lampiran 1).
- Kemudian starter BAL *L. plantarum* diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.

4. Fermentasi *peaghurt* susu kacang merah, susu kedelai kuning, dan susu kedelai hitam

- Susu kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam sebagai substrat fermentasi disiapkan (Gambar Lampiran 3).
- Selanjutnya substrat fermentasi dipasteurisasi menggunakan penangas air dengan suhu 80 - 85°C selama 15 menit, lalu dilakukan proses pendinginan hingga mencapai suhu ruang.
- Setelah proses pendinginan, masing-masing substrat fermentasi diinokulasikan masing – masing kombinasi starter sebanyak 2% BAL sesuai model rancangan penelitian dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam.
- Peaghurt* telah siap untuk dianalisis kualitas fisikokimianya (Gambar Lampiran 4).

5. Uji kualitas fisikokimia *peaghurt* secara kuantitatif

Parameter karakteristik fisikokimia *peaghurt* yang diuji pada penelitian ini, yaitu: pH, kadar asam laktat, viskositas, dan total tanin dengan menggunakan alat-alat yg tersedia di Laboratorium Mikrobiologi-Genetika dan Laboratorium Kimia Unas. Pengujian terhadap parameter-parameter kualitas fisikokimia ini harus disesuaikan dengan standar kriteria keamanan produk pangan yang telah ditentukan pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Standar kualitas fisikokimia yoghurt, soyghurt, dan peaghurt

No.	Kriteria Uji	Satuan	Kualitas Fisikokimia Yoghurt/Soyghurt	Referensi
1.	Penampakan dan Viskositas	- Cp	Cairan kental-padat 50 – 100 (Cair) 120 – 900 (Kental – Semi-Padat) 1000 – 2000 (Semi-Padat – Padat) 3000 – 5000 (Padat)	Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2009), Setianto <i>et al.</i> (2016), Ashari (2008), Sembiring <i>et al.</i> (2019), Amanda <i>et al.</i> (2022), ALKaisy dan Rahi (2022), Labiba <i>et al.</i> (2020),
2.	Kadar Asam Laktat	%	0,5 – 2,0	Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2009)

No.	Kriteria Uji	Satuan	Kualitas Fisikokimia Yoghurt/Soyghurt	Referensi
3.	pH	-	3,80 – 4,50	Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2009), Jonathan <i>et al.</i> (2022)
4.	Total tanin	mg/g %	0,05 – 0,4 0,005 – 0,04	Waste Minimization Opportunity Assessment Manual (1988), Sharma <i>et al.</i> (2021)

a. Analisis pH

Pengukuran nilai pH dilakukan dengan menggunakan pH meter. Alat pH meter dikalibrasi terlebih dahulu dengan larutan standar, yaitu: pH 4, pH 7, dan pH 9 (Association Official Analytical Chemist (AOAC), 1990). Selanjutnya, 10 mL sampel diaduk hingga homogen dan dicelupkan ujung elektroda pH meter hingga terendam sepenuhnya ke dalam sampel (Huda, 2016). Ditunggu beberapa detik sampai nilai pH stabil, lalu dicatat nilai pH yang ditampilkan pada layar pH meter, seperti yang terdapat pada Gambar Lampiran 6.

b. Analisis kadar asam laktat SNI 2981 : 2009 (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2009)

Sebanyak 1 g sampel dilarutkan dengan 10 mL akuades ke dalam labu Erlenmeyer, kemudian ditambahkan 2-3 tetes indikator PP 1% dan dilakukan titrasi dengan larutan NaOH 0,1 N. Proses titrasi dihentikan ketika terjadi perubahan warna menjadi merah muda yang stabil (Gambar Lampiran 5), sementara volume NaOH yang digunakan dicatat. Selanjutnya, dilakukan perhitungan kadar asam laktat dalam sampel tersebut dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$\% \text{ Asam Laktat} = \frac{V \times N \times M}{W \times 1000} \times 100\%$$

Keterangan :

V = Volume larutan NaOH (mL)

N = Normalitas NaOH (N)

M = Molaritas asam laktat (90 g/mol)

W = Berat sampel (g)

c. Analisis viskositas (kekentalan)

Alat yang digunakan untuk mengukur kekentalan *peaghurt* adalah viskometer Brookfield LV. Analog dengan jenis spindel nomor 63, kecepatan putaran spindel 60 rpm, dan suhu pengukuran 29°C (suhu ruang) (Rauf dan Sarbini, 2012). Berikut ini adalah cara kerja alat tersebut (Fratiwi, 2008):

- Sebelum memulai pengukuran, dipastikan untuk memasang jenis spindel yang tepat pada alat viskometer, memilih kecepatan putaran spindel yang sesuai, dan mengecek posisi keseimbangan viskometer dengan memeriksa indikator *water pass*.
- Jika *water pass* telah berada di posisi seimbang, dimasukkan sampel ke dalam gelas beker 100 mL, lalu ujung spindel dicelupkan ke dalam sampel hingga terendam sepenuhnya, seperti yang terdapat pada Gambar Lampiran 7. Spindel adalah alat pengukur viskometer yang berfungsi untuk menentukan nilai kekentalan suatu jenis sampel.
- Viskometer dinyalakan dan dibiarkan jarum penunjuknya berputar selama kurang lebih $\pm 1-2$ menit berputar, lalu kunci di bagian belakang alat viskometer ditekan untuk menghentikan perputarannya. Setelah itu, dicatat hasil skala pembacaan viskometer yang ditunjuk oleh jarum petunjuk. Sementara itu, faktor konversi diperoleh dari tabel yang disesuaikan antara nomor jenis spindel dengan kecepatan yang telah ditentukan sebelum memulai pengukuran sampel.
- Dilakukan perhitungan nilai viskositas menggunakan rumus berikut ini (Yulia *et al.*, 2020):

$$\text{Skala pembaca X Faktor konversi} = \dots\dots\dots \text{Centipoise (Cp)}$$

d. Analisis total tanin

18

d) Penentuan Panjang Gelombang Maksimal

Panjang gelombang maksimal dapat diidentifikasi melalui penggunaan fitur *peak wavelength* pada aplikasi perangkat *Labdex Double Beam Spectrophotometer* LX242DS. Nilai panjang gelombang maksimal ditentukan berdasarkan nilai absorbansi tertinggi yang tercatat saat membaca sampel asam tanat pada konsentrasi yang telah ditetapkan, yaitu 10 ppm dalam rentang panjang gelombang (λ) 400 – 800 nm. Konsentrasi 10 ppm asam tanat diperoleh dari 0,01 g asam tanat ditimbang dan ditambahkan akuades hingga garis tetra pada labu ukur 100 mL yang kemudian diambil 10 mL lalu diencerkan dengan akuades hingga garis tetra pada labu ukur 100 mL untuk stok 10 ppm. Hasil dari pengukuran panjang gelombang maksimum baku asam tanat adalah 780 nm yang akan digunakan pada pembuatan kurva standar dan penetapan total tanin total (Mulyani *et al.*, 2022 dengan modifikasi).

b) Pembuatan Kurva Standar

Larutan stok asam tanat 10 ppm sebanyak 100 mL diencerkan dengan seri konsentrasi deret sebesar 0,5; 1; 2; 4 dan 8 ppm masing-masing sebanyak 10 mL (Gambar Lampiran 8). Kemudian, diambil masing-masing 1,0 mL, dan dimasukkan ke dalam labu ukur 10 mL yang berisi 7,5 mL aquadestilata. Ke dalam tabung tersebut ditambahkan 0,5 mL pereaksi Folin Ciocalteu dan 1,0 mL larutan Na_2CO_3 20%, lalu dihomogenkan dan didiamkan dalam tempat yang tidak terkena cahaya selama ± 30 menit. Setelah itu, nilai absorbansi deret diukur pada panjang gelombang 780 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Gambar Lampiran 10) dan dibuat kurva kalibrasi standar terhadap larutan asam tanat (Kharismawati *et al.*, 2009 dengan modifikasi).

c) Penetapan Uji Total Tanin

Sebanyak 25 mg dari setiap perlakuan sampel ditimbang dan dilarutkan dengan aquadestilata sampai 10 mL. Dipipet 1,0 mL sampel dengan seksama, dimasukkan ke dalam wadah berukuran 10 mL yang telah berisi 7,5 mL aquabidestilata. Ditambahkan 0,5 mL pereaksi Folin Ciocalteu dan 1,0 mL larutan Na_2CO_3 20% (Gambar Lampiran

9). Dihomogenkan dan didiamkan dalam tempat yang tidak terkena cahaya selama ± 30 menit (Andriyani *et al.*, 2010 dengan modifikasi).¹ Selanjutnya, absorbansi larutan sampel diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 780 nm (Gambar Lampiran 10), lalu nilai absorbansinya dihitung menggunakan kurva baku yang telah didapat untuk menentukan nilai konsentrasi sampel yang diukur dengan persamaan regresi sebagai berikut (Noer *et al.*, 2018):

$$y = a + bx \rightarrow x = (y-a)/b$$

Keterangan :

x = Konsentrasi

²² b = Slope

y = Absorbansi standar

a = Intersep (titik pertemuan x dan y)

Hasil nilai konsentrasi sampel yang telah diperoleh dari persamaan regresi digunakan untuk menghitung kadar total tanin dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Wachidah, 2013):

$$\text{Total tanin (mg/g)} = \frac{X \times V}{W} \times Fp$$

Keterangan :

X = Konsentrasi senyawa dalam larutan sampel (mg/mL)

V = Volume larutan sampel (mL)

Fp = Faktor pengenceran

W = Berat sampel (g)

Hasil nilai total tanin total yang diperoleh digunakan untuk menghitung persentase penurunan total tanin dengan rumus sebagai berikut (Setiarto dan Widhyastuti, 2017):

$$\text{Penurunan total tanin (\%)} = \frac{\text{Selisih total tanin}}{\text{Total tanin sebelum fermentasi}} \times 100\%$$

Keterangan :

Selisih total tanin = Total tanin sebelum fermentasi – Total tanin setelah fermentasi

D. Rancangan penelitian

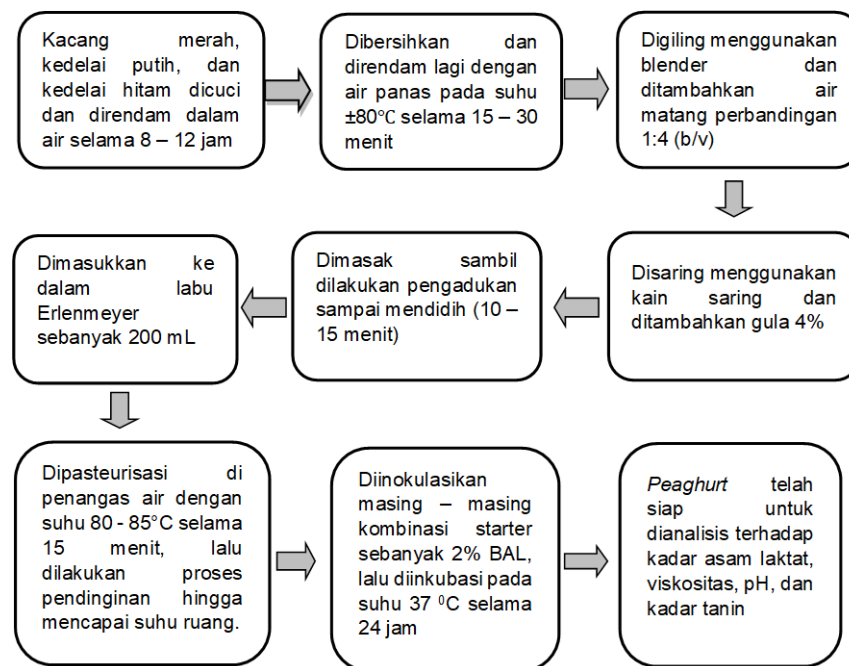
Rancangan percobaan yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama terdiri dari 3 jenis substrat, yakni kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam dan faktor kedua adalah 4 macam kombinasi starter dari BAL *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus bulgaricus*, dan *Streptococcus thermophilus*. Percobaan terdiri dari 4 x 3 perlakuan dengan 3 kali ulangan, sehingga total percobaan sebanyak 36 unit. Berikut ini merupakan Tabel 3 rancangan penelitian:

Tabel 3. Model rancangan penelitian kombinasi jenis starter dan jenis kacang pada pembuatan peaghurt

Perlakuan		Ulangan		
Kombinasi Jenis Starter (A)	Jenis Kacang (K)	I	II	III
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> (A ₁)	Kacang Merah (K ₁)	A ₁ K ₁	A ₁ K ₁	A ₁ K ₁
	Kedelai Hitam (K ₂)	A ₁ K ₂	A ₁ K ₂	A ₁ K ₂
	Kedelai Kuning (K ₃)	A ₁ K ₃	A ₁ K ₃	A ₁ K ₃
<i>L. bulgaricus</i> + <i>L. plantarum</i> (A ₂)	Kacang Merah (K ₁)	A ₂ K ₁	A ₂ K ₁	A ₂ K ₁
	Kedelai Hitam (K ₂)	A ₂ K ₂	A ₂ K ₂	A ₂ K ₂
	Kedelai Kuning (K ₃)	A ₂ K ₃	A ₂ K ₃	A ₂ K ₃
<i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A ₃)	Kacang Merah (K ₁)	A ₃ K ₁	A ₃ K ₁	A ₃ K ₁
	Kedelai Hitam (K ₂)	A ₃ K ₂	A ₃ K ₂	A ₃ K ₂
	Kedelai Kuning (K ₃)	A ₃ K ₃	A ₃ K ₃	A ₃ K ₃
<i>L. bulgaricus</i> + <i>S. thermophilus</i> + <i>L. plantarum</i> (A ₄)	Kacang Merah (K ₁)	A ₄ K ₁	A ₄ K ₁	A ₄ K ₁
	Kedelai Hitam (K ₂)	A ₄ K ₂	A ₄ K ₂	A ₄ K ₂
	Kedelai Kuning (K ₃)	A ₄ K ₃	A ₄ K ₃	A ₄ K ₃

E. Analisis data

Data penelitian didapatkan berdasarkan skema alur penelitian yang dilihat pada Gambar 1. Parameter fisikokimia yang dianalisis pada penelitian ini adalah kadar asam laktat, viskositas, pH, dan total tanin. Analisis data dikerjakan dengan bantuan program komputer SPSS (*Statistical Product and Service Solution*) seri 22 for windows. Pengujian total tanin menggunakan *Paired-Samples T-test* untuk membandingkan rerata total tanin sebelum dan sesudah fermentasi. Selanjutnya, total tanin, kadar asam laktat, pH, dan viskositas, dianalisis menggunakan *Multivariate Analysis of Variance* (MANOVA) untuk melihat perbedaan rerata antara perlakuan kombinasi starter bakteri dan jenis susu kacang terhadap parameter fisikokimia *peaghurt*. Jika hasilnya signifikan, analisis dilanjutkan dengan uji *Tukey* dengan tingkat signifikansi 5%.



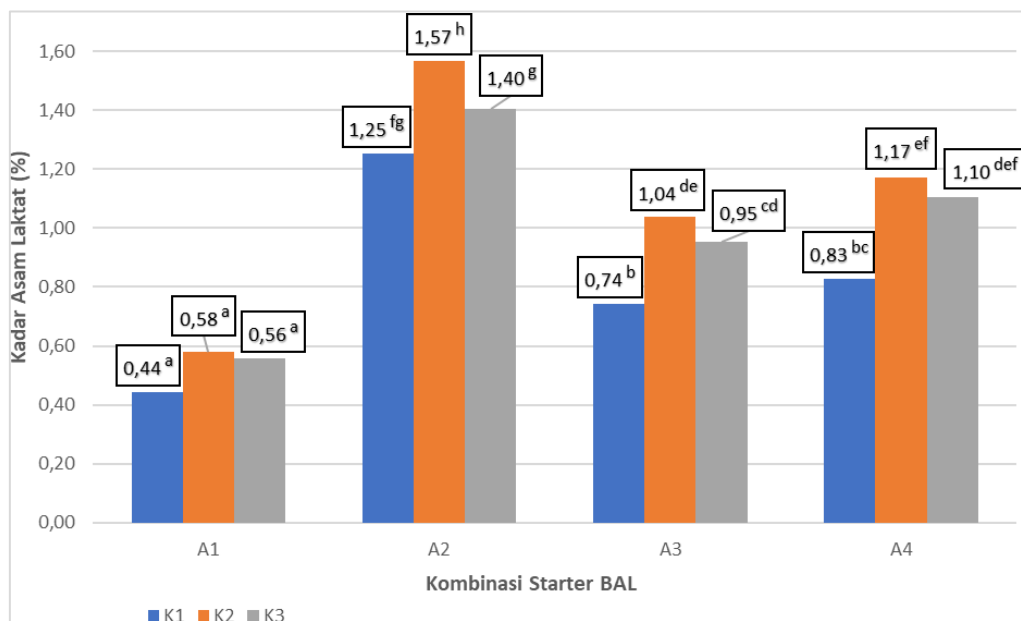
Gambar 1. Diagram alur proses pembuatan *peaghurt* dari susu kacang merah, kedelai kuning, dan kedelai hitam

BAB III HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Kadar Asam Laktat

Nilai kadar asam laktat mengacu pada konsentrasi asam laktat yang dihasilkan dalam produk *peaghurt* melalui proses fermentasi oleh bakteri asam laktat (BAL). Secara keseluruhan, nilai kadar asam laktat yang diukur dalam penelitian ini ditampilkan pada Gambar 2 berikut ini:



Gambar 2. Nilai rata-rata kadar asam laktat *peaghurt* dengan kombinasi jenis starter BAL dan jenis susu kacang. Huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan nilai yang berbeda secara signifikan ($\alpha = 5\%$), setelah uji statistik dengan uji *Tukey* di SPSS ($n = 3$)

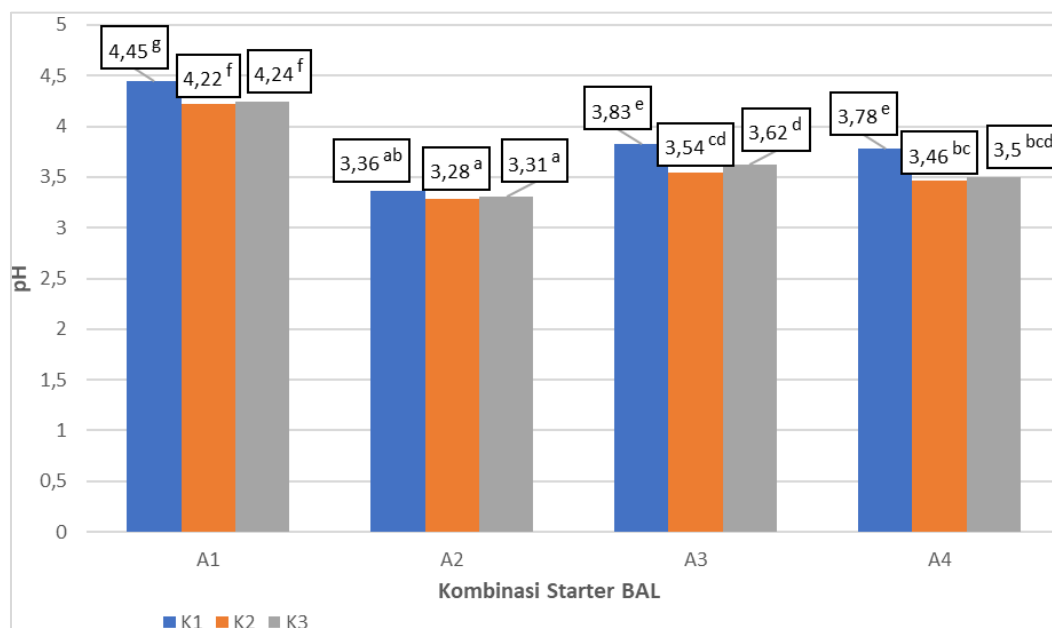
Berdasarkan data yang ditampilkan dalam Gambar 2, nilai kadar asam laktat *peaghurt* tertinggi terdapat pada perlakuan A_2K_2 , yaitu: 1,57%. Perlakuan yang juga memiliki nilai kadar asam laktat *peaghurt* yang tinggi terdapat pada perlakuan A_2K_3 (1,40%) dan A_2K_1 (1,25%). Hal tersebut dapat dilihat dari Gambar 2 bahwa ukuran grafik batang yang paling tinggi dibandingkan dengan ukuran grafik batang lainnya, yaitu: *peaghurt* dengan perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *L. plantarum* (A_2) di ketiga jenis susu kacang sebagai substratnya. Namun, jika merujuk pada data hasil uji beda lanjut *Tukey* yang disajikan dari Tabel Lampiran 14, maka perlakuan A_2K_1 (1,25%) tidak berbeda nyata dengan perlakuan A_4K_2 (1,17%) dan A_4K_3 (1,10%).

Sementara itu, berdasarkan data dari Gambar 2, nilai kadar asam laktat *peaghurt* terendah terdapat pada perlakuan A_1K_1 , yaitu: 0,44%. Perlakuan lainnya yang juga memiliki nilai kadar asam laktat *peaghurt* yang rendah terdapat pada perlakuan A_1K_3 (0,56%) dan A_1K_2 (0,58%). Hal ini ditunjukkan dari Gambar 2 bahwa grafik batang yang memiliki ukuran grafik yang rendah, yaitu: *peaghurt* dengan perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (A_1) di ketiga jenis susu kacang sebagai substratnya. Hal tersebut juga didukung oleh hasil uji beda lanjut *Tukey* pada Tabel Lampiran 14 yang membuktikan bahwa perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (A_1) di ketiga jenis susu kacang berbeda signifikan dengan perlakuan lainnya.

Dari hasil analisis sidik ragam dari Tabel Lampiran 11, dapat diketahui bahwa antar perlakuan kombinasi starter BAL dan jenis susu kacang memiliki pengaruh yang berbeda signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar asam laktat *peaghurt*. Selain itu, nilai kadar asam laktat pada penelitian ini sebagian besar masih memenuhi SNI Mutu Yogurt (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2009), yaitu dalam rentang 0,5 - 2,0% (Tabel 2), meskipun terdapat satu perlakuan yang kurang memenuhi nilai kadar asam laktat SNI Mutu Yogurt, yaitu: perlakuan A_1K_1 (0,44%).

2. pH

Nilai pH merupakan indikator fisik yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik produk *peaghurt*. pH mengukur tingkat keasaman atau kebasaan dalam suatu cairan yang ditentukan berdasarkan konsentrasi ion H^+ dan OH^- didalamnya. Secara keseluruhan, hasil pengukuran pH dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Nilai rata-rata pH *peaghurt* dengan kombinasi jenis starter BAL dan jenis susu kacang. Huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan nilai yang berbeda secara signifikan ($\alpha = 5\%$), setelah uji statistik dengan uji *Tukey* di SPSS ($n = 3$)

Berdasarkan data pada Gambar 3, nilai pH *peaghurt* terendah terdapat pada perlakuan A₂K₂, yaitu: 3,28. Perlakuan yang juga memiliki nilai pH *peaghurt* yang rendah terdapat pada perlakuan A₂K₃ (3,31) dan A₂K₁ (3,36). Hal tersebut dapat dilihat dari Gambar 3 bahwa ukuran grafik batang yang paling rendah dibandingkan dengan ukuran grafik batang

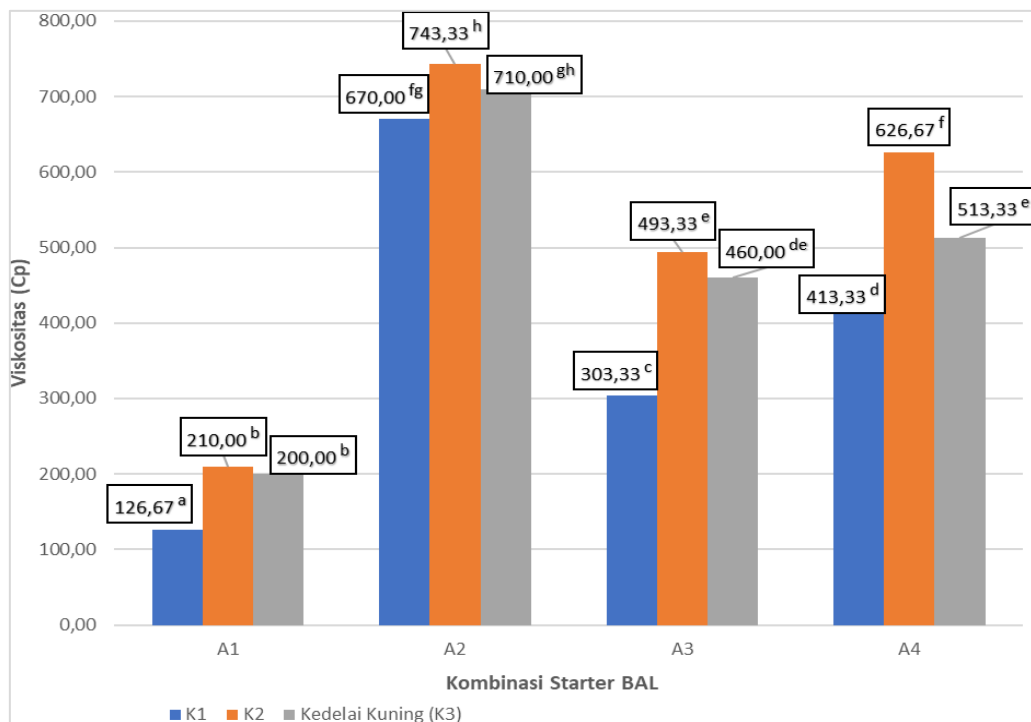
lainnya, yaitu: *peaghurt* dengan perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *L. plantarum* (A_2) di ketiga jenis susu kacang sebagai substratnya. Namun, jika merujuk pada data hasil uji beda lanjut *Tukey* yang disajikan dari Tabel Lampiran 17, maka perlakuan A_2K_1 (3,36) tidak berbeda nyata dengan perlakuan A_4K_2 (3,46) dan A_4K_3 (3,50).

Sementara itu, berdasarkan data yang disajikan pada Gambar 3, nilai pH *peaghurt* tertinggi terdapat pada perlakuan A_1K_1 , yaitu: 4,45. Perlakuan lainnya yang juga memiliki nilai pH *peaghurt* yang tinggi terdapat pada perlakuan A_1K_3 (4,24) dan A_1K_2 (4,22). Hal ini ditunjukkan dari Gambar 3 bahwa grafik batang yang memiliki ukuran grafik yang tinggi, yaitu: *peaghurt* dengan perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (A_1) di ketiga jenis susu kacang sebagai substratnya. Hal tersebut juga didukung oleh hasil uji beda lanjut *Tukey* pada Tabel Lampiran 17 yang membuktikan bahwa perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (A_1) di ketiga jenis susu kacang berbeda signifikan dengan perlakuan lainnya.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam dari Tabel Lampiran 11, dapat diketahui bahwa antar perlakuan kombinasi starter BAL dan jenis susu kacang memiliki pengaruh yang berbeda signifikan ($p < 0,05$) terhadap pH *peaghurt*. Meski demikian, menurut Badan Standardisasi Nasional (BSN) (2009), syarat mutu yogurt yang baik memiliki nilai pH berkisar antara 3,80 - 4,50 (Tabel 2). Hal ini membuat nilai pH produk *peaghurt* dengan perbedaan perlakuan kombinasi starter bakteri dan jenis susu kacang masih sedikit dibawah SNI yogurt, kecuali pada perlakuan A_3K_1 (3,83) dan perlakuan dengan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (A_1) pada ketiga jenis susu kacang. Namun, nilai pH lambung dalam keadaan istirahat yaitu sekitar 2,0 (Jonathan *et al.*, 2022). Berdasarkan hal tersebut dapat diasumsikan bahwa produk *peaghurt* dengan semua perlakuan kombinasi starter BAL dan jenis susu kacang aman untuk dikonsumsi karena nilai pH *peaghurt* yang dihasilkannya tidak lebih asam dari pH lambung.

3. Viskositas

Viskositas merupakan karakteristik penting yang memengaruhi tekstur dan penampakan produk *peaghurt*. Nilai viskositas *peaghurt* mengacu pada seberapa kental produk tersebut ketika diaduk atau dituangkan, sehingga dapat dianggap sebagai ukuran kekentalan *peaghurt*. Secara keseluruhan, nilai viskositas yang diukur dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 4 berikut ini:



Gambar 4. Nilai rata-rata viskositas *peaghurt* dengan kombinasi jenis starter BAL dan jenis susu kacang. Huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan nilai yang berbeda secara signifikan ($\alpha = 5\%$), setelah uji statistik dengan uji *Tukey* di SPSS ($n = 3$)

Berdasarkan data yang ditampilkan dalam Gambar 4, nilai viskositas *peaghurt* tertinggi terdapat pada perlakuan A₂K₂, yaitu: 743,33 Cp. Perlakuan yang juga memiliki nilai

viskositas *peaghurt* yang tinggi terdapat pada perlakuan A₂K₃ (710,00 Cp) dan A₂K₁ (670,00 Cp). Hal tersebut dapat dilihat dari Gambar 4 bahwa ukuran grafik batang yang paling tinggi dibandingkan dengan ukuran grafik batang lainnya, yaitu: *peaghurt* dengan perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *L. plantarum* (A₂) di ketiga jenis susu kacang sebagai substratnya. Namun, jika menurut data hasil uji beda lanjut *Tukey* yang terdapat pada Tabel Lampiran 20, maka perlakuan A₂K₁ (670,00 Cp) tidak berbeda nyata dengan perlakuan A₄K₂ (626,67 Cp).

Sementara itu, berdasarkan data dari Gambar 4, nilai viskositas *peaghurt* terendah terdapat pada perlakuan A₁K₁, yaitu: 126,67 Cp. Perlakuan lainnya yang juga memiliki nilai viskositas *peaghurt* rendah terdapat pada perlakuan A₁K₃ (200,00 Cp) dan A₁K₂ (210, 00 Cp). Hal ini ditunjukkan dari Gambar 4 bahwa grafik batang yang memiliki ukuran grafik yang rendah, yaitu: *peaghurt* dengan perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (A₁) di ketiga jenis susu kacang sebagai substratnya. Hal tersebut juga didukung oleh hasil uji beda lanjut *Tukey* pada Tabel Lampiran 20 yang membuktikan bahwa perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (A₁) di ketiga jenis susu kacang berbeda signifikan dengan perlakuan lainnya.

Dari hasil analisis sidik ragam dari Tabel Lampiran 11, dapat diketahui bahwa antar perlakuan kombinasi starter BAL dan jenis susu kacang memiliki pengaruh yang berbeda signifikan ($p < 0,05$) terhadap viskositas *peaghurt*. Selain itu, nilai viskositas *peaghurt* pada penelitian ini berkisar antara 126,67 Cp – 743,33 Cp, telah sesuai dengan pendapat Ashari (2008) yang menyatakan bahwa viskositas *peaghurt* bervariasi antara 35,00 Cp – 747,50 Cp tergantung pada jenis susu kacang yang digunakan sebagai substrat fermentasi. Dengan demikian, rentang viskositas *peaghurt* pada penelitian ini menunjukkan bahwa penampakan dan tekstur *peaghurt* berkisar dari cairan kental hingga semi-padat yang mana hal ini sesuai dengan kriteria penampakan SNI Mutu Yogurt (Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2009) (Tabel 2).

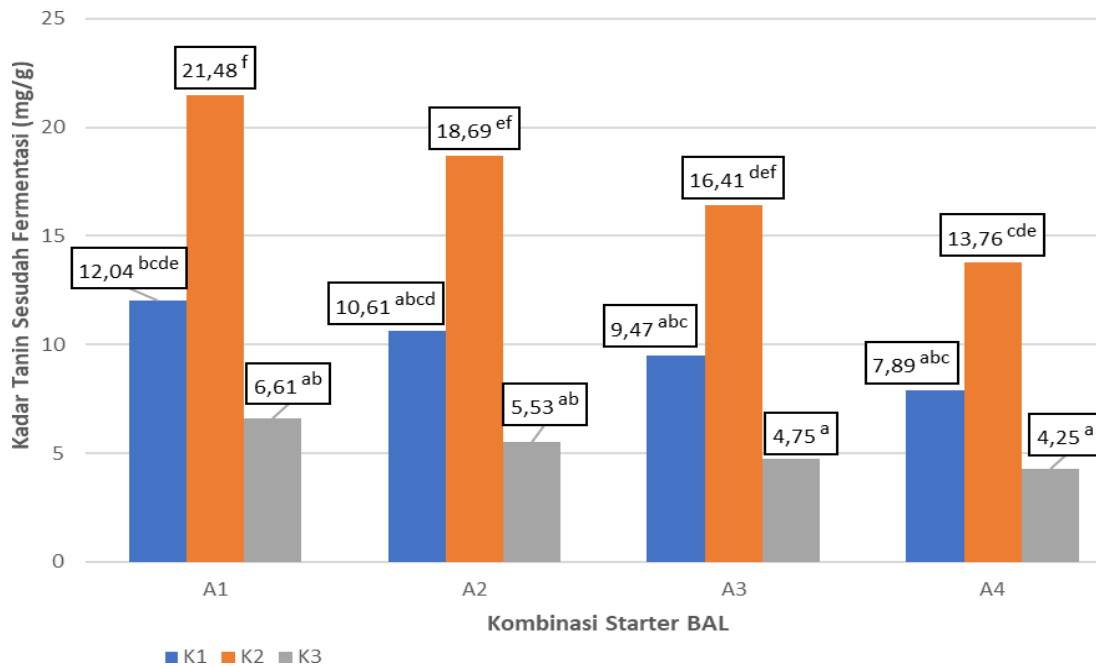
4. Total Tanin

Jumlah total tanin ini penting karena dapat memengaruhi rasa, nutrisi, dan penyerapan mineral dalam produk makanan dan minuman, dalam hal ini yaitu: *peaghurt*. Berdasarkan hasil analisis spektrofotometri UV-Vis didapatkan persamaan regresi yaitu: $y = 0,0186x - 0,0098$ (Gambar Lampiran 11) sehingga dapat diketahui nilai total tanin susu kacang sebelum (Tabel 4) dan sesudah fermentasi (Gambar 5).

Tabel 4. Total tanin susu kacang sebelum fermentasi

Jenis Susu Kacang (K)	Nilai Rata-Rata Total Tanin Sebelum Fermentasi (mg/g)
Kacang Merah (K ₁)	13,81
Kedelai Hitam (K ₂)	24,81
Kedelai kuning (K ₃)	7,89

Hasil penelitian pada Tabel 4 menunjukkan bahwa ketiga jenis susu kacang sebelum fermentasi memiliki total tanin yang berbeda dan nilai total tanin tertinggi terdapat pada susu kedelai hitam (K₂), yaitu: 24,81 mg/g. Nilai total tanin susu kedelai hitam (K₂) tersebut setelah difermentasi dengan masing-masing perlakuan kombinasi starter BAL A₁ (*L. bulgaricus* + *S. thermophilus*), A₂ (*L. bulgaricus* + *L. plantarum*), A₃ (*S. thermophilus* + *L. plantarum*), dan A₄ (*L. bulgaricus* + *S. thermophilus* + *L. plantarum*), yaitu: 21,48 mg/g, 18,69 mg/g, 16,41 mg/g, dan 13,76 mg/g (Gambar 5). Namun, jika mengacu hasil uji beda lanjut *Tukey* yang ditampilkan pada Tabel Lampiran 23, maka perlakuan A₄K₂ (13,76 mg/g) tidak berbeda nyata dengan perlakuan A₁K₁ (12,04 mg/g), A₂K₁ (10,61 mg/g), A₃K₁ (9,47 mg/g), dan A₄K₁ (7,89 mg/g).

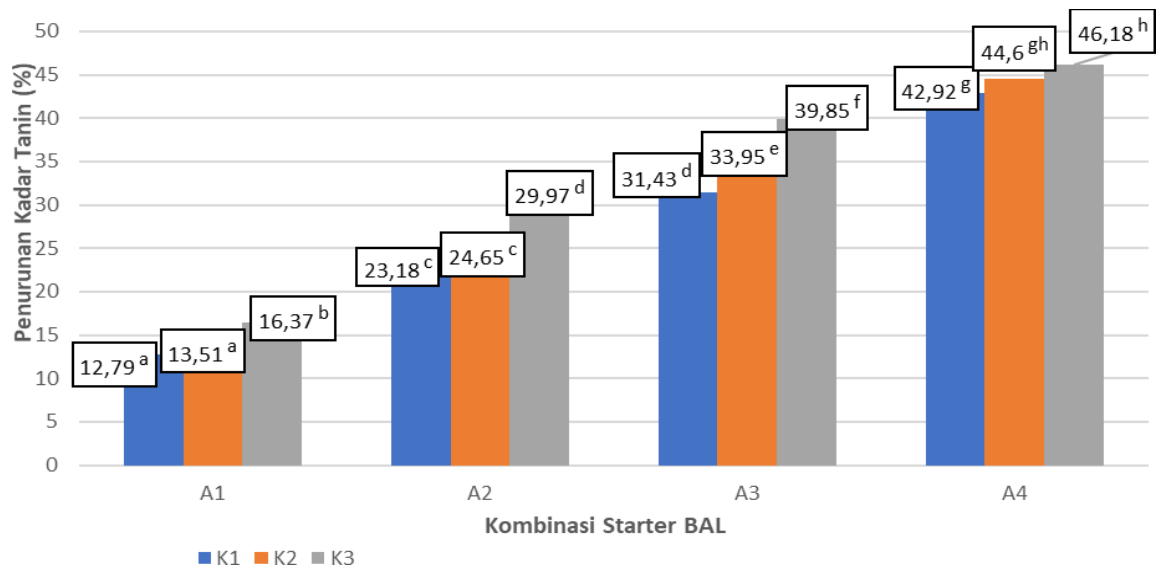


Gambar 5. Nilai rata-rata total tanin *peaghurt* dengan kombinasi jenis starter BAL dan jenis susu kacang. Huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan nilai yang berbeda secara signifikan ($\alpha = 5\%$), setelah uji statistik dengan uji *Tukey* di SPSS ($n = 3$)

Sementara itu, dari Tabel 4 juga dapat diketahui bahwa nilai total tanin susu kacang sebelum fermentasi terendah terdapat pada susu kedelai kuning (K₃), yaitu: 7,89 mg/g. Nilai total tanin susu kedelai kuning (K₃) tersebut setelah difermentasi dengan masing–masing perlakuan kombinasi starter BAL A₁ (*L. bulgaricus* + *S. thermophilus*), A₂ (*L. bulgaricus* + *L. plantarum*), A₃ (*S. thermophilus* + *L. plantarum*), dan A₄ (*L. bulgaricus* + *S. thermophilus* + *L. plantarum*), yaitu: 6,61 mg/g, 5,53 mg/g, 4,75 mg/g, dan 4,25 mg/g (Gambar 5). Namun, jika melihat data hasil uji beda lanjut *Tukey* yang disajikan pada Tabel Lampiran 23, maka perlakuan A₁K₃ (6,61 mg/g) tidak berbeda nyata dengan perlakuan A₄K₁ (7,89 mg/g), A₃K₁ (9,47 mg/g), A₂K₁ (10,61 mg/g), dan A₁K₁ (12,04 mg/g).

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4 dan Gambar 5 mengindikasikan bahwa perlakuan fermentasi dengan menggunakan kombinasi jenis starter BAL pada ketiga jenis

susu kacang dapat menurunkan total tanin. Hal ini diperkuat oleh hasil analisis uji T Berpasangan pada ⁷² Tabel Lampiran 7 dan Tabel Lampiran 8 yang membuktikan bahwa terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,001$) total tanin antara sebelum ($M = 15,5044$, $SD = 7,60060$) dan setelah fermentasi ($M = 10,9578$, $SD = 5,82614$) dengan nilai $t(35) = 9,355$.



Gambar 6. Nilai rata-rata ³ penurunan total tanin *peaghurt* dengan kombinasi jenis starter BAL dan jenis susu kacang. Huruf yang berbeda pada diagram batang menunjukkan nilai yang berbeda secara signifikan ($\alpha = 5\%$), setelah uji statistik dengan uji *Tukey* di SPSS ($n = 3$)

Dari data yang ditampilkan pada Gambar 6, penurunan total tanin *peaghurt* tertinggi terdapat pada perlakuan A₄K₃, dengan persentase penurunan sebesar 46,18%. Perlakuan yang juga memiliki penurunan nilai total tanin *peaghurt* yang tinggi terdapat pada perlakuan A₄K₂ (44,60%) dan A₄K₁ (42,92%). Hal tersebut dapat dilihat dari Gambar 6 bahwa ukuran grafik batang yang paling tinggi dibandingkan dengan ukuran grafik batang lainnya, yaitu: *peaghurt* dengan perlakuan ⁶ kombinasi starter BAL *L. bulgaricus*, *S. thermophilus*, dan *L. plantarum* (A₄) di ketiga jenis susu kacang sebagai substratnya. Hal ini juga didukung oleh hasil uji beda

lanjut *Tukey* pada Tabel Lampiran 26 yang membuktikan bahwa perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus*, *S. thermophilus*, dan *L. plantarum* (A_4) di ketiga jenis susu kacang berbeda signifikan dengan perlakuan lainnya.

Di sisi lain, berdasarkan data dari Gambar 6, penurunan total tanin *peaghurt* terendah terdapat pada perlakuan A_1K_1 , yaitu: 12,79%. Perlakuan lainnya yang juga memiliki penurunan nilai total tanin *peaghurt* yang rendah terdapat pada perlakuan A_1K_2 (13,51%) dan A_1K_3 (16,37%). Hal ini ditunjukkan dari Gambar 6 bahwa grafik batang yang memiliki ukuran grafik yang rendah, yaitu: *peaghurt* dengan perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (A_1) di ketiga jenis susu kacang sebagai substratnya. Hal tersebut juga didukung oleh data hasil uji beda lanjut *Tukey* pada Tabel Lampiran 26 yang membuktikan bahwa perlakuan kombinasi starter BAL *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus* (A_1) di ketiga jenis susu kacang berbeda signifikan dengan perlakuan lainnya.

Merujuk pada hasil analisis sidik ragam dari Tabel Lampiran 11, dapat diketahui bahwa masing – masing faktor perlakuan kombinasi starter BAL dan jenis susu kacang memiliki pengaruh yang berbeda signifikan ($p < 0,05$) terhadap total tanin *peaghurt*, tetapi tidak ada perbedaan interaksi yang signifikan ($p > 0,05$) antara perlakuan kombinasi starter BAL dan jenis susu kacang terhadap total tanin *peaghurt*. Meskipun begitu, jika meninjau pernyataan Sharma *et al.* (2021), maka nilai total tanin *peaghurt* pada penelitian ini masih belum memenuhi standar kandungan tanin dalam produk olahan makanan dan minuman yang berada dalam rentang 0,05 – 0,4 mg/g (Tabel 2). Sementara itu, jika mengacu pada data hasil analisis sidik ragam dari Tabel Lampiran 11 yang sama, dapat diketahui pula bahwa masing – masing faktor perlakuan dan interaksi antara perlakuan kombinasi starter BAL dan jenis susu kacang memiliki pengaruh yang berbeda signifikan ($p < 0,05$) terhadap penurunan total tanin *peaghurt*. Hal ini mengindikasikan bahwa ketiga jenis susu kacang mempunyai total tanin yang berbeda dan aktivitas enzim tanase yang dihasilkan oleh ketiga jenis starter BAL tersebut relatif berbeda nyata satu sama lain.

Secara keseluruhan, merujuk pada hasil analisis sidik ragam MANOVA pada Tabel Lampiran 9 menunjukkan bahwa secara keseluruhan variabel kombinasi starter BAL dan jenis susu kacang berpengaruh signifikan ($p < 0,001$) terhadap variabel kadar asam laktat, pH, viskositas, dan total tanin sehingga menghasilkan nilai yang berbeda-beda dari setiap perlakuan. Selain itu, hasil analisis menggunakan uji Korelasi *Pearson* dari Tabel Lampiran 10 menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antar parameter-parameter karakteristik fisikokimia *peaghurt*. Hal ini dapat dilihat dari kadar asam laktat yang memiliki hubungan signifikan dengan pH ($p < 0,001$) yang bernilai $r = -0,952$ berkorelasi negatif/berbanding terbalik dengan kadar asam laktat, viskositas ($p < 0,001$) yang bernilai $r = 0,983$ berkorelasi positif/berbanding lurus dengan kadar asam laktat, dan penurunan total tanin ($p < 0,05$) yang bernilai $r = 0,406$ berkorelasi positif/berbanding lurus dengan kadar asam laktat.

B. Pembahasan

Berdasarkan uraian-uraian mengenai hasil analisis yang terlihat pada Tabel Lampiran 10 dapat diketahui bahwa semakin tinggi nilai kadar asam laktat *peaghurt*, semakin rendah pH *peaghurt*, dapat berdampak pada peningkatan viskositas (kekentalan) *peaghurt*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Sharma (2016) yang menjelaskan bahwa semakin tinggi kadar asam laktat maka semakin rendah pH yang menyebabkan protein pada susu kacang mengalami koagulasi (penggumpalan) pembentuk gel (Djaafar dan Rahayu, 2006), sehingga tekstur menjadi semi padat, yang mengakibatkan peningkatan viskositas (Jonathan *et al.*, 2022). Beberapa faktor yang mempengaruhi peristiwa tersebut, antara lain: kombinasi jenis strain BAL (Settachaimongkon *et al.*, 2014), suhu dan waktu fermentasi (Sieuwerds, 2016), komposisi protein susu sebagai bahan substrat (Handayani dan Wulandari, 2016), komposisi karbohidrat atau gula susu sebagai bahan substrat (Herawati dan Wibawa, 2011), dan komposisi lemak susu sebagai bahan substrat (Yu *et al.*, 2016) serta zat tambahan dengan

penambahan gula (glukosa dan sukrosa) dan stabilisator atau pengental (gelatin dan selulosa) (Layadi *et al.*, 2017).

Ketersediaan nutrisi yang memadai akan memengaruhi pertumbuhan dan aktivitas BAL yang berpengaruh pada karakteristik produk fermentasi. Gula yang terdapat pada substrat berfungsi sebagai sumber karbon utama yang kemudian diubah menjadi asam laktat (Kim *et al.*, 1999), sementara protein dalam substrat menyediakan nitrogen yang penting untuk membangun sel – sel bakteri (Thompson *et al.*, 2023). Lemak, mineral, dan vitamin juga mendukung metabolisme dan pertumbuhan BAL. Pada penelitian ini menggunakan bahan baku kacang merah (K₁), kedelai hitam (K₂), dan kedelai kuning (K₃) sebagai substrat fermentasi untuk pertumbuhan BAL. Dari Tabel Lampiran 13 dapat diketahui bahwa antara ketiga jenis susu kacang memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar asam laktat yang dihasilkan selama proses fermentasi. Susu kedelai hitam (K₂) merupakan bahan baku yang paling kompatibel sebagai substrat fermentasi *peaghurt*, diikuti oleh susu kedelai kuning (K₃), sedangkan susu kacang merah (K₁) menunjukkan hasil yang paling rendah dalam menghasilkan asam laktat (Tabel Lampiran 13). Hal ini dapat disebabkan karena terdapat perbedaan komposisi jenis karbohidrat pada setiap jenis susu kacang.

Berdasarkan Tabel Lampiran 12, kombinasi starter BAL juga memberikan pengaruh yang berbeda signifikan ($p < 0,05$) terhadap kadar asam laktat yang dihasilkan. Kombinasi starter BAL A₂ (*L. bulgaricus* + *L. plantarum*) menghasilkan nilai kadar asam laktat *peaghurt* tertinggi, sedangkan starter BAL A₁ (*L. bulgaricus* + *S. thermophilus*) menghasilkan nilai kadar asam laktat *peaghurt* terendah. Hal ini dikarenakan starter BAL *L. bulgaricus* dan *L. plantarum* memiliki enzim α -galaktosidase yang dapat memecah ikatan α -galaktosidik gula rafinosa dan stakiosa pada susu kacang sehingga menghasilkan kadar asam laktat dalam susu kacang secara optimal, sedangkan starter BAL *S. thermophilus* tidak dapat memfermentasi gula rafinosa dan stakiosa (Hidayati, 2010). Berdasarkan Gambar 2 juga dapat terlihat bahwa perlakuan kombinasi starter BAL A₂, A₃, dan A₄ yang terdapat starter BAL *Lactobacillus plantarum*, menunjukkan tinggi grafik batang yang tidak berbeda nyata. Hal ini dikarenakan

starter BAL *Lactobacillus plantarum* merupakan starter BAL yang paling kompatibel dengan jenis karbohidrat maupun komposisi nutrisi yang terdapat pada susu kedelai. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Salahudin dan Utomo (2012), starter BAL *Lactobacillus plantarum* dapat menurunkan kadar stakiosa pada kedelai sampai 15,3% – 38,5%, sementara itu rafinosa pada kedelai telah larut dalam air selama proses pengolahan sebelum inokulasi yaitu proses perendaman dan pemasakan.

Kadar asam yang dihasilkan selain dipengaruhi oleh jenis karbohidrat yang terdapat pada jenis susu kacang dan kemampuan starter BAL untuk mengubah jenis karbohidrat tersebut menjadi asam laktat, juga dipengaruhi oleh interaksi (kesesuaian) antara kombinasi jenis starter BAL dengan jenis susu kacang untuk tumbuh lebih baik dan menghasilkan kadar asam lebih tinggi. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada hasil analisis sidik ragam dengan adanya perbedaan interaksi yang signifikan ($p < 0,05$) antara kombinasi jenis starter BAL dengan jenis susu kacang terhadap kadar asam laktat yang dihasilkan (Tabel Lampiran 11 dan Tabel Lampiran 14). Interaksi antara jenis susu kacang sebagai substrat dan kombinasi starter BAL dengan nilai kadar asam laktat *peaghurt* tertinggi terdapat pada perlakuan A₂K₂, yaitu: 1,57%, sedangkan nilai kadar asam laktat *peaghurt* terendah terdapat pada perlakuan A₁K₁, yaitu: 0,44% (Gambar 2). Hal ini disebabkan setiap jenis starter BAL memiliki tipe enzim dan tingkat aktivitas enzim yang berbeda, sehingga memiliki produktivitas yang berbeda dalam memfermentasi berbagai substrat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suhartini *et al.* (2006) bahwa jenis starter BAL yang menghasilkan kadar asam laktat tinggi umumnya juga memiliki tingkat produktivitas yang tinggi, namun beberapa jenis starter BAL meskipun menghasilkan asam laktat dalam kadar yang tinggi, tidak selalu menunjukkan produktivitas yang tinggi. Hal tersebut juga telah dibuktikan oleh penelitian Rahmaeti (2018) bahwa beberapa jenis BAL tidak dapat memfermentasi jenis-jenis gula tertentu, termasuk pati. Komposisi karbohidrat susu kedelai hitam berbeda dengan susu kacang merah. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Yusmarini dan Efendi (2004), jumlah gula yang tersedia secara langsung mempengaruhi pertumbuhan koloni mikroorganisme. Komponen

gula penyusun karbohidrat kacang merah juga cenderung lebih kompleks daripada kedelai hitam, sehingga lebih sulit atau bahkan tidak dapat difermentasi oleh BAL. Komponen utama gula penyusun karbohidrat kacang merah, yaitu: pati (25% – 45%) yang terdiri dari amilosa dan amilopektin (Punia *et al.*, 2020), sedangkan komponen gula penyusun karbohidrat kedelai hitam, yaitu: sebagian besar berupa polisakarida non-pati dan oligosakarida (stakiosa dan raffinosa) serta kandungan pati yang sangat rendah (0,19% – 0,91%) (Li *et al.*, 2024) sehingga BAL dapat lebih mudah memecah ikatan α -galaktosidik gula raffinosa dan stakiosa pada susu kedelai hitam dengan enzim α -galaktosidase untuk menghasilkan asam laktat sebagai produk utama.

Berdasarkan data pada Tabel Lampiran 11 dapat diketahui bahwa antara ketiga jenis susu kacang memberikan pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) terhadap pH yang dihasilkan selama proses fermentasi. Susu kedelai hitam (K_2) dan susu kedelai kuning (K_3) sebagai substrat fermentasi menghasilkan pH yang rendah, sedangkan susu kacang merah (K_1) menunjukkan pH yang tertinggi (Tabel Lampiran 16). Hal ini dapat disebabkan karena terdapat perbedaan komposisi karbohidrat antar jenis susu kacang memengaruhi produksi asam laktat sebagai produk utama selama fermentasi. Asam laktat yang dihasilkan inilah yang kemudian bertanggung jawab atas penurunan nilai pH substrat.

Dari data Tabel Lampiran 15 kombinasi starter BAL juga memberikan pengaruh yang berbeda signifikan ($p < 0,05$) terhadap nilai pH yang dihasilkan. Kombinasi starter BAL A_2 (*L. bulgaricus* + *L. plantarum*) menghasilkan nilai pH *peaghurt* terendah, sedangkan starter BAL A_1 (*L. bulgaricus* + *S. thermophilus*) menghasilkan nilai pH *peaghurt* tertinggi. Hal ini dikarenakan setiap jenis starter BAL yang digunakan memiliki rentang pH optimal yang berbeda untuk pertumbuhan dan aktivitas fermentasinya selama proses fermentasi berlangsung. *Lactobacillus bulgaricus* memiliki pH optimum, yaitu: 5,5 (toleran terhadap kondisi pH rendah atau asam) (Hendarto *et al.*, 2019) dan *Lactobacillus plantarum* yang memiliki pH optimum, yaitu: 5 – 6 (Fu dan Mathews, 1999), sedangkan pH optimum *Streptococcus thermophilus*, yaitu: 6,8 (toleran terhadap kondisi pH netral) (Hendarto *et al.*,

2019). Pada umumnya, proses fermentasi *peaghurt* terdiri dari dua fase pertumbuhan cepat (eksponensial) yang dipisahkan oleh fase transisi dengan laju pertumbuhan yang lebih lambat (Sieuwerds, 2016). Interaksi antara kombinasi starter *S. thermophilus* dan *L. bulgaricus* selama fermentasi *peaghurt* menciptakan lingkungan yang saling mendukung untuk pertumbuhan kedua bakteri ini. Pada fase awal, *S. thermophilus* lebih unggul dalam pertumbuhan karena kemampuannya menyerap nutrisi dengan lebih baik dan lebih toleran terhadap pH netral. Asam format dan asam folat yang diproduksi oleh *S. thermophilus* mendukung *L. bulgaricus*, yang memiliki keterbatasan dalam biosintesis purin (Sieuwerds, 2016). Selain itu, *S. thermophilus* mengkonsumsi oksigen dan menghasilkan karbon dioksida, sehingga menguntungkan *L. bulgaricus* yang kurang toleran terhadap oksigen (Sasaki *et al.*, 2014). Pada fase transisi, *L. bulgaricus* mulai tumbuh dan menghasilkan enzim protease yang mendukung *S. thermophilus* dalam fase pertumbuhan eksponensial kedua dari *S. thermophilus* sekaligus mendukung pertumbuhan eksponensial *L. bulgaricus* (Sieuwerds, 2016). Dalam fase ini, produksi eksopolisakarida (EPS) meningkat, yang membantu bakteri saling berdekatan untuk memfasilitasi pertukaran metabolit dan melindungi mereka dari kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan, seperti keasaman tinggi (Zannini *et al.*, 2016).

Adanya interaksi (kesesuaian) antara kombinasi jenis starter BAL dengan jenis susu kacang untuk tumbuh lebih baik dan menghasilkan kadar asam lebih tinggi, dapat memengaruhi nilai pH menjadi lebih rendah. Hal tersebut juga dibuktikan dengan hasil analisis sidik ragam²⁴ bahwa terdapat perbedaan interaksi yang signifikan ($p < 0,05$) antara kombinasi jenis starter BAL dengan jenis susu kacang terhadap nilai pH *peaghurt* (Tabel Lampiran 11 dan Tabel Lampiran 17). Interaksi antara jenis susu kacang sebagai substrat dan kombinasi starter BAL dengan nilai pH *peaghurt* tertinggi terdapat pada perlakuan A₁K₁, yaitu: 4,45 (Gambar 3). Hal tersebut dapat disebabkan karena BAL A₁ (*L. bulgaricus* + *S. thermophilus*) tidak dapat secara optimal memanfaatkan karbohidrat (gula) pada susu kacang merah (K₁)⁷⁰, sehingga produksi asam laktat rendah dan hanya terjadi sedikit penurunan nilai pH

pada *peaghurt*. Sementara itu, interaksi antara jenis susu kacang sebagai substrat dan kombinasi starter BAL dengan nilai pH *peaghurt* terendah terdapat pada perlakuan A₂K₂, yaitu: 3,28 (Gambar 3). Hal ini dikarenakan BAL A₂ (*L. bulgaricus* + *L. plantarum*) selama fermentasi dapat memanfaatkan karbohidrat (gula) pada susu kedelai hitam (K₂) secara optimal menjadi asam laktat, sehingga terjadi penurunan nilai pH pada *peaghurt*. Fermentasi karbohidrat oleh bakteri asam laktat (BAL) *Streptococcus* dan *Lactobacillus* mengubah karbohidrat menjadi glukosa, yang kemudian difermentasi melalui jalur heksosa difosfat menghasilkan asam-asam organik terutama asam laktat sebagai produk utama (Tamime dan Robinson, 1985). Asam-asam organik yang dihasilkan dapat menurunkan pH pada susu kacang (substrat). Semakin banyak gula yang bisa dimetabolisme, semakin banyak asam organik yang terbentuk, yang pada akhirnya membuat pH produk *peaghurt* semakin rendah. Pernyataan ini sesuai dengan pendapat Chandan dan Shahani (1993) yang menjelaskan bahwa asam laktat yang dihasilkan selama proses pembuatan *peaghurt* dapat menurunkan pH susu.

Nilai viskositas *peaghurt* tertinggi terdapat pada perlakuan A₂K₂, yaitu: 743,33 Cp dan nilai viskositas *peaghurt* terendah terdapat pada perlakuan A₁K₁, yaitu: 126,67 Cp (Gambar 4). Hal ini disebabkan kondisi pH A₂K₂ lebih asam daripada pH A₁K₁, yang diakibatkan dari tingginya produksi asam laktat selama proses fermentasi pada perlakuan A₂K₂. Saat nilai pH *peaghurt* lebih rendah dari titik isoelektrik glisinin (pH 5,2) dan β-konglisinin (pH 4,95) (Thiering *et al.*, 2001) yang merupakan kandungan protein dengan kadar tertinggi dalam kedelai hitam dan kedelai kuning (Murphy, 2008) serta lebih rendah dari titik isoelektrik phaseolin (pH 4,5) yang merupakan kandungan protein dengan kadar tertinggi dalam kacang merah (Rahmati *et al.*, 2017), menyebabkan tekstur *peaghurt* semakin kental dan terjadi peningkatan pada viskositasnya (Lee dan Lucey, 2010). Selain itu, kadar protein (37 g) dan kadar lemak (20 g) kedelai hitam (Kanetro, 2017) lebih besar dibandingkan kadar protein (22,1 g) dan kadar lemak (1,1 g) kacang merah (Tim Update TKPI Kemenkes, 2018). Kadar protein yang tinggi dapat membentuk jaringan yang lebih padat, yang dapat

mengurangi kelarutan dan kemampuan protein untuk mengikat air, sehingga terjadi peningkatan viskositas (Damodaran, 2008).¹⁹ Adapun kadar lemak dalam susu kacang juga akan mempengaruhi kekuatan struktur gel yang terbentuk pada produk *peaghurt* sehingga peningkatan kadar lemak akan meningkatkan nilai viskositas pada *peaghurt* (Yu *et al.*, 2016).⁴ Peningkatan viskositas juga terjadi disebabkan adanya peningkatan jumlah eksopolisakarida (EPS) yang diproduksi oleh BAL.³¹ Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Buldo *et al.* (2016) menjelaskan bahwa karakteristik spesifik dari eksopolisakarida (EPS) bersama dengan jumlah dan komposisi protein susu kacang, sangat menentukan sifat viskoelastis dan sifat organoleptik seperti kelembutan dan kekentalan saat dikonsumsi. EPS yang dihasilkan oleh berbagai strain bakteri dapat berinteraksi secara berbeda dengan protein susu kacang, yang pada akhirnya mempengaruhi tekstur dan rasa produk *peaghurt* (Sieuwerts, 2016).

Selain itu, pada penelitian ini penurunan total tanin berbanding lurus dengan peningkatan² kadar asam laktat yang dihasilkan dalam fermentasi. Hal ini dikarenakan enzim tanase ekstraseluler yang dihasilkan oleh BAL selama proses fermentasi dapat menguraikan tanin menjadi glukosa dan asam galat (Setiarto dan Widhyastuti, 2017), yang kemudian glukosa tersebut dapat digunakan untuk memproduksi asam laktat pada jalur glikolisis.

Nilai total tanin *peaghurt* tertinggi terdapat pada perlakuan A₁K₂, yaitu: 21,48 mg/g dan nilai tanin *peaghurt* terendah terdapat pada perlakuan A₄K₃, yaitu: 4,25 mg/g (Gambar 5). Hal ini disebabkan total tanin susu kedelai hitam (24,81 mg/g) lebih tinggi daripada susu kedelai kuning (7,89 mg/g) (Tabel 4).¹² Hal tersebut diperkuat oleh penelitian yang dilakukan oleh Xu dan Chang (2008) bahwa kedelai hitam memiliki kandungan tanin (6,96 mg/g) lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai kuning (2,15 mg/g).²⁹ Tanin merupakan senyawa metabolit sekunder yang memiliki beragam manfaat, seperti berperan sebagai astringen, anti diare, anti bakteri, antiinflamasi, dan antioksidan (Malangngi *et al.*, 2012). Namun di sisi lain, tanin⁷⁴ menyebabkan rasa pahit pada makanan (Awika dan Rooney, 2004) dan menurunkan daya cerna protein dengan membuatnya lebih sulit dicerna oleh enzim protease serta menghambat absorpsi mineral seperti besi dan magnesium (Goldstein dan Swain,

1965), yang pada akhirnya dapat menurunkan nilai gizi makanan. Sehubungan dengan pernyataan tersebut, maka diperlukan pengolahan makanan yang tidak hanya meningkatkan rasa dan kelezatan makanan berbahan dasar kacang-kacangan, tetapi juga meningkatkan penyerapan nutrisi oleh tubuh dengan menginaktivasi faktor-faktor antinutrisi, seperti tanin, inhibitor tripsin dan hemaglutin (Xu dan Chang, 2008).⁷ Salah satu metode pengolahan makanan yang dapat digunakan untuk menurunkan total tanin, yaitu: fermentasi menggunakan BAL.

Penurunan nilai total tanin *peaghurt* tertinggi terdapat pada perlakuan A₄K₃, yaitu: 46,18% dan penurunan nilai total tanin *peaghurt* terendah terdapat pada perlakuan A₁K₁, yaitu: 12,79% (Gambar 6). Hal ini dikarenakan susu kedelai kuning memiliki komposisi karbohidrat (24,9 g),⁶⁴ protein (40,4 g), dan lemak (16,7 g) yang lebih tinggi dan lebih mudah dimetabolisme oleh ketiga jenis starter BAL dibandingkan dengan komposisi karbohidrat²³ (56,2 g), protein (22,1 g), dan lemak (1,1 g) pada susu kacang merah (Tim Update TKPI Kemenkes, 2018). Hal ini sesuai dengan pernyataan Rahmaeti (2018) bahwa komposisi nutrisi yang meliputi karbohidrat, protein, dan lemak pada substrat susu kacang memiliki peran penting dalam mendukung proses metabolisme yang diperlukan untuk pertumbuhan BAL. Menurut Setiarto dan Widhyastuti (2017) bahwa⁵ rendahnya aktivitas enzim tanase disebabkan oleh komposisi substrat yang kurang tepat. Dengan semakin pesatnya pertumbuhan starter BAL, maka semakin tinggi aktivitas enzim tanase yang dihasilkan, sehingga semakin tinggi pula penurunan total tanin pada substrat. Enzim tanase merupakan³² enzim yang mengkatalisis reaksi hidrolisis ikatan ester yang terdapat dalam tanin terhidrolisis dan ester asam galat menjadi asam galat dan glukosa (Aguilar *et al.*, 2007). Selain itu, setiap jenis mikroba menghasilkan aktivitas enzim tanase yang relatif berbeda nyata satu sama lain (Setiarto dan Widhyastuti, 2017). Hal tersebut terbukti pada penelitian ini bahwa *peaghurt* dengan perlakuan⁷ kombinasi starter BAL *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus*, dan *Lactobacillus plantarum* (A₄) memiliki aktivitas enzim tanase yang lebih tinggi daripada *peaghurt* dengan perlakuan kombinasi starter BAL *Lactobacillus bulgaricus*

dan *Streptococcus thermophilus* (A₁). Selain karena *peaghurt* dengan perlakuan kombinasi jenis starter BAL A₄ lebih banyak dan bervariasi jenis bakterinya daripada kombinasi jenis starter BAL A₁, aktivitas enzim tanase bakteri *Lactobacillus plantarum* lebih tinggi daripada bakteri *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Menurut Rodríguez *et al.* (2008) bahwa BAL *L. plantarum* yang diisolasi dari fermentasi anggur mampu menghasilkan enzim tanase dengan aktivitas tinggi sehingga dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas organoleptik produk pangan. Pernyataan tersebut didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Oriabinska *et al.* (2018) bahwa BAL *Lactobacillus plantarum* menghasilkan nilai aktivitas enzim tanase (0,024 U/mL) lebih tinggi dibandingkan dengan nilai aktivitas enzim tanase yang diproduksi oleh BAL *Lactobacillus bulgaricus* (0,009 U/mL). Sementara itu, nilai aktivitas enzim tanase yang diproduksi oleh BAL *Streptococcus thermophilus* belum diketahui bahkan belum pernah dilakukan penelitian sebelumnya.

BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Setiap kombinasi starter BAL *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Streptococcus thermophilus* memiliki kemampuan fermentasi susu kacang yang berbeda.
2. Adanya perbedaan hubungan interaksi kombinasi starter BAL dengan jenis susu kacang yang berbeda terhadap kualitas fisikokimia *peaghurt*.
3. Semakin tinggi nilai kadar asam laktat *peaghurt*, semakin tinggi pula penurunan nilai total tanin *peaghurt*, tetapi semakin rendah nilai pH *peaghurt*, yang dapat berdampak pada peningkatan viskositas (kekentalan) *peaghurt*.
4. Kombinasi starter BAL terbaik dalam memfermentasi susu kacang adalah BAL dengan perlakuan A₂ (*Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus plantarum*).
5. Komposisi nutrisi yang terdapat pada susu kacang kedelai, terutama kedelai hitam (K₂), merupakan komposisi substrat yang paling sesuai untuk digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *peaghurt*.
6. Kualitas fisikokimia *peaghurt* susu kedelai hitam (K₂) dengan kombinasi starter BAL *Lactobacillus bulgaricus* dan *Lactobacillus plantarum* (A₂) merupakan kombinasi starter BAL dengan kemampuan fermentasi *peaghurt* tertinggi.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat disampaikan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian terkait aspek organoleptik, kandungan gizi, dan bioavailabilitas senyawa bioaktif terhadap produk *peaghurt* dengan berbagai zat tambahan (seperti zat pengental dan perasa).
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kadar air, kadar abu, cemaran logam, dan cemaran mikroba produk berdasarkan SNI.

● 19% Overall Similarity

Top sources found in the following databases:

- 17% Internet database
- 7% Publications database
- Crossref database
- Crossref Posted Content database
- 13% Submitted Works database

TOP SOURCES

The sources with the highest number of matches within the submission. Overlapping sources will not be displayed.

1	123dok.com Internet	1%
2	scribd.com Internet	1%
3	ejournal.kemenperin.go.id Internet	1%
4	journal.ipb.ac.id Internet	<1%
5	researchgate.net Internet	<1%
6	text-id.123dok.com Internet	<1%
7	repository.ub.ac.id Internet	<1%
8	jurnalpangan.com Internet	<1%

9	media.neliti.com	Internet	<1%
10	id.123dok.com	Internet	<1%
11	Universitas Muria Kudus on 2017-03-23	Submitted works	<1%
12	adoc.pub	Internet	<1%
13	Andhika Agus Setyawan, Sukanto Sukanto, Endang Widyastuti. "POPUL...	Crossref	<1%
14	jurnalnasional.ump.ac.id	Internet	<1%
15	Politeknik Negeri Jember on 2018-10-25	Submitted works	<1%
16	Universitas Sam Ratulangi on 2019-06-28	Submitted works	<1%
17	Adevika Rahmadani, Ridwanto Ridwanto, Anny Sartika Daulay, Haris M...	Crossref	<1%
18	core.ac.uk	Internet	<1%
19	e-journal.unair.ac.id	Internet	<1%
20	zombiedoc.com	Internet	<1%

21	anthosusantho.wordpress.com Internet	<1%
22	eprints.walisongo.ac.id Internet	<1%
23	repository2.unw.ac.id Internet	<1%
24	pangan.unpas.ac.id Internet	<1%
25	Universitas Nasional on 2020-10-06 Submitted works	<1%
26	Annisa Alya Chosyatillah, Ida Agustini Saidi. "The Effect of Various Con... Crossref	<1%
27	Universitas Muhammadiyah Surakarta on 2022-03-04 Submitted works	<1%
28	de.scribd.com Internet	<1%
29	Unika Soegijapranata on 2015-11-04 Submitted works	<1%
30	id.scribd.com Internet	<1%
31	pdffox.com Internet	<1%
32	repository.usd.ac.id Internet	<1%

33	jnp.fapet.unsoed.ac.id	Internet	<1%
34	jurnalmahasiswa.stiesia.ac.id	Internet	<1%
35	repository.unhas.ac.id	Internet	<1%
36	Universitas Putera Batam on 2020-12-03	Submitted works	<1%
37	acopen.umsida.ac.id	Internet	<1%
38	Badan PPSDM Kesehatan Kementerian Kesehatan on 2022-01-14	Submitted works	<1%
39	Karadeniz Teknik University on 2022-05-16	Submitted works	<1%
40	Universitas Pendidikan Indonesia on 2015-08-19	Submitted works	<1%
41	e-journal.poltekkesjogja.ac.id	Internet	<1%
42	repository.ipb.ac.id	Internet	<1%
43	repository.unair.ac.id	Internet	<1%
44	repository.unej.ac.id	Internet	<1%

45	saburai.id Internet	<1%
46	Sri Mulyani, Kusuma Melati Faizun Sunarko, Bhakti Etza Setiani. "Peng... Crossref	<1%
47	Unika Soegijapranata on 2015-10-08 Submitted works	<1%
48	Universitas Brawijaya on 2020-05-26 Submitted works	<1%
49	Universitas Jenderal Soedirman on 2019-05-09 Submitted works	<1%
50	ejournal.unib.ac.id Internet	<1%
51	jurnal.unimed.ac.id Internet	<1%
52	Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada on 2018-12-12 Submitted works	<1%
53	Politeknik Negeri Bandung on 2018-08-07 Submitted works	<1%
54	Universitas Jenderal Soedirman on 2019-08-11 Submitted works	<1%
55	Universitas Muhammadiyah Surakarta on 2017-10-19 Submitted works	<1%
56	Universitas Pelita Harapan Submitted works	<1%

57	jatp.ift.or.id Internet	<1%
58	nanopdf.com Internet	<1%
59	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet	<1%
60	repository.its.ac.id Internet	<1%
61	repository.uhn.ac.id Internet	<1%
62	savana-cendana.id Internet	<1%
63	wirausaha-online.tripod.com Internet	<1%
64	Fitria Maulita, Utami Sri Hastuti, Sitoresmi Prabaningtyas. "Identifikasi ... Crossref	<1%
65	Sriwijaya University on 2019-08-08 Submitted works	<1%
66	Sriwijaya University on 2024-09-18 Submitted works	<1%
67	Subhan Maulana Ishaq, Pradiptya Ayu Harsita. "Kualitas Fisikokimia Da... Crossref	<1%
68	Udayana University on 2016-01-28 Submitted works	<1%

69	Universitas Diponegoro on 2023-05-10	<1%
	Submitted works	
70	Universitas Jenderal Soedirman on 2019-11-05	<1%
	Submitted works	
71	Universitas Muhammadiyah Surakarta on 2014-08-16	<1%
	Submitted works	
72	Universitas Nasional on 2020-10-21	<1%
	Submitted works	
73	Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya on 2018...	<1%
	Submitted works	
74	Universitas Negeri Surabaya The State University of Surabaya on 2019...	<1%
	Submitted works	
75	Universitas Pelita Harapan	<1%
	Submitted works	
76	mulyadiveterinary.wordpress.com	<1%
	Internet	
77	pangan.unisri.ac.id	<1%
	Internet	
78	repository.umsu.ac.id	<1%
	Internet	
79	repository.unas.ac.id	<1%
	Internet	
80	repository.usu.ac.id	<1%
	Internet	

81	sendipositron.blogspot.com Internet	<1%
82	simpen.lppm.ut.ac.id Internet	<1%
83	vdocuments.mx Internet	<1%
84	jurnal.unsyiah.ac.id Internet	<1%
85	neliti.com Internet	<1%
86	slideshare.net Internet	<1%