

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil

Hasil penelitian karakteristik fisikokimia yoghurt dari jenis susu yang berbeda dengan penambahan CMC tertera pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Rataan pH, total asam tertitrasi, dan viskositas yoghurt dari jenis susu yang berbeda dengan penambahan CMC

| Perlakuan | Level CMC (%) | pH | TAT (%) | Viskositas (cP) |
|--------------------------|---------------|-------------|-------------|------------------|
| Jenis Susu | | | | |
| Susu sapi segar | 0 | 4,94 ± 0,03 | 1,62 ± 0,05 | 639,27 ± 36,68 |
| | 0,3 | 5,24 ± 0,09 | 1,08 ± 0,15 | 85,72 ± 9,35 |
| | 0,6 | 5,16 ± 0,10 | 1,29 ± 0,07 | 2675,50 ± 210,79 |
| Susu UHT <i>low fat</i> | 0 | 4,82 ± 0,01 | 1,44 ± 0,03 | 464,37 ± 16,84 |
| | 0,3 | 4,87 ± 0,16 | 1,25 ± 0,10 | 487,03 ± 33,12 |
| | 0,6 | 5,00 ± 0,01 | 1,49 ± 0,03 | 3266,87 ± 130,25 |
| Susu UHT <i>full fat</i> | 0 | 4,89 ± 0,01 | 1,73 ± 0,04 | 840,80 ± 13,08 |
| | 0,3 | 4,85 ± 0,03 | 1,58 ± 0,05 | 951,60 ± 68,90 |
| | 0,6 | 4,93 ± 0,03 | 1,83 ± 0,02 | 3120,47 ± 532,86 |
| J | | ** | ** | ** |
| L | | ** | ** | ** |
| JxL | | ** | ** | ** |

J = jenis susu; L = level CMC; J x L = interaksi antara jenis susu dan penambahan CMC

** = berpengaruh sangat nyata (P<0,01), ns = tidak berpengaruh nyata

Hasil analisis pada Tabel 7 menunjukkan bahwa jenis susu berpengaruh sangat nyata terhadap pH, total asam tertitrasi, viskositas. Level CMC berpengaruh sangat nyata terhadap pH, total asam tertitrasi, viskositas. Interaksi jenis susu dan level CMC berpengaruh sangat nyata terhadap pH, total asam tertitrasi, viskositas.

Tabel 8. Rataan sineresis, WHC, kadar air, dan total padatan yoghurt dari jenis susu yang berbeda dengan penambahan CMC

| Perlakuan | Level CMC (%) | Sineresis (%) | WHC (%) | Kadar Air (%) | Total Padatan (%) |
|--------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|
| Jenis Susu | | | | | |
| Susu sapi segar | 0 | 40,76 ± 1,49 | 37,32 ± 5,28 | 88,18 ± 0,51 | 11,82 ± 0,51 |
| | 0,3 | 16,32 ± 3,13 | 34,69 ± 6,23 | 86,58 ± 0,64 | 13,42 ± 0,64 |
| | 0,6 | 6,83 ± 3,53 | 68,43 ± 11,70 | 87,39 ± 0,47 | 12,61 ± 0,47 |
| Susu UHT <i>low fat</i> | 0 | 26,37 ± 0,90 | 48,45 ± 0,26 | 90,30 ± 0,04 | 9,70 ± 0,04 |
| | 0,3 | 16,79 ± 2,86 | 25,82 ± 2,83 | 89,82 ± 0,36 | 10,18 ± 0,36 |
| | 0,6 | 1,80 ± 1,37 | 80,77 ± 3,56 | 89,83 ± 0,29 | 10,17 ± 0,29 |
| Susu UHT <i>full fat</i> | 0 | 14,71 ± 3,22 | 78,91 ± 0,30 | 88,24 ± 0,20 | 11,76 ± 0,20 |
| | 0,3 | 20,45 ± 2,81 | 50,60 ± 0,62 | 87,84 ± 0,14 | 12,16 ± 0,14 |
| | 0,6 | 0,59 ± 0,09 | 98,88 ± 0,54 | 87,64 ± 0,14 | 12,36 ± 0,14 |
| J | | ** | ** | ** | ** |
| L | | ** | ** | ** | ** |
| JxL | | ** | ** | ns | ns |

J = jenis susu; L = level CMC; J x L = interaksi antara jenis susu dan penambahan CMC

** = berpengaruh sangat nyata (P<0,01), ns = tidak berpengaruh nyata

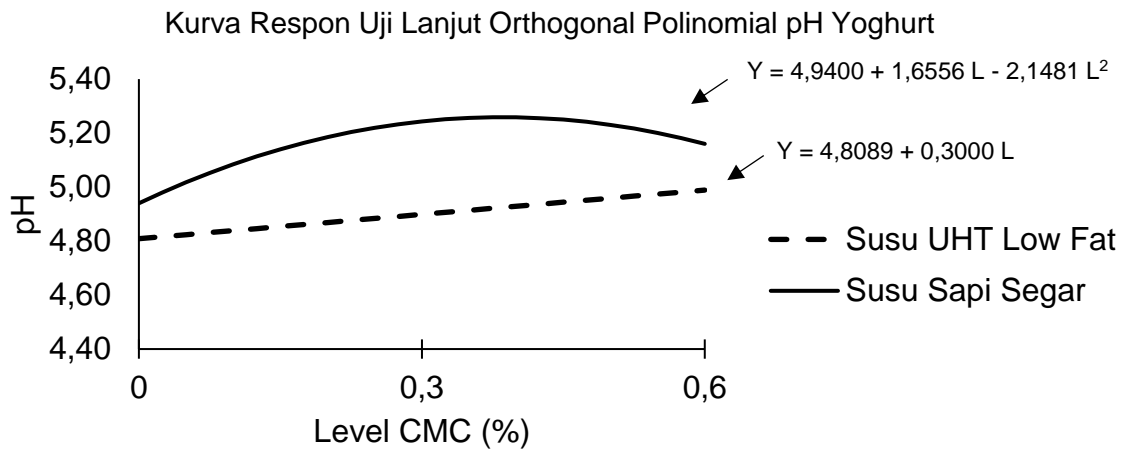
Hasil analisis pada Tabel 8 menunjukkan bahwa jenis susu berpengaruh sangat nyata terhadap sineresis, WHC, kadar air dan total padatan yoghurt. Level CMC berpengaruh sangat nyata terhadap sineresis, WHC, kadar air dan total padatan yoghurt. Interaksi jenis susu dan level CMC berpengaruh sangat nyata terhadap sineresis dan WHC yoghurt.

5.2. Pembahasan

5.2.1. Nilai pH

Berdasarkan hasil penelitian yang tertera pada Tabel 7 menunjukkan nilai pH yoghurt dengan penambahan CMC pada susu sapi segar memiliki kisaran 4,94 – 5,24, susu UHT *low fat* sebesar 4,82 – 5,00, susu UHT *full fat* sebesar 4,85 – 4,93. Hasil penelitian Sukarminah et al. (2018), bahwa rata-rata nilai pH yoghurt sinbiotik *puree* pisang kepok dengan penambahan CMC 0,2% yaitu sebesar 3,87. Hasil penelitian Ikarini et al. (2021), bahwa nilai pH yoghurt jeruk dengan penambahan CMC 0,2% yaitu sebesar 4,3. Menurut Jannah et al. (2014), bahwa yoghurt memiliki pH berkisar 5,0. Menurut Oktaviana et al. (2015), bahwa pH yoghurt yang dihasilkan berkisar antara 5,53 – 5,83. Rasbawati et al. (2019), menyatakan bahwa yoghurt dengan dasar susu murni memiliki pH sebesar 4,5. Nilai pH yang berbeda-beda karena perbedaan perlakuan yang diberikan. Marnianti et al. (2021), menyatakan bahwa faktor utama keberhasilan proses fermentasi produk yoghurt adalah terciptanya lingkungan asam dengan tingkat pH sekitar 4,5–6. Kondisi ini ideal untuk merangsang pertumbuhan BAL, khususnya *L. bulgaricus* dan *S. thermophilus*, yang juga dapat berpengaruh pada kualitas yoghurt.

Nilai pH yoghurt dapat dipengaruhi oleh proses fermentasi dan penambahan bahan penstabil. Wardhani et al. (2015), menyatakan bahwa derajat keasaman yoghurt dipengaruhi oleh lama waktu fermentasi. Jika waktu fermentasinya lama maka akan menghasilkan derajat keasaman yang rendah. Susanto et al. (2014), menyatakan bahwa jumlah substrat akan meningkat karena adanya glukosa, sukrosa dan fruktosa yang akan dimanfaatkan oleh BAL sehingga dihasilkan asam piruvat dengan menggunakan enzim laktat dehidrogenase, asam piruvat akan berubah menjadi asam laktat. Rizal et al. (2016), menyatakan bahwa semakin banyak konsentrasi bahan penstabil (gum arab, gelatin, dan CMC) yang ditambahkan pada yoghurt akan menyebabkan peningkatan pH meskipun tidak signifikan.



Gambar 4. Uji lanjut orthogonal polinomial pH yoghurt dari jenis susu yang berbeda dan penambahan CMC

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara jenis susu dan penambahan CMC, interaksi berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap nilai pH yoghurt. Semakin tinggi penambahan CMC akan menghasilkan respon nilai pH yang berbeda pada masing-masing jenis susu. Berdasarkan hasil uji orthogonal polinomial (Gambar 4) menunjukkan bahwa penambahan CMC memberikan perbedaan yang sangat nyata pada pH yoghurt susu sapi segar dan susu UHT *low fat*, namun tidak memberikan perbedaan pada susu UHT *full fat*. Semakin tinggi penambahan CMC pada yoghurt susu sapi segar maka menghasilkan pH yang semakin menurun secara kuadrater mengikuti garis persamaan $Y = 4,9400 + 1,6556 L - 2,1481 L^2$. Titik belok $X = 0,38$, titik belok $Y = 5,25$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 81,22%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai pH yoghurt susu sapi segar sebesar 81,22% dipengaruhi oleh level CMC. Penurunan pH yoghurt susu sapi segar terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,38%. Semakin tinggi penambahan CMC pada yoghurt susu UHT *low fat* maka menghasilkan pH yang semakin meningkat secara linier mengikuti garis persamaan $Y = 4,8089 + 0,3000 L$. Nilai koefisien determinasi (R^2) = 45,38%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai pH yoghurt susu UHT *low fat* sebesar 45,38% dipengaruhi oleh level CMC. Hal ini diduga karena perbedaan kandungan lemak susu. Pada susu sapi segar memiliki kandungan lemak yang tinggi sedangkan pada susu UHT *low fat* memiliki kandungan lemak yang rendah. Lemak akan melindungi BAL dari pH yang rendah sehingga dapat menjaga daya hidup BAL dan aktivitasnya menjadi optimal. Jika kandungan lemak rendah maka komponen matriks menjadi lemah, maka tidak dapat melindungi BAL sehingga aktivitas BAL kurang optimal dan terjadi peningkatan pH. Hal tersebut sesuai dengan Kusuma et al. (2015), bahwa perbedaan kandungan lemak pada jenis susu mempengaruhi BAL. Kandungan lemak yang tinggi pada yoghurt memiliki matriks yang lebih kompak daripada yoghurt susu UHT *low fat*. Komponen matriks yang kompak terdiri dari lemak dan protein. Lemak akan melindungi

BAL dari pH rendah dan menjaga viabilitas BAL. Kandungan lemak yang rendah pada yoghurt susu UHT *low fat* memiliki matriks yang kurang padat, sehingga tidak dapat melindungi BAL dari pH rendah dan menurunkan viabilitas BAL. Faktor lain yang berpengaruh yaitu nilai pH awal susu. Nilai pH awal susu sapi segar sebesar 7,03 sedangkan pada susu UHT *low fat* sebesar 7,10. Nilai pH awal susu UHT *low fat* lebih tinggi daripada nilai pH susu sapi segar. Hal ini berpengaruh pada nilai pH akhir yoghurt susu UHT *low fat* yang dihasilkan tinggi. Respon level CMC pada yoghurt susu UHT *full fat* tidak memberikan pengaruh yang nyata, nilai pH tidak selalu berkebalikan dengan nilai total asam tertitiasi. Nilai pH yoghurt susu UHT *full fat* diduga karena pH awal bahan baku. Penambahan CMC pada jenis susu yang berbeda menghasilkan respon nilai pH yang berbeda-beda.

Interaksi penambahan CMC 0,3% pada yoghurt susu sapi segar berbeda sangat nyata dengan yoghurt susu UHT *low fat*. Penambahan CMC 0,6% pada yoghurt susu sapi segar berbeda nyata dengan susu UHT *full fat* (Lampiran 1). Hal ini membuktikan bahwa penambahan CMC pada jenis susu mempengaruhi nilai pH yoghurt yang dihasilkan. Hal ini diduga karena peranan CMC yang bersifat basa sehingga mempengaruhi kerja dari BAL untuk memproduksi asam laktat sehingga menghasilkan nilai pH yang berbeda. Hal ini sesuai dengan Rahmaningtyas et al. (2016) larutan akan lebih basa karena CMC adalah garam dari basa kuat dan asam lemah.

Yoghurt pada susu UHT *full fat* dengan penambahan CMC 0,3% mengalami penurunan nilai pH, sedangkan yoghurt pada susu sapi segar dan susu UHT *low fat* mengalami kenaikan. Hal ini sesuai dengan Cakrawati and Kusumah (2016), bahwa penambahan CMC 0,4% pada yoghurt dapat menurunkan nilai pH. Hal ini karena CMC memiliki kemampuan untuk mengikat komponen dalam sampel, membentuk gel sehingga dapat menurunkan pH. Kemudian pH kembali mengalami peningkatan karena berakhirnya fase pertumbuhan bakteri. CMC dapat menjaga kestabilan nilai pH.

Yoghurt dari jenis susu yang berbeda dengan penambahan penstabil CMC menunjukkan perbedaan pada setiap level 0; 0,3; 0,6% terhadap pH yoghurt yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan pH yoghurt pada jenis susu yang berbeda dengan konsentrasi CMC 0,6% terjadi penurunan pada susu sapi segar dan peningkatan pada susu UHT *low fat* dan susu UHT *full fat*. Hal ini disebabkan kenaikan pH disebabkan karena seiring bertambahnya level CMC. CMC memiliki sifat basa sehingga kinerja dari bakteri asam laktat terhambat hal ini akan meningkatkan pH yoghurt. Hal tersebut sesuai dengan Sukarminah et al. (2018), bahwa yoghurt dengan penambahan CMC akan meningkatkan pH karena CMC memiliki gugus karboksil. CMC merupakan hidrokoloid yang mengandung banyak gugus karboksil dan mudah terhidrolisis, sehingga meningkatkan pH. Semakin tinggi konsentrasi CMC yang ditambahkan, semakin tinggi gugus karboksil yang

terhidrolisis dan semakin tinggi pH. Safitri et al. (2017), menyatakan bahwa CMC dapat dibuat dari selulosa kayu karena mengandung selulosa sebesar 42-47% dan CMC bersifat basa.

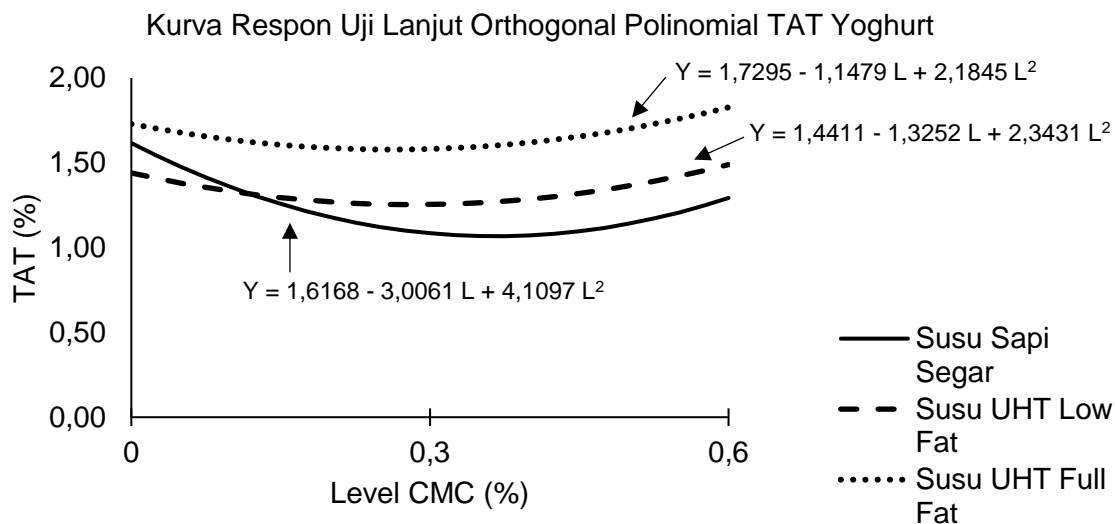
5.2.2. Total Asam Titrasi

Berdasarkan hasil penelitian yang tertera pada Tabel 7 menunjukkan total asam titrasi yoghurt pada susu sapi segar memiliki kisaran 1,08 – 1,62%, susu UHT *low fat* sebesar 1,25 – 1,49%, susu UHT *full fat* sebesar 1,58 – 1,83%. Hasil penelitian Ikarini et al. (2021), bahwa total asam yoghurt jeruk dengan penambahan CMC 0,2% yaitu sebesar 0,52%. Hasil penelitian Prasetya et al. (2022), bahwa total asam titrasi yoghurt dengan penambahan hidrokoloid (gelatin) yaitu sebesar 1,34%. Hasil penelitian Nugraha et al. (2022), bahwa penambahan hidrokoloid 0,5% pada yoghurt pisang ambon memiliki total asam sebesar 0,56%. Hal tersebut sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional Indonesia (2009), bahwa ketika yoghurt disimpan selama 24 jam, kadar total asam pada yoghurt sebesar 0,5–2,0%. Total asam titrasi berbeda-beda karena perlakuan yang diberikan berbeda-beda dan faktor yang mempengaruhi total asam pada yoghurt yaitu kandungan laktosa. Hal tersebut sesuai dengan Dibyanti et al. (2014), bahwa metabolisme laktosa oleh bakteri asam laktat mempengaruhi total asam yoghurt sehingga menimbulkan rasa asam pada yoghurt dan pengendapan kasein.

Faktor lain yang mempengaruhi total asam yoghurt yaitu waktu fermentasi. Hal tersebut sesuai dengan Wardhani et al. (2015), bahwa umumnya lama proses fermentasi mempengaruhi berapa banyak asam laktat yang dihasilkan. Jumlah asam laktat yang dihasilkan meningkat seiring dengan waktu fermentasi. Suhu inkubasi dan jenis bakteri juga berpengaruh terhadap total asam yoghurt. Menurut Purwantiningsih et al. (2022) bahwa pada proses pembuatan yoghurt bakteri asam laktat yang digunakan yaitu *Lactobacillus bulgaricus* dan *Streptococcus thermophilus*. Kemampuan *Lactobacillus bulgaricus* memfermentasi laktosa dan glukosa bekerja secara optimum pada suhu 45–50°C. Strain *Lactobacillus bulgaricus* lebih tahan pada kondisi asam. Strain *Streptococcus thermophilus* memiliki suhu pertumbuhan ideal 40–45°C dan ketahanan keasaman 0,85–0,89%. Bakteri khusus ini hanya menghasilkan asam laktat selama fermentasi berlangsung.

Total asam titrasi berbanding terbalik dengan pH yoghurt. Hasil penelitian menunjukkan penambahan CMC 0,3% pada yoghurt pada susu sapi segar memiliki total asam yang terendah yaitu sebesar 1,08% dan memiliki nilai pH yang tertinggi yaitu sebesar 5,24. Namun, total asam titrasi yoghurt pada susu UHT *low fat* dan susu UHT *full fat* dengan penambahan CMC 0,6% menghasilkan total asam yang tinggi sejalan dengan nilai pH yang dihasilkan. Menurut Sah et al. (2016), bahwa nilai total asam titrasi berbanding terbalik dengan nilai pH. Nilai total asam titrasi pada yoghurt dapat dinyatakan dengan ukuran persen asam laktat yaitu penyusun asam laktat terbesar hasil dari fermentasi

yoghurt. Menurut Wardani et al. (2017), bahwa peningkatan total asam yoghurt tidak selalu sesuai dengan besarnya pH. Hal ini terjadi karena asam laktat yang dihasilkan dalam pembuatan yoghurt memiliki keasaman yang lemah, sehingga memberikan pengaruh pada pH kecil.



Gambar 5. Uji lanjut orthogonal polinomial total asam tertitrasi yoghurt dari jenis susu yang berbeda dan penambahan CMC

Hasil analisis variansi bahwa terdapat interaksi antara jenis susu dan penambahan CMC, interaksi berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap total asam tertitrasi yoghurt. Berdasarkan hasil uji orthogonal polinomial (Gambar 5) menunjukkan bahwa penambahan CMC memberikan perbedaan yang sangat nyata pada total asam tertitrasi yoghurt susu sapi segar, susu UHT *low fat*, susu UHT *full fat*. Semakin tinggi penambahan CMC pada jenis susu yang berbeda, maka menghasilkan total asam tertitrasi yang semakin meningkat secara kuadrater pada yoghurt susu sapi segar mengikuti garis persamaan $Y = 1,6168 - 3,0061 L + 4,1097 L^2$. Titik belok $X = 0,36$, titik belok $Y = 1,06$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 87,17%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai total asam tertitrasi yoghurt susu sapi segar sebesar 87,17% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan total asam tertitrasi yoghurt susu sapi segar terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,36%. Yoghurt susu UHT *low fat* mengikuti garis persamaan $Y = 1,4411 - 1,3252 L + 2,3431 L^2$. Titik belok $X = 0,28$, titik belok $Y = 1,25$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 79,19%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai total asam tertitrasi yoghurt susu UHT *low fat* sebesar 79,19% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan total asam tertitrasi yoghurt susu UHT *low fat* terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,28%. Yoghurt susu UHT *full fat* mengikuti garis persamaan $Y = 1,7295 - 1,1479 L + 2,1845 L^2$. Titik belok $X = 0,26$, titik belok $Y = 1,57$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 90,04%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi nilai total asam tertitrasi yoghurt susu UHT *full fat* sebesar 90,04% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan total asam tertitrasi yoghurt susu UHT *full fat* terjadi setelah penambahan CMC

sebesar 0,26%. Total asam tertitrasi yoghurt pada susu UHT full fat tidak semuanya dipengaruhi oleh pH tetapi terdapat pengaruh lain yaitu kerja dari BAL. Hal ini diduga adanya perbedaan kandungan laktosa pada masing-masing jenis susu. Laktosa dimanfaatkan oleh bakteri asam laktat untuk menghasilkan asam. Kandungan laktosa yang berbeda-beda akan menghasilkan total asam yang berbeda-beda pada masing-masing jenis susu. Hal tersebut sesuai Sawitri (2012), bahwa kandungan laktosa yang berbeda mempengaruhi total asam yoghurt. Laktosa dan kasein merupakan komponen yang sangat diperlukan dalam proses fermentasi guna dimetabolisme menjadi asam laktat, asam asetat, diasetil dan alkohol. Menurut Ramadhan et al. (2013), bahwa hidrolisis laktosa dan sukrosa menghasilkan monosakarida, yang sebagian digunakan sebagai sumber nutrisi oleh BAL dan beberapa di antaranya difermentasi menjadi asam laktat melalui reaksi glikolisis. Semakin banyak asam laktat yang dihasilkan akibat pembentukan asam laktat yang terjadi secara anaerob. Penambahan CMC pada jenis susu yang berbeda menghasilkan respon nilai total asam tertitrasi yang berbeda-beda.

Yoghurt susu sapi segar, susu UHT *low fat* dan susu UHT *full fat* memiliki kandungan laktosa yang tinggi sehingga laktosa merupakan sumber energi untuk BAL. BAL akan menghasilkan asam laktat, semakin tinggi asam laktat yang dihasilkan maka asam yang terbentuk semakin banyak. Hal tersebut sesuai Julianto et al. (2016) dengan laktosa dan sukrosa akan dihidrolisis menjadi monosakarida yang sebagian akan digunakan sebagai sumber energi bagi BAL dan sebagian lagi difermentasi menjadi asam laktat melalui reaksi glikolisis. Asam laktat yang terbentuk berlangsung secara anaerob, sehingga semakin banyak asam laktat yang dihasilkan, maka akan total asam semakin meningkat.

Penambahan CMC pada yoghurt susu sapi segar, susu UHT *low fat* dan susu UHT *full fat* dapat meningkatkan total asam tertitrasi, karena CMC dapat membentuk gel. Hal tersebut sesuai dengan Wijaya et al. (2012a), menyatakan bahwa penambahan hidrokoloid dengan persentase tinggi akan meningkatkan total asam, hal ini karena hidrokoloid memiliki kemampuan untuk membentuk gel. Hidrokoloid mampu mengikat asam dan zat lainnya, sehingga dapat membantu mencegah kerusakan oksidatif pada komponen. Jayanti et al. (2015), menyatakan bahwa kasein mengalami penggumpalan sehingga membentuk gel karena total asam yang meningkat disebabkan oleh produksi asam laktat oleh bakteri asam laktat. Semakin tinggi penambahan CMC pada yoghurt maka total asam semakin meningkat karena CMC mengandung glukosa yang dimanfaatkan oleh BAL untuk menghasilkan asam. Hal ini sesuai dengan Krisnaningsih et al. (2018), bahwa dengan ditamahnya *stabilizer* pada pembuatan yoghurt set akan menyebabkan meningkatnya glukosa sehingga dapat dimanfaatkan oleh BAL untuk membentuk substrat dan diubah menjadi asam laktat, oleh karena itu total asam pada yoghurt set menjadi meningkat.

Interaksi penambahan CMC 0,3% pada yoghurt susu sapi segar berbeda sangat nyata dengan penambahan CMC 0,6% pada yoghurt susu UHT *low fat*. Penambahan CMC 0,3% pada yoghurt susu sapi segar berbeda sangat nyata dengan yoghurt susu UHT *full fat* (Lampiran 2). Hal ini membuktikan bahwa penambahan CMC pada jenis susu mempengaruhi total asam tertitrasi yoghurt yang dihasilkan. Rahmaningtyas et al. (2016), bahwa total gula meningkat seiring dengan penambahan CMC karena CMC mengandung struktur polisakarida, rantai polimer yang terbuat dari unit molekul selulosa dalam bentuk rantai linier, dan banyak komponen glukosa.

Yoghurt dari jenis susu yang berbeda dengan penambahan CMC 0,3% akan menurunkan total asam tertitrasi, kemudian total asam tertitrasi meningkat dengan penambahan CMC 0,6% (Gambar 5). Rachman et al. (2018), menyatakan bahwa asam laktat yang tinggi terbentuk oleh adanya kandungan laktosa yang meningkat sebagai hasil dari fermentasi laktosa oleh BAL. Mubin and Zubaidah (2016), menyatakan bahwa saat proses fermentasi berjalan akan terbentuk asam-asam organik yang banyak, semakin lama waktu fermentasi maka asam-asam organik yang terbentuk lebih banyak. Menurut Cakrawati and Kusumah (2016), bahwa CMC dapat menurunkan produksi asam laktat dikarenakan adanya penurunan laju perkembangan bakteri yang disebabkan berkurangnya sumber makanan.

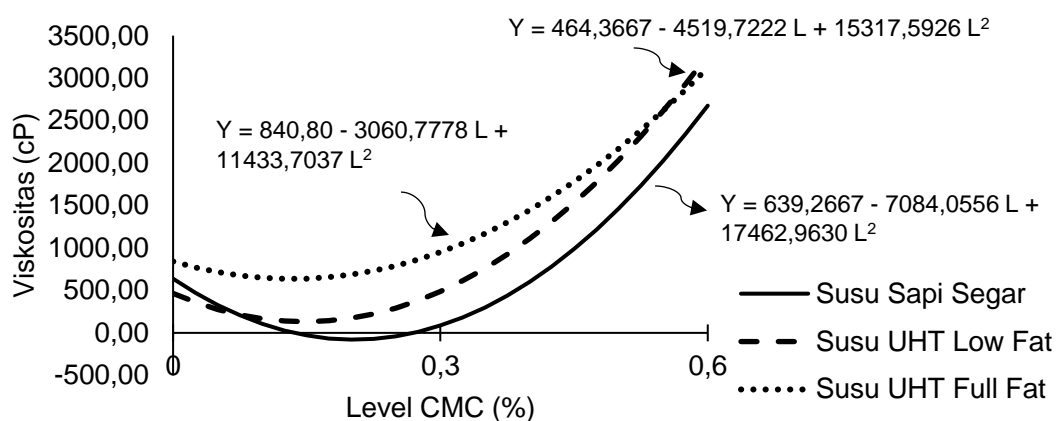
5.2.3. Viskositas

Berdasarkan hasil penelitian yang tertera pada Tabel 7 menunjukkan viskositas yoghurt dengan penambahan CMC pada susu sapi segar memiliki kisaran 85,72 – 2675,50 cP, susu UHT *low fat* sebesar 464,37 – 3266,87 cP, susu UHT *full fat* sebesar 840,80 – 3120,47 cP. Hasil penelitian Sukarminah et al. (2018), bahwa penambahan CMC 0,8% pada yoghurt sinbiotik *puree* pisang kepok menghasilkan viskositas tertinggi yaitu 4177 cP. Hasil penelitian Ago et al. (2014), bahwa penambahan CMC 1% pada yoghurt menghasilkan viskositas tertinggi yaitu 5516,7 Cps. Hasil penelitian Nugraha et al. (2022), bahwa penambahan hidrokoloid 0,5% pada yoghurt pisang ambon memiliki viskositas sebesar 2,28 Cps. Hasil penelitian Krisnaningsih et al. (2018), bahwa penambahan konsentrasi stabilizer pada yoghurt memiliki viskositas sebesar 1007,5–4596,25 cP. Viskositas yoghurt yang dihasilkan berbeda-beda karena jenis susu yang digunakan juga berbeda-beda. Hal tersebut sesuai dengan Permadi et al. (2021), bahwa viskositas yoghurt dipengaruhi oleh menggunakan jenis susu, penggunaan jenis bakteri asam laktat, kadar protein, kadar lemak, dan total padatan yang terkandung dalam susu.

Faktor yang mempengaruhi viskositas yoghurt antara lain waktu inkubasi, bahan pengental, bahan penstabil, total padatan, jenis susu. Menurut Zulaikhah (2021), bahwa jumlah total padatan, waktu inkubasi, *starter* yoghurt, dan bahan pengental merupakan faktor yang mempengaruhi peningkatan viskositas. Menurut Ningsih et al. (2019), bahwa

sifat fisik yoghurt salah satunya viskositas dapat dipengaruhi oleh adanya bahan penstabil. Menurut Handoyo and Suseno (2021), bahwa karena adanya jembatan hidrogen antara gugus hidroksil dalam air dan gugus metil karboksil pada CMC, semakin tinggi persentase CMC yang ditambahkan akan menghasilkan tingkat kekentalan yang tinggi. Menurut Sutrisno et al. (2019), bahwa *stabilizer* berfungsi untuk menstabilkan tekstur dan viskositas dalam produk pangan pada pembentukan gel. Bahan penstabil berfungsi untuk mengikat air sehingga terbentuk gel.

Kurva Respon Uji Lanjut Orthogonal Polinomial Viskositas Yoghurt



Gambar 6. Uji lanjut orthogonal polinomial viskositas yoghurt dari jenis susu yang berbeda dan penambahan CMC

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara penambahan CMC dan jenis susu terhadap viskositas yoghurt. Interaksi berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$). Berdasarkan hasil uji orthogonal polinomial (Gambar 6) menunjukkan bahwa penambahan CMC memberikan perbedaan yang sangat nyata pada viskositas yoghurt susu sapi segar, susu UHT *low fat*, susu UHT *full fat*. Semakin tinggi penambahan CMC pada jenis susu yang berbeda, maka menghasilkan viskositas yang semakin meningkat secara kuadrater pada yoghurt susu sapi segar mengikuti garis persamaan $Y = 639,2667 - 7084,0556 L + 17462,9630 L^2$. Titik belok $X = 0,20$, titik belok $Y = -79,16$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 99,18%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi viskositas yoghurt susu sapi segar sebesar 99,18% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan viskositas yoghurt susu sapi segar terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,20%. Yoghurt susu UHT *low fat* mengikuti garis persamaan $Y = 464,3667 - 4519,7222 L + 15317,5926 L^2$. Titik belok $X = 0,14$, titik belok $Y = 130,96$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 99,77%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi viskositas yoghurt susu UHT *low fat* sebesar 99,77% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan viskositas yoghurt susu sapi segar terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,14%. Yoghurt susu UHT *full fat* mengikuti garis persamaan $Y = 840,80 - 3060,7778 L + 11433,7037 L^2$. Titik belok $X = 0,13$, titik belok $Y = 635,95$ dan

nilai koefisien determinasi (R^2) = 99,49%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi viskositas yoghurt susu UHT *full fat* sebesar 99,49% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan viskositas yoghurt susu sapi segar terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,13%. Hal ini diduga penambahan CMC pada yoghurt susu sapi segar, susu UHT *low fat*, susu UHT *full fat* membentuk gel yang dapat mengikat air terbentuk jaringan tiga dimensi CMC berikatan dengan kasein susu karena interaksi protein dan pelarut. Kandungan total padatan masing-masing jenis susu berbeda dilihat dari kandungan protein. Semakin tinggi kandungan protein maka viskositas yoghurt semakin meningkat karena adanya pemecahan molekul protein. Menurut Setyawandani et al. (2021), bahwa susu sapi komersial *full fat* dengan susu sapi komersial *low fat* menunjukkan perbedaan jumlah protein yaitu masing-masing 13% dan 14%. Menurut Khoiriyah and Fatchiyah (2013), bahwa akibat adanya proses pemecahan molekul protein menjadi peptida peptida dengan bantuan enzim protease yang dihasilkan oleh BAL. Molekul yang telah dipecah tersebut akan mengalami homogenitas sehingga viskositas yoghurt meningkat. CMC akan bersinergi dengan kandungan protein susu. Menurut Sebayang et al. (2019), bahwa viskositas meningkat dengan penambahan CMC. Peningkatan viskositas dipengaruhi oleh penggunaan bahan penstabil pada yoghurt. Semakin tinggi konsentrasi CMC, semakin tinggi jumlah air bebas yang diserap dan diikat yang mengarah ke kondisi gel yang lebih kuat dan meningkatkan viskositas. CMC memiliki kemampuan membentuk matriks gel tiga dimensi yang memerangkap air. Pembentukan gel pada CMC merupakan proses pembentukan jaring atau jaringan tiga dimensi oleh molekul sehingga air dan kasein akan terperangkap. Interaksi antara protein dan pelarut berpengaruh terhadap peningkatan viskositas. Perbedaan kandungan protein dan lemak masing-masing susu yang berbeda. Menurut Nguyen et al. (2017) protein teradsorpsi pada permukaan globula lemak membuat globula lemak susu bertindak seperti partikel protein dan meningkatkan kemampuannya untuk mengikat air. Penambahan CMC pada jenis susu yang berbeda menghasilkan respon nilai viskositas yang berbeda-beda.

Interaksi penambahan CMC 0,6% pada yoghurt susu sapi segar berbeda nyata dengan yoghurt susu UHT *low fat*. Yoghurt susu UHT *low fat* tanpa penambahan CMC berbeda sangat nyata dengan penambahan CMC 0,6% pada yoghurt susu UHT *full fat* (Lampiran 3). Hal ini membuktikan bahwa penambahan CMC pada jenis susu mempengaruhi viskositas yoghurt yang dihasilkan. Semakin tinggi penambahan CMC pada yoghurt maka viskositas yoghurt akan meningkat, karena fungsi CMC dapat sebagai pengental. Peningkatan viskositas yoghurt dikarenakan CMC membentuk gel dengan cara ketika dilarutkan dalam air maka akan terbentuk ikatan koloid seperti jaring. Jaringan tersebut akan memerangkap molekul sehingga akan terbentuk gel, semakin kuat ikatan jaring maka semakin kuat gel. Hal tersebut sesuai dengan (Osborne, 1990), bahwa zat yang berperan

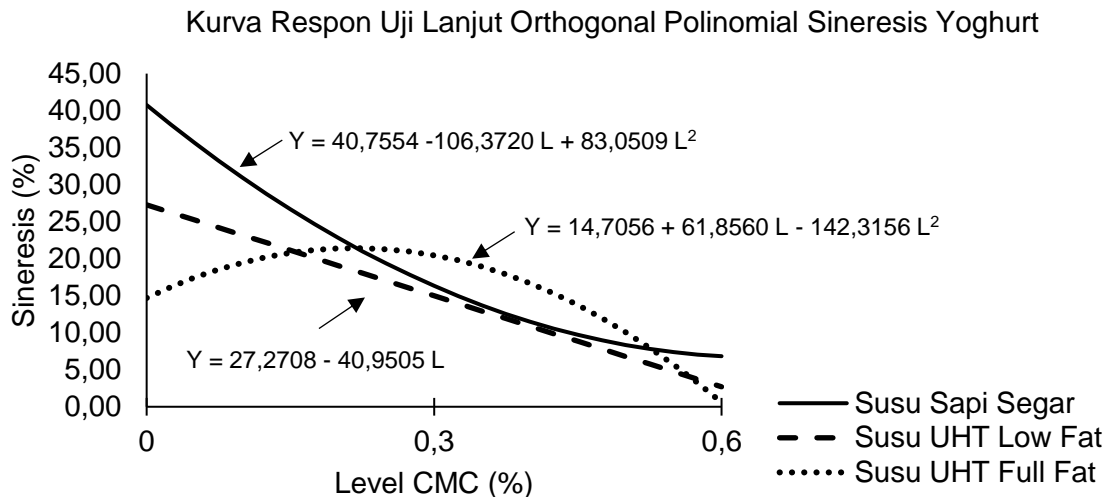
sebagai *gelling agent* akan berikatan satu sama lain atau tumpang tindih membentuk struktur koloid seperti jaring tiga dimensi, ketika gel didispersikan ke dalam pelarut. Molekul-molekul terperangkap dalam jaring sehingga pergerakannya terhambat.

Semakin tinggi penambahan CMC maka viskositas akan semakin meningkat. Hal ini sesuai dengan Utomo et al. (2013), bahwa berdasarkan hasil analisis viskositas bahwa konsentrasi CMC sejalan dengan viskositas, jika semakin tinggi konsentrasi CMC yang ditambahkan maka semakin tinggi juga viskositasnya. Menurut Ningsih et al. (2019), bahwa viskositas meningkat dengan penambahan *stabilizer*. Hal ini karena interaksi antara CMC dan protein, CMC dapat mencegah protein yang mengendap pada titik isoelektrik dan meningkatkan viskositas.

5.2.4. Sineresis

Whey akan terpisah dari yoghurt dan akan terjadi sineresis (Djali et al., 2018). Berdasarkan hasil penelitian yang tertera pada Tabel 8 menunjukkan sineresis yoghurt dengan penambahan CMC pada susu sapi segar memiliki kisaran 6,83 – 40,76%, susu UHT *low fat* sebesar 1,80 – 26,37%, susu UHT *full fat* sebesar 0,59 – 20,45%. Hasil penelitian Oktaviani et al. (2022), bahwa yoghurt dengan penambahan hidrokoloid rata-rata nilai sineresis 31,38 – 59,51%. Hasil penelitian Aini et al. (2022), bahwa yoghurt dengan penambahan hidrokoloid memiliki rata-rata sineresis sebesar $3,03 \pm 0,15\%$. Hasil penelitian Nugraha et al. (2022), bahwa penambahan hidrokoloid 0,5% pada yoghurt pisang ambon memiliki sineresis sebesar 39,61%.

Faktor yang mempengaruhi sineresis yoghurt antara lain total padatan, pH, suhu, daya ikat air. Hal tersebut sesuai dengan Dewi et al. (2019), bahwa keasaman, pH, kapasitas menahan air, suhu penyimpanan yang tinggi, total padatan yang rendah dalam susu merupakan faktor yang dapat mempengaruhi sineresis yoghurt. Yoghurt memiliki pH yang agak lebih rendah dari pH normal dan mendekati pH isoelektrik kasein. Pori-pori antara molekul kasein melonggar dan ikatan hidrogen antara molekul air dan molekul protein melemah, memungkinkan molekul air bebas masuk. Sineresis dipengaruhi oleh daya ikat air. Menurut Masanahayati et al. (2022), bahwa nilai sineresis berbanding terbalik dengan daya ikat air, jika daya ikat air meningkat maka sineresis akan menurun. Sineresis juga dapat dipengaruhi oleh kandungan laktosa susu. Menurut Sawitri (2012), bahwa laktosa mendorong perkembangan tekstur sehingga menjadi padat dan mengurangi sineresis.



Gambar 7. Uji lanjut orthogonal polinomial sineresis yoghurt dari jenis susu yang berbeda dan penambahan CMC

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara penambahan CMC dan jenis susu terhadap sineresis yoghurt. Interaksi berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$). Berdasarkan hasil uji orthogonal polinomial (Gambar 7) menunjukkan bahwa penambahan CMC memberikan perbedaan yang sangat nyata pada sineresis yoghurt susu sapi segar, susu UHT *low fat*, susu UHT *full fat*. Semakin tinggi penambahan CMC pada jenis susu yang berbeda, maka menghasilkan sineresis yang semakin menurun secara kuadrater pada yoghurt susu sapi segar mengikuti garis persamaan $Y = 40,7554 - 106,3720 L + 83,0509 L^2$. Titik belok $X = 0,64$, titik belok $Y = 6,69$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 97,41%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi sineresis yoghurt susu sapi segar sebesar 97,41% dipengaruhi oleh level CMC. Penurunan sineresis yoghurt susu sapi segar terjadi hingga penambahan CMC sebesar 0,64%. Yoghurt susu UHT *low fat* mengalami penurunan sineresis mengikuti garis persamaan linier $Y = 27,2708 - 40,9505 L$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 96,14%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi sineresis yoghurt susu UHT *low fat* sebesar 96,14% dipengaruhi oleh level CMC. Yoghurt susu UHT *full fat* mengikuti garis persamaan kuadrater $Y = 14,7056 + 61,8560 L - 142,3156 L^2$. Titik belok $X = 0,21$, titik belok $Y = 21,42$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 94,50%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi sineresis yoghurt susu UHT *full fat* sebesar 94,50% dipengaruhi oleh level CMC. Penurunan sineresis yoghurt susu UHT *full fat* terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,21%. Peningkatan sineresis pada susu UHT *full fat* pada level 0,3% dikarenakan kerja CMC dalam mengikat air belum sempurna. Dilihat dari kandungan total padatan masing-masing jenis susu yang berbeda terutama pada kandungan lemak susu. Jika kandungan lemak tinggi maka kemampuan mengikat air juga tinggi. CMC berfungsi untuk mengikat air dan membentuk gel diduga dapat berinteraksi dengan globula lemak sehingga dapat menahan air dan sineresis dapat menurun. Menurut Nguyen et al.

(2017), bahwa sineresis atau pemisahan *whey* dari sampel yoghurt pada susu rendah lemak memiliki sineresis yang tinggi dibandingkan dengan susu tinggi lemak. Hal ini karena dengan adanya globula lemak yang lebih banyak, protein teradsorpsi pada permukaan globula lemak membuat globula lemak susu bertindak seperti partikel protein dan meningkatkan kemampuannya untuk mengikat air. Globula lemak yang lebih tinggi dalam jaringan gel meningkatkan kemampuannya untuk menahan air dan membuatnya kurang rentan terhadap sineresis. Kadar lemak yang berbeda mempunyai kapasitas menahan air yang berbeda-beda dari sampel yoghurt. Penambahan CMC pada jenis susu yang berbeda menghasilkan respon nilai sineresis yang berbeda-beda.

Interaksi yoghurt susu sapi segar tanpa penambahan CMC berbeda sangat nyata dengan penambahan CMC 0,3% pada yoghurt susu UHT *low fat*. Penambahan CMC 0,3% pada yoghurt susu sapi segar berbeda sangat nyata dengan penambahan CMC 0,6% pada yoghurt susu UHT *full fat* (Lampiran 4). Hal ini membuktikan bahwa penambahan CMC pada jenis susu mempengaruhi sineresis yoghurt yang dihasilkan. Semakin tinggi penambahan CMC pada yoghurt maka sineresis yoghurt akan menurun. Hal ini diduga sineresis yoghurt dapat menurun karena CMC memiliki rantai polimer yang mengalami perpanjangan sehingga membentuk suatu rangkaian polimer yang tidak beraturan. Hal ini menyebabkan air akan terperangkap pada rantai polimer sehingga ikatan akan semakin kuat. Hal tersebut sesuai dengan Allen and Loyd (2002), bahwa terjadi pemanjangan rantai polimer ketika CMC terdispersi dalam air, rantai polimer senyawa tersebut mengalami pemanjangan dan membentuk rangkaian rantai polimer yang tidak beraturan sehingga menyebabkan air terperangkap dalam rantai polimer yang terbentuk.

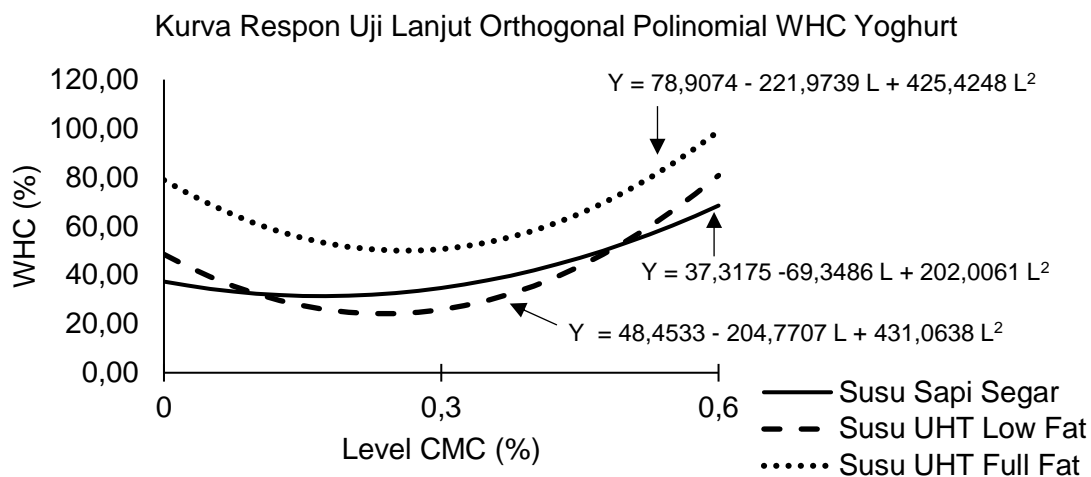
Penambahan CMC 0,3% pada yoghurt susu sapi segar dan susu UHT *low fat* mengalami penurunan sineresis. Namun, pada susu UHT *full fat* mengalami peningkatan sineresis. Penambahan CMC 0,6% pada yoghurt semua jenis susu mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan penambahan CMC 0,3% belum cukup untuk mengikat air, sedangkan dengan penambahan CMC 0,6% ikatan dalam yoghurt akan semakin kuat sehingga sineresis akan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan Putri et al. (2013), bahwa penambahan CMC 0,4% pada yoghurt menghasilkan sineresis yang tinggi, sedangkan penambahan CMC 0,5% menghasilkan sineresis yang rendah. *Stabilizer* berfungsi untuk menurunkan sineresis dan meningkatkan viskositas yoghurt. Sineresis yoghurt dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain oleh daya ikat air dan pH. Sineresis yoghurt akan mempengaruhi kualitas yoghurt sehingga mengurangi selera konsumen. Hal tersebut sesuai dengan Tamime and Robinson (2000), bahwa sineresis akan mempengaruhi penerimaan konsumen. Hal ini dapat dicegah dengan adanya penambahan bahan-bahan penstabil pada yoghurt. Air dapat diikat dan viskositas yoghurt dapat meningkat oleh adanya bahan penstabil.

Semakin tinggi penambahan CMC maka sineresis akan semakin menurun. Hal ini sesuai dengan Putri et al. (2013), bahwa sineresis yoghurt memiliki tingkat kemiringan (slope) negatif, hal ini menunjukkan bahwa jika penambahan konsentrasi penstabil pada yoghurt itu tinggi maka tingkat sineresisnya semakin menurun. Sari et al. (2019), bahwa nilai sineresis yang tinggi sering ditemukan pada perlakuan kontrol (P0) dan nilai sineresis rendah sering ditemukan pada yoghurt dengan penambahan *stabilizer*.

5.2.5. WHC

Berdasarkan hasil penelitian yang tertera pada Tabel 8 menunjukkan WHC yoghurt dengan penambahan CMC pada susu sapi segar memiliki kisaran 34,69 – 68,43%, susu UHT *low fat* sebesar 25,82 – 80,77%, susu UHT *full fat* sebesar 50,60 – 98,88%. Hasil penelitian Oktaviani et al. (2022), bahwa yoghurt dengan penambahan hidrokoloid memiliki rata-rata nilai WHC yaitu 34,85 – 61,85%. Hasil penelitian Sakul et al. (2019), bahwa penambahan bahan penstabil pada yoghurt memiliki daya ikat air sebesar 57,53%. Hasil penelitian Prabowo and Radiati (2018), bahwa penambahan *stabilizer* pada yoghurt memiliki daya ikat air sebesar 57,77%. WHC yoghurt yang dihasilkan berbeda-beda karena perbedaan komposisi kimia dalam susu. Hal tersebut sesuai dengan Atamian et al. (2014) bahwa WHC yoghurt dapat dipengaruhi oleh karakteristik fisik, sensori dan komposisi dari greek yoghurt.

Faktor yang mempengaruhi WHC yoghurt salah satunya kandungan lemak dalam susu. Hal tersebut sesuai dengan Setyawardani et al. (2021), bahwa kandungan lemak yang terdapat pada total solid susu berpengaruh terhadap daya ikat air yoghurt. Semakin tinggi kandungan lemak dalam susu maka daya ikat air semakin meningkat. WHC yoghurt juga dipengaruhi oleh penambahan bahan penstabil. Hal tersebut sesuai dengan Prabowo and Radiati (2018), bahwa adanya penambahan bahan penstabil pada yoghurt akan mempengaruhi daya ikat air. Sifat hidrofilik protein akan meningkat dengan ditamapkannya bahan stabil sehingga kemampuan untuk mengikat air juga akan meningkat.



Gambar 8. Uji lanjut orthogonal polinomial WHC yoghurt dari jenis susu yang berbeda dan penambahan CMC

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara penambahan CMC dan jenis susu terhadap WHC yoghurt. Interaksi berpengaruh sangat nyata ($P < 0,01$). Berdasarkan hasil uji orthogonal polinomial (Gambar 8) menunjukkan bahwa penambahan CMC memberikan perbedaan yang sangat nyata pada WHC yoghurt susu sapi segar, susu UHT *low fat*, susu UHT *full fat*. Semakin tinggi penambahan CMC pada jenis susu yang berbeda, maka menghasilkan WHC yang semakin meningkat secara kuadrater pada yoghurt susu sapi segar mengikuti garis persamaan $Y = 37,3175 - 69,3486 L + 202,0061 L^2$. Titik belok $X = 0,17$, titik belok $Y = 31,36$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 83,84%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi WHC yoghurt susu sapi segar sebesar 83,84% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan WHC yoghurt susu UHT sapi segar terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,17%. Yoghurt susu UHT *low fat* mengikuti garis persamaan $Y = 48,4533 - 204,7707 L + 431,0638 L^2$. Titik belok $X = 0,23$, titik belok $Y = 24,17$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 99,10%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi WHC yoghurt susu UHT *low fat* sebesar 99,10% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan WHC yoghurt susu UHT *low fat* terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,23%. Yoghurt susu UHT *full fat* mengikuti garis persamaan $Y = 78,9074 - 221,9739 L + 425,4248 L^2$. Titik belok $X = 0,26$, titik belok $Y = 49,95$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 99,96%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi WHC yoghurt susu UHT *full fat* sebesar 99,96% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan WHC yoghurt susu UHT *full fat* terjadi setelah penambahan CMC sebesar 0,26%. Hal ini diduga karena terjadi perbedaan kandungan total padatan salah satunya lemak dan juga terdapat perbedaan kandungan protein masing-masing jenis susu. Susu UHT *full fat* memiliki daya ikat air yang lebih tinggi karena mengandung lemak lebih tinggi dibandingkan susu UHT *low fat*. Menurut Setyawardani et al. (2021), bahwa kandungan lemak yang semakin tinggi pada susu akan menghasilkan yoghurt dengan nilai WHC yang tinggi. Kandungan protein dan lemak akan bersinergi dengan CMC untuk mengikat air.

Perbedaan ini yang menghasilkan daya ikat air masing-masing susu berbeda-beda. Menurut Nguyen et al. (2017), bahwa protein teradsorpsi pada permukaan globula lemak membuat globula lemak susu bertindak seperti partikel protein dan meningkatkan kemampuannya untuk mengikat air. Menurut Sebayang et al. (2019), bahwa semakin tinggi konsentrasi CMC, semakin semakin tinggi jumlah air bebas yang diserap dan diikat yang mengarah ke kondisi gel yang lebih kuat, gel yang semakin kuat menyebabkan daya ikat airnya menjadi tinggi. Penambahan CMC pada jenis susu yang berbeda menghasilkan respon nilai WHC yang berbeda-beda.

Interaksi penambahan CMC 0,3% pada yoghurt susu sapi segar berbeda sangat nyata dengan penambahan CMC 0,6% pada yoghurt susu UHT *low fat*. Penambahan CMC 0,3% pada yoghurt susu UHT *low fat* berbeda sangat nyata dengan yoghurt susu UHT *full fat* (Lampiran 5). Hal ini membuktikan bahwa penambahan CMC pada jenis susu mempengaruhi WHC yoghurt yang dihasilkan. Semakin tinggi penambahan CMC maka WHC yoghurt akan semakin meningkat. Hal ini karena WHC yoghurt berkaitan dengan sineresis, jika sineresis yoghurt semakin rendah maka WHC yoghurt akan semakin meningkat. CMC memiliki kemampuan untuk mengikat air sehingga air yang keluar dapat dicegah. Hal ini sesuai dengan Rini et al. (2012), bahwa semakin tinggi penambahan CMC dalam larutan dapat mengakibatkan banyaknya air yang terikat.

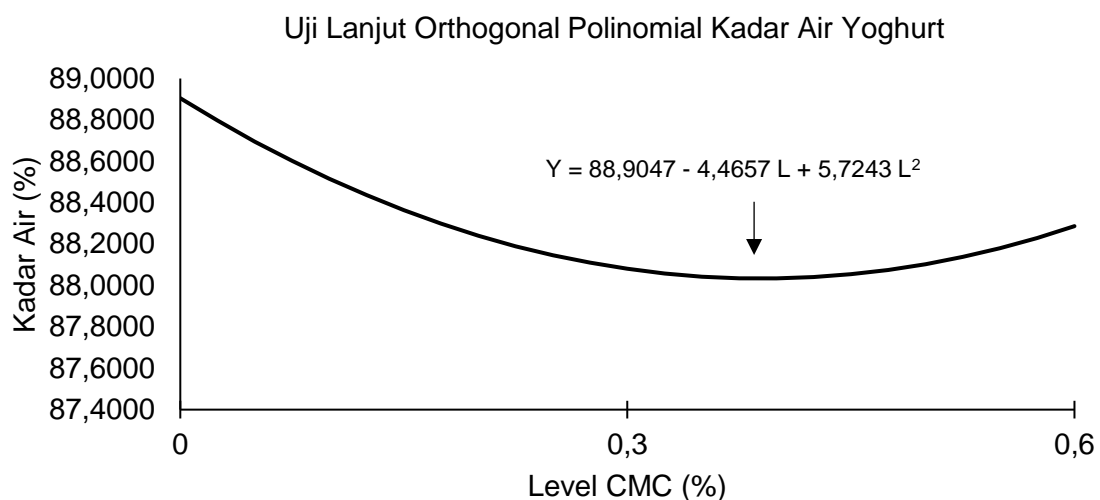
Penambahan CMC 0,3% pada semua jenis susu mengalami penurunan WHC, namun penambahan CMC 0,6% WHC kembali meningkat. Hal ini karena WHC berkaitan dengan sineresis, jika sineresis menurun maka WHC akan meningkat. Penambahan CMC 0,6% akan meningkatkan WHC yoghurt karena kerja CMC yaitu membentuk jaring-jaring sehingga molekul akan terperangkap menyebabkan daya ikat air semakin kuat. Hal tersebut sesuai dengan Widyaningrum et al. (2019), bahwa CMC sebagai *gelling agent*, sehingga membentuk struktur jaringan dari sistem gel yang biasanya merupakan polimer. Aloglu and Öner (2013), menyatakan bahwa semakin tinggi nilai WHC yoghurt maka semakin baik kualitas yoghurt yang dihasilkan, karena mampu menahan lebih banyak air bebas yang keluar dari yoghurt. Menurut Randi et al. (2022), bahwa CMC berfungsi untuk mengikat air, dengan adanya CMC partikel tersuspensi tidak akan mengendap dan akan terperangkap dalam komponen.

5.2.6. Kadar Air

Berdasarkan hasil penelitian yang tertera pada Tabel 8 menunjukkan kadar air yoghurt dengan penambahan CMC pada susu sapi segar memiliki kisaran 86,58 – 88,18%, susu UHT *low fat* sebesar 89,82 – 90,30%, susu UHT *full fat* sebesar 87,64 – 88,24%. Hasil penelitian Sakul et al. (2019), bahwa penambahan bahan penstabil pada yoghurt memiliki kadar air sebesar 87,83%. Hasil penelitian Prabowo and Radiati (2018), bahwa

penambahan *stabilizer* pada yoghurt memiliki kadar air sebesar 87,45%. Hasil penelitian Zulaikhah (2021), bahwa yoghurt buah naga merah memiliki kadar air sebesar 87,28%.

Faktor yang mempengaruhi kadar air yoghurt antara lain starter. Menurut Nugroho and Wijayanti (2021), bahwa starter berpengaruh terhadap kadar air yoghurt. Starter adalah cairan yang mengandung air, maka semakin banyak starter yang ditambahkan maka semakin banyak pula air yang terdapat dalam yoghurt karena secara alami yoghurt banyak mengandung air. Kadar air yoghurt juga dipengaruhi oleh proses pengolahan. Menurut Nuraeni et al. (2019), bahwa proses pengolahan mempengaruhi nilai kadar air suatu bahan. Tinggi atau rendah kadar air yoghurt disebabkan proses pasteurisasi dan fermentasi.



Gambar 9. Uji lanjut orthogonal polinomial kadar air yoghurt dengan penambahan CMC

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa penambahan CMC memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap kadar air yoghurt. Kadar air yoghurt dengan penambahan CMC mengikuti garis kuadrater persamaan $Y = 88,9047 - 4,4657 L + 5,7243 L^2$. Titik belok $X = 0,39$, titik belok $Y = 88,03$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 8,02%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi kadar air yoghurt sebesar 8,02% dipengaruhi oleh level CMC. Penurunan kadar air yoghurt terjadi sampai dengan penambahan CMC sebesar 0,39%, setelah itu terjadi peningkatan kadar air. Hal ini diduga dengan penambahan CMC pada yoghurt akan menurunkan kadar air karena sifat CMC yang mengikat air, sehingga kadar air menjadi menurun. Hal tersebut sesuai dengan Khairunnisa et al. (2015), bahwa CMC mengikat air akan mengubah air bebas menjadi air terikat. Air bebas dan air teradsorpsi termasuk dalam kadar air. Air yang teradsorpsi dikategorikan sebagai air yang terikat lemah karena terikat pada jaringan hidrokoloid. Hal ini karena air bebas mudah terikat dengan adanya CMC yang memiliki sifat hidrofilik.

Kadar air yoghurt susu sapi segar dan susu UHT *full fat* berbeda sangat nyata dengan susu UHT *low fat* (Lampiran 6). Susu UHT *low fat* memiliki kadar air tertinggi

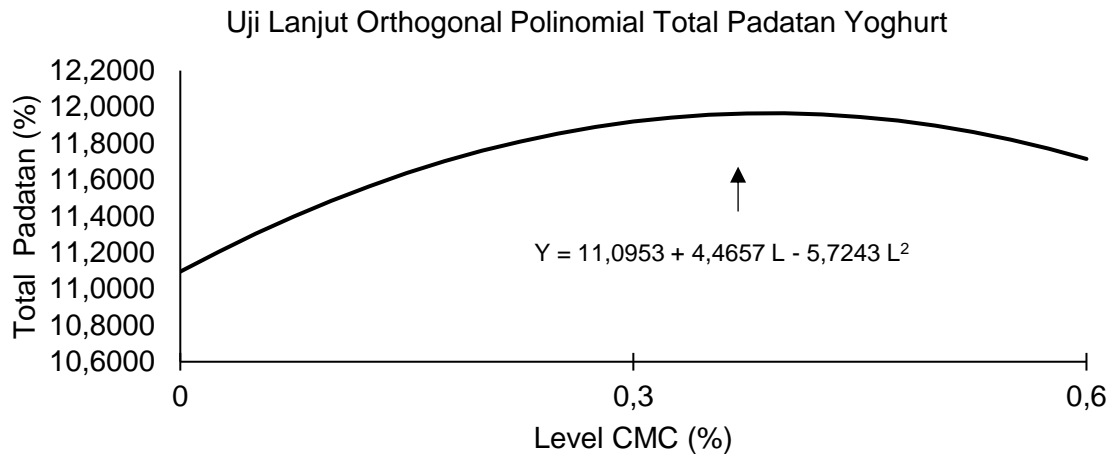
sebesar 89,98%. Hal ini diduga karena perbedaan kandungan total padatan yang berkaitan dengan lemak susu. Dilihat dari total padatan, susu sapi segar dan susu UHT *full fat* memiliki kandungan total padatan yang lebih kompak dibandingkan dengan susu UHT *low fat*. Susu sapi segar dan susu UHT *full fat* memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan dengan susu UHT *low fat*. Susu UHT *low fat* memiliki kandungan lemak yang rendah hal ini membuat kandungan air menjadi tinggi dibandingkan dengan susu sapi segar dan susu UHT *full fat*. Kadar air berbanding terbalik dengan total padatan. Menurut Djali et al. (2018), bahwa komponen lemak yang rendah pada susu akan mengurangi total padatan sehingga memberikan tekstur yang kurang diinginkan. Hal ini dapat meningkatkan kemungkinan pemisahan *whey* sehingga kadar air menjadi tinggi.

Kadar air yoghurt perlakuan kontrol pada susu sapi segar, susu UHT *low fat*, susu UHT *full fat* menghasilkan kadar air tertinggi yaitu masing-masing sebesar 88,18; 90,30; 88,24%. Hal ini sesuai dengan Matter et al. (2016) bahwa, kadar air yoghurt bervariasi antara 84,2%-89,00%, perlakuan kontrol mempunyai nilai kadar air tertinggi yaitu 89,00%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan CMC pada yoghurt menghasilkan kadar air yang lebih rendah daripada perlakuan kontrol. Hal ini sesuai dengan Mailoa et al. (2017), menyatakan bahwa CMC dapat mengikat air yang menyebabkan molekul air terperangkap dalam struktur gel, konsentrasi CMC 0,5% menghasilkan kadar air yang rendah.

5.2.7. Total Padatan

Berdasarkan hasil penelitian yang tertera pada Tabel 8 menunjukkan total padatan yoghurt dengan penambahan CMC pada susu sapi segar memiliki kisaran 11,82 – 13,42%, susu UHT *low fat* sebesar 9,70 – 10,18%, susu UHT *full fat* sebesar 11,76 – 12,36%. Hasil penelitian Djali et al. (2018) bahwa, yoghurt dengan penambahan hidrokoloid memiliki total padatan sebesar 12,43%. Hasil penelitian Nugraha et al. (2022), bahwa yoghurt dengan penambahan hidrokoloid 0,5% menghasilkan total padatan tertinggi yaitu sebesar 12,60%. Hasil penelitian Nofrianti et al. (2013), bahwa yoghurt jagung memiliki total padatan sebesar 20,54%. Hal ini total padatan yoghurt sesuai dengan Badan Standardisasi Nasional Indonesia (2009), bahwa total padatan yoghurt minimal 8,2%.

Faktor yang mempengaruhi total padatan yoghurt yaitu bahan pengental, penyimpanan dan komponen kimia susu. Hal tersebut sesuai dengan Damayanti et al. (2020), bahwa total padatan pada yoghurt dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kandungan nutrisi susu, bahan pengental atau bahan tambahan, lama fermentasi, dan penyimpanan. Total padatan juga dipengaruhi oleh sineresis yoghurt. Menurut Ibrahim and Khalifa (2015), bahwa sifat fisik dan kimia yoghurt seperti total padatan dan kandungan lemak dipengaruhi oleh sineresis. Andiç et al. (2013), menyatakan bahwa kualitas yoghurt dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain total padatan dan viskositas.



Gambar 10. Uji lanjut orthogonal polinomial total padatan yoghurt dengan penambahan CMC

Hasil analisis variansi menunjukkan bahwa penambahan CMC memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap total padatan yoghurt. Total padatan yoghurt dengan penambahan CMC mengikuti garis kuadrater persamaan $Y = 11,0953 + 4,4657 L - 5,7243 L^2$. Titik belok $X = 0,39$, titik belok $Y = 11,96$ dan nilai koefisien determinasi (R^2) = 8,02%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi total padatan yoghurt sebesar 8,02% dipengaruhi oleh level CMC. Peningkatan total padatan yoghurt terjadi sampai penambahan CMC sebesar 0,39%, setelah itu terjadi penurunan total padatan. Hal ini karena total padatan berbanding terbalik dengan kadar air. Menurut dengan Tianling et al. (2022), bahwa kadar air yang tinggi akan menghasilkan total padatan yang rendah.

Total padatan yoghurt susu sapi segar dan susu UHT *full fat* berbeda sangat nyata dengan yoghurt susu UHT *low fat* (Lampiran 7). Susu UHT *low fat* memiliki total padatan terendah sebesar 10,02%. Hal ini diduga karena perbedaan kandungan total padatan yang berkaitan dengan lemak susu. Dilihat dari total padatan, susu sapi segar dan susu UHT *full fat* memiliki kandungan total padatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan susu UHT *low fat*. Susu sapi segar dan susu UHT *full fat* memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi dibandingkan dengan susu UHT *low fat*. Susu UHT *low fat* memiliki kandungan lemak yang rendah hal ini membuat total padatan menjadi rendah dibandingkan dengan susu sapi segar dan susu UHT *full fat*. Menurut Djali et al. (2018), bahwa komponen lemak yang rendah pada susu akan mengurangi total padatan sehingga memberikan tekstur yang kurang diinginkan dan meningkatkan kemungkinan pemisahan *whey*.

Total padatan yoghurt perlakuan kontrol pada susu sapi segar, susu UHT *low fat*, susu UHT *full fat* menghasilkan total padatan terendah yaitu masing-masing sebesar 11,82; 9,70; 11,76%. Penambahan CMC pada yoghurt menghasilkan total padatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hal ini sesuai dengan Ikarini et al. (2021), bahwa pemberian bahan penstabil akan menghambat mobilitas bakteri dalam mengubah

laktosa sehingga meningkatkan total padatan terlarutnya. Menurut Ningsih et al. (2019), bahwa fermentasi oleh bakteri asam laktat menghasilkan asam laktat dan asam organik. Asam organik dan metabolit asam laktat diproduksi dari sel dan akan menumpuk selama fermentasi. Total padatan terlarut meliputi total gula, asam laktat, dan asam organik yang dihasilkan.

