

### Daftar Pustaka

- Abiona, O. O., Sanni, L. O., Oke, M. O., Hussein, J. B. 2021. Adsorption and desorption isotherms of noodles produced from composite flour of wheat and water yam (*Dioscorea alata*).
- Alakali, J., Irtwange, S. V. 2009. Moisture adsorption characteristics of ginger slices. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 29(1):, 155-164.
- Amankwah, E. A. 2018. Modeling the equilibrium moisture content of desorption and adsorption of yam (*Dente*). Retrieved from <http://www.cigrjournal.org>.
- Andrade, R. D., Lemus, R. M., Perez, C. E. 2016. Models of sorption isotherms for food: Uses and limitations. *The Journal Vitae*, vol. 18, no. 3, pp. 325-334.
- Dwiyono, K., & Djauhari, M. A. 2019. The Quality Improvement of Indonesian Konjac Chips ( *Amorphophallus Muelleri Blume* ) through Drying Methods and Sodium Metabisulphite Soaking.<https://doi.org/10.5539/mas.v13n9p107>.
- Fadilah., Sperisa Distantina., & Susanti, A. D. 2019. Moisture sorption isotherm of edible film made from carrageenan and carboxy methyl glucomannan. *AIP Conference Proceedings 2097*, 030069 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5098244> Published Online: 2.
- Famurewa, J., & Oladejo, C. 2016. Isotherms Models of tacca Strach (*Tacca involucrata*) at Ambient Temperature using Some Common Packaging Materials. *Journal of Engineering Technology*. Vol (10).pp.74-82)
- Fan, K., Zhang, M., Bhandari, B. 2019. Osmotic-ultrasound dehydration pretreatment improves moisture adsorption isotherms water state of microwave-assisted vacuum fried purple-fleshed sweet potato slices.<https://doi.org/10.1016/j.f>.
- Iguedjtal, T., Louka, N., Allaf, K. 2008. Sorption isotherms of Potato Slices Dried and Texturized by Controlled Sudden Decompression. *Journal Food Engineering*. 85(2):180-90.
- Kapadiya, D. C., Makavana, J. M., Kathiria, M. K. 2018. Effect of Hot Water Blanching Treatment on Quality of Dried Potato Slices. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706 Volume 7 Number 07*.
- Keithley, J. K., & Swanson, B. 2005. Glucomannan And Obesity: A Critical Review. *Alternative Therapies*, Nov/Dec 2005. Vol. 11, No, 6. [http://medpublics.com/docs/Glucomannan\\_and\\_obesity\\_review.pdf](http://medpublics.com/docs/Glucomannan_and_obesity_review.pdf)
- Kumoro, A. C., Amyranti, M., Rernowati, D. S., Ratnawati, R. 2019. Browning Prevention of Chips from Freshly Harvested Porang (*Amorphophallus*

- oncophyllus) Tubers Trough Immersion in Ascorbic Acid Solutions at various Time. *In: Journal of Physics:Conference Series*. IOP Publishing.p.12023.
- Manab, A., Purnomo, H., Widjanarko, S. B., Radiati, E. L. 2016. Modification of Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) Flour by Acid and Thermal Process using Conventional Heating in Waterbath and Microwave Irradiation . *Advance Journal of Food Science and Technology*, 290-301.
- Molina, F. L., Goncalves, A. K. R., Mauro, M. A., Franscareli, E. C. 2011. Mixture Sorption Isotherms of Fresh and Blanched Pumpkin (*Curcubita moschata*). *Food Science Technology*.31(7):14-22.
- Ray, R., & Behera, S. S. 2016. Nutritional and Potential Health Benefits of Konjac Glucomannan, a Promising Polysaccharide of Elephant Foot Yam, *Amorphophallus konjac* K. Koch: doi: 10.1080/87559129.2015.1137310.
- Seid, R. M., & Hensel, O. 2012. Experimental evaluation of sorption isotherms of chili pepper: an Ethiopian variety, Mareko Fana (*Capsicum annum* L.) . *Agric Eng Int: CIGR J*. 14 4, 163-172.
- Wigoeno, Y. A., Azrianingsih, R., & Roosdiana, A. 2013. Analysis of Glucomannan Levels in Porang Bulbs (*Amorphophalus muelleri* Blume) using reflux Condenser,. *Biotropika : Journal of Tropical Biology*, 1(5), pp, 231–235.
- Yao, C. Y. B., Benjamin, Y. N., Roger, K. B., Djedjro, C. A., Kablan, T. 2018. Moisture Adsorption Isotherms Characteristic of Coffe (*Arabusta*) Powder at Various Fitting Models. *International Journals Curr Res Bioscience Plant Biology*. 5 (2):26-35.

**BAB IV**  
**KARAKTERISTIK REOLOGI DAN KEKUATAN GEL UMBI KONJAC**  
**(*Amorphophallus konjac*)**

**ABSTRAK**

Pengaruh pretreatment blanching dengan suhu pemanasan (60, 80, dan 100°C) dan konsentrasi pemanasan pasta pati konjak (40, 60, dan 80%) pada parameter reologi yang diproses dievaluasi menggunakan beberapa model reologi. Model reologi yang paling sesuai untuk pasta/gel pati konjak tersebut adalah Power Law ( $R^2 > 0,90$ ). Pengaruh pretreatment blanching berbeda dengan perlakuan kontrol (nonblanching). Pengaruh konsistensi gel konjak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap perlakuan suhu pemanasan (40, 60, dan 80°C). Nilai energi aktivasi yang diperoleh menunjukkan bahwa metode pemanasan pretreatment blanching dapat digunakan untuk menjaga konsistensi pasta/gel pati konjak terutama pada konsentrasi tinggi.

Kata kunci: pretreatment blanching, pasta pati konjak, karakteristik reologi, koefisien konsistensi, energi aktivasi

**4.1 PENDAHULUAN**

*Amorphophallus konjac* merupakan jenis umbi yang banyak ditemukan di Indonesia, tanaman dari genus *Amorphophallus* ini kaya akan serat makanan larut dan telah lama digunakan sebagai makanan dan pengobatan tradisional seperti di Jepang dan Tiongkok sehingga di negara-negara Asia dikenal dengan umbi *Amorphophallus konjac*. Umbi konjak berumur 4-5 tahun, umbi ini akan tumbuh selama 5-6 bulan pada musim hujan setiap tahunnya, dengan waktu panen sekitar bulan juli sampai september, sedangkan di luar periode tersebut umbi konjak memasuki fase *dormant* (Behera & Ray, 2017).

Beberapa peneliti memperkirakan bahwa terdapat lebih dari 200 spesies tanaman yang termasuk dalam genus tanaman *Amorphophallus* (Hettterscheid *et al.*, 2012). Sebagian besar genus ini telah ditemukan di Asia Timur dan Asia Tenggara (Boyc & Croat, 2011; Ekowati, *et al.*, 2015; Yuzammi *et al.*, 2017). Karakteristik morphology tanaman konjak berbeda dengan tanaman *Amorphophallus* lainnya yang ditandai oleh adanya bulbil (umbi katak) yang terletak pada tangkai daun dengan ukuran yang bervariasi lebih kecil atau lebih besar (Claudel, *et al.*, 2019).

Umbi konjak memiliki kadar air yang tinggi 70-85%, dan mudah rusak oleh jamur atau kapang (Nurlela *et al.*, 2019). Komponen utama umbi konjak terdiri dari 49-60% (b/b) glukomannan (Li, *et al.*, 2005), 1,4-3,4% protein, 78-80% serat, 8% pati, dan 1,7-2,1% kadar abu (Li, *et al.*, 2005, Chen *et al.*, 2006, Lie, *et al.*, 2015; Laignier, F. *et al.*, 2021). Umumnya setelah panen, umbi langsung dicuci, diiris, dikeringkan, dan disimpan atau digiling untuk menghasilkan tepung (Harijati *et al.*, 2018).

Tepung konjak berwarna kuning alami yang dihasilkan dari umbi *Amorphophallus konjac* yang berwarna kuning (Widjanarko, *et al.*, 2018). Umumnya, di Cina umbi konjak diolah dalam bentuk mie, tahu, makanan ringan, dan pasta (Shi *et al.*, 2019). Dalam pengobatan tradisional Cina, gel umbi digunakan untuk mengobati asma, batuk, hernia, nyeri dada, luka bakar, serta gangguan hematologi dan kelainan kulit (Chua, *et al.*, 2010; Iqbal Waheed & Afzal, 2017). Kemampuan gel pati konjak untuk menurunkan kolesterol terkait dengan khasiatnya sebagai sumber serat larut (Ho *et al.* 2017).

Tepung konjak cukup potensial digunakan secara luas dalam industri makanan sebagai pangan fungsional (Zannini *et al.*, 2012; Laignier, F. *et al.*, 2021). Produk turunan dari tepung konjak seperti nasi shirataki sangat diminati oleh masyarakat (Widjaja *et al.* 2014), selain itu tepung konjak juga digunakan dalam pembuatan pasta, mie, makaroni, snack dan produk makanan lainnya (Iqbal & Afzal, 2017). Secara umum, tepung konjak telah mendapat pengakuan oleh Uni Eropa sebagai bahan tambahan makanan yang aman [EU 1998; Parry 2010; EFSA 2017; Gómez, Míguez, Yáñez, & Alonso, 2017; Tester & Al-Ghazzewi, 2015).

Umbi konjak selain sebagai sumber serat, juga mengandung sejumlah besar pati (Bamigbola *et al.* 2016; Awolu *et al.*, 2016; Awolu *et al.*, 2015). Kandungan pati tepung konjak telah banyak digunakan dalam industri pangan sebagai pengental, penstabil, pembentuk gel, dan bahan penahan air untuk meningkatkan viskositas, sifat tekstur, dan stabilitas produk makanan (Pongsawatmanit *et al.*, 2006; Chui *et al.*, 2018; Sasaki & Kohyama, 2011).

Karakteristik fungsional pati umbi konjak, terutama sifat reologi, digunakan untuk memodifikasi viskositas dan tekstur yang mempengaruhi sifat sensori produk pangan dan stabilitas penyimpanan (Mahmood *et al.*, 2017). Tekstur dan sifat reologi produk pangan berbasis pati konjak dapat dimodifikasi karena adanya

hidrokoloid yang dikandungnya berupa glukomannan. Pati umbi konjak memiliki sifat pembentuk gel yang baik (Gambar 4.1). Kandungan gel dalam *Amorphophallus konjac* yang paling banyak digunakan untuk sumber daya pangan maupun produk farmasi adalah polimer glukomannan, karena nilai komersial ekonomi yang tinggi (Mekkerdchoo *et al.*, 2016, Zhong *et al.*, 2018).



Gambar 4.1. Gel pati konjak

Proses pengolahan tepung konjak menjadi produk pangan dilakukan dengan proses stabilisasi gel. Stabilisasi yang digunakan dalam pengolahan gel tepung porang dilakukan pada kondisi panas (stabilisasi termal). Karakteristik gelatinisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu, kadar air pati, kristanilitas pati, sumber pati, dan modifikasi fisik (perlakuan panas), dan modifikasi kimia. Ketika granula pati dipanaskan sampai suhu gelatinisasi (90-95°C), granula pati akan membengkak dengan meningkatnya suhu dan pati mencapai viskositas puncak ditandai sebagian besar granula pati akan membentuk butiran gel (Jin, *et al.*, 2014). Kondisi panas dengan suhu tinggi akan mempengaruhi sifat pembentuk gel yang stabil dari tepung konjak, meskipun penelitian sebelumnya telah dievaluasi sifat reologi pada suhu kamar, namun karakteristik reologi tepung konjak pada suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan kualitas pati dan bahan pangan berbasis pati.

Tekstur dan sifat reologi produk pangan gel dapat ditingkatkan viskositasnya dengan penggunaan hidrokoloid yang berasal dari pangan nabati dalam bentuk pati umbi. Hidrokoloid pati konjak merupakan polimer alami yang memiliki kualitas yang lebih baik sebagai biokompatibilitas, biodegradabilitas, non toksisitas dan kemampuan untuk dimodifikasi dengan berbagai bahan sintesis lainnya. Sifat gel

tergantung pada sifat reologi gel konjak pasta atau gel pati dapat diselidiki sebagai perilaku aliran, viskoelastisitas, *creep*, dan kekuatan gel (Ahmed, *et al.*, 2008, Lawal *et al.*, 2011).

Sifat reologi pati konjak menentukan penggunaan pati sebagai bahan pembentuk gel atau pengental [Breski *et al.* 2011]. Pati merupakan bahan baku penting yang digunakan dalam makanan dan industri lainnya dan umumnya dimodifikasi untuk meningkatkan sifat fungsionalnya. Pati asli dan yang dimodifikasi memiliki aplikasi luas (Ai, *et al.*, 2015) sebagai agen pembentuk gel, pengental, pengemulsi, dan agen enkapsulasi dalam produk makanan. Gelatinisasi pati biasanya dicapai dengan memanaskan pati dengan air. Setelah gelatinisasi, pati amorf mudah menyerap air dan mengembangkan viskositas untuk membentuk pasta. Setelah pendinginan, beberapa pasta pati dapat mengembangkan gel.

Perlakuan blanching adalah perlakuan panas yang singkat dan mudah untuk menonaktifkan enzim polifenol oksidasi dalam umbi konjak yang bersifat racun dan menghambat penggunaan umbi untuk dikonsumsi langsung. Blanching merupakan fenomena untuk menonaktifkan enzim, membantu mempertahankan warna, mengurangi pertumbuhan mikroba, pembersihan produk, pemanasan awal produk sebelum diolah, dan mengeluarkan udara dari jaringan tanaman (Shaheen *et al.*, 2012). Umumnya produk dipanaskan dengan perendaman singkat dalam air pada suhu 85-100°C. Faktor utama yang mempengaruhi produk saat dipanaskan adalah suhu blanching. Terdapat informasi terkait penyelidikan adanya peningkatan kualitas tekstur pada produk kentang dengan menerapkan blanching suhu 60 hingga 100°C (Abu-Ghannam & Crowley, 2006; Dolores M, *et al.*, 2016). Blanching juga memiliki pengaruh yang signifikan pada karakteristik tekstur gel dari tepung yang dilarutkan. Tekstur adalah indeks penting untuk menentukan kualitas tepung umbi yang relevan dengan produk pangan seperti tingkat kekerasan dan daya rekat. Karakteristik daya rekat pati umbi telah dikaitkan dengan kualitas dan tekstur berbagai produk pangan. Daya rekat gel dari pati umbi merupakan proses dan hasil gelatinisasi dari pecahnya granula pati menjadi polimer, akibat adanya tekanan geser mekanis selama pemanasan dan saat pendinginan pati umbi.

Studi untuk mengevaluasi penerapan blanching untuk pengolahan produk berbasis pati umbi konjak yang difokuskan pada karakteristik reologi dan tesktur sangat terbatas. Karakteristik reologi gel yang telah dievaluasi untuk produk pangan seperti gel pati umbi kentang (Wang. W., *et al.*, 2017), pasta umbi yam (Otegbayo *et al.*, 2006), dan gel pati umbi Cina (Adejumo *et al.*, 2013). Sejauh ini, karakteristik reologi gel pati konjak terbatas pada hasil ekstraksi glukomannan murni. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan sebagai tahapan untuk pengembangan produk berbasis pati umbi konjak dan penerapannya dalam produk gel. Tujuan dari penelitian ini yaitu mengevaluasi pengaruh perlakuan blanching terhadap sifat reologi gel dan kekuatan gel pati konjak dengan beberapa perlakuan suhu dan konsentrasi.

## **4.2. METODE PENELITIAN**

### **4.2.1. Preparasi Sampel**

Gel konjak diolah dari pati umbi konjak yang telah digelatinisasi dengan suhu tinggi (90-95<sup>0</sup> C) selama 7-10 jam. Sebelum diolah, umbi konjak dicuci dan dikupas, dipotong menjadi irisan dengan ketebalan 0.8 cm, diblanching dan direndam larutan garam (2%) seperti yang dijelaskan pada Bab I dan II. Irisan umbi dikeringkan menggunakan oven (55<sup>0</sup> C), kemudian digiling menjadi tepung dengan ukuran mesh 100 $\mu$ m. Tepung dicampur selama 5 menit dengan air suling dengan konsentrasi yang dibutuhkan (8, 10, 12, dan 14%), dalam campuran 500 ml larutan dan dipanaskan. Penetapan konsentrasi awal gel umbi konjak dilakukan pada konsentrasi rendah (1, 2, 3, dan 4%) kemudian pada konsentrasi sedang (5, 6, 7, dan 8%), namun hanya konsentrasi sedang (8%) yang terjadi pembentukan gel.

### **4.2.2. Pengolahan gel pati umbi porang**

Konsentrasi tepung konjak (w/w) dalam 500 ml air yaitu 8% (6:1 w/w) dipanaskan pada 90<sup>0</sup> C selama 7-10 jam dalam gelas ukur 5000 ml dengan sejumlah besar air menggunakan *hot plate* dan diaduk dengan kecepatan konstan selama pemanasan dengan pengaduk magnet. Segera setelah dimasak, gel dituang ke dalam gelas ukur didinginkan dan dipertahankan pada suhu ruang selama 3 jam. Profil penempelan sampel dan kecepatan putar spindle dipantau selama perlakuan panas sebagai berikut: menyeimbangkan gel (bubur pati) pada

suhu 40<sup>0</sup> C selama 5 menit, suhu meningkat hingga 60<sup>0</sup> C, menahan suhu 60<sup>0</sup> C selama 5 menit, dan meningkatkan suhu menjadi 80<sup>0</sup> C dan dipertahankan selama 5 menit. Nilai yang sesuai untuk viskositas diulang sebanyak dua kali.

#### 4.2.3. Pengukuran reologi gel

Karakteristik reologi pati konjak pada perlakuan nonblanching dan blanching (60, 80, dan 100<sup>0</sup> C) diukur menggunakan viskometer tipe silinder konsentris (LV DV-I Prime, Brookfield Engineering, USA). Viskometer dioperasikan pada rentang kecepatan putar (N) 0.5, 1.0, 2.5, 4.0, 5.0, 10, 20, 50, dan 100 rpm dan % torsi (T) 10–100%, dengan suhu 40, 60, dan 80<sup>0</sup> C. Setiap percobaan dilakukan dalam dua kali pengulangan.

Nilai % torsi (T) dan kecepatan putar (N) yang diperoleh dari pengukuran dikonversi menjadi nilai *shear stress* ( $\tau$ ) pada setiap jenis spindel (spindel RV) yang digunakan. Spindel 1 – 5 digunakan untuk konsentrasi rendah (8% dan 10%) sedangkan spindel 6 dan 7 untuk konsentrasi tinggi (12% dan 14%). Nilai *shear stress* untuk setiap spindel dapat dihitung menggunakan Persamaan 1.

$$\tau_i = k_{\tau} (C * \%T) \dots \dots \dots (9)$$

dimana:  $\tau_i$  merupakan *shear stress* (Pa),  $k_{\tau}$  merupakan faktor konversi fungsi dari nomor spindel, C (dimensionless number), dan persen torsi (%T) .

Ketergantungan nilai  $\tau_i$  dan  $N_i$  untuk setiap spindel ditentukan dengan diplot dalam bentuk log–log. Ketika kemiringan nilai log  $\tau$  dan N mendekati linier maka cairan yang diuji adalah jenis *power law*. Gradien yang diperoleh dari persamaan yang dihasilkan adalah sama dengan indeks aliran fluida (n). Nilai  $k_{N\gamma}$  adalah fungsi dari nomor spindel dan indeks aliran (n) digunakan untuk menentukan nilai *shear rate* ( $\gamma_i$ ) yang dihitung sebagai Persamaan 10.

$$\gamma_i = k_{N\gamma} (n) N_i \dots \dots \dots (10)$$

dimana:  $\gamma_i$  merupakan nilai *shear rate* (s<sup>-1</sup>),  $k_{N\gamma}$  merupakan faktor konversi *shear rate* (Tabel 4.1) dan  $N_i$  merupakan kecepatan putar spindel (RPM).

Nilai *apparent viscosity*  $\eta$  (Pa.s) ditentukan pada Persamaan 3 yaitu dengan membagi *shear stress* (Persamaan 1) dengan *shear rate* (Persamaan 2).

$$\eta = \frac{K\alpha\tau (C * \%T)}{KN\gamma (N)} \dots \dots \dots (11)$$



Untuk nilai  $N$ ,  $C$  (dimensionless number), dan persen torsi (%T) diperoleh dari pembacaan alat viscometer, sedangkan nilai  $K_{gr}$  dan  $K_{NY}$  ditentukan berdasarkan jenis spindel seperti yang disajikan pada Tabel 4.1, ( Mitschka, 1982).

Tabel 4.1. Faktor konversi viscometer Brookfield R.V.T

Brookfield Spindel		1	2	3	4	5	6	7
$K_{\sigma\tau}$		0,035	0,119	0,279	0,539	1,05	2,35	8,4
$K_{\dot{\gamma}}$	n = 0.1	1,728	1,431	1,457	1,492	1,544	1,366	1,936
	0.2	0,967	0,875	0,882	0,892	0,907	0,851	1,007
	0.3	0,705	0,656	0,656	0,658	0,663	0,629	0,681
	0.4	0,576	0,535	0,530	0,529	0,528	0,503	0,515
	0.5	0,499	0,458	0,449	0,445	0,442	0,421	0,413
	0.6	0,449	0,404	0,392	0,387	0,382	0,363	0,346
	0.7	0,414	0,365	0,350	0,343	0,338	0,320	0,297
	0.8	0,387	0,334	0,317	0,310	0,304	0,286	0,261
	0.9	0,367	0,310	0,291	0,283	0,276	0,260	0,232
	1.0	0,351	0,291	0,270	0,262	0,254	0,238	0,209

(Mistchka, 1982)

Parameter reologi gel umbi konjak, dijelaskan dengan model reologi *Power Law* pada Persamaan 14 (Sun, & Yoo, 2015; Liu Y, *et al.*, 2021) sebagai berikut:

$$\tau = K\dot{\gamma}^n \dots\dots\dots (14)$$

dimana  $\tau$ =*shear stress* (Pa),  $\dot{\gamma}$ =*shear rate* ( $s^{-1}$ ), K=koefisien konsistensi ( $Pa.s^n$ ), dan n=indeks aliran.

Pengaruh suhu terhadap viskositas gel umbi konjak dievaluasi berdasarkan pada perubahan nilai koefisien konsistensi pada setiap perlakuan suhu yang secara sistematis dapat ditentukan dengan persamaan Arrhenius (Persamaan 15) (Kobus *et al.*, 2019):

$$K = K_0 \cdot \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \dots\dots\dots (15)$$

dimana, K= koefisien konsistensi ( $Pa.s^n$ ),  $E_a$  = energi aktivasi ( $J.mol^{-1}$ ), R = konstanta gas universal ( $8.314 \times 10^{-3} kJ./mol.K$ ), dan T = suhu absolut (Kelvin).

#### 4.2.5 Kekuatan gel

Kekuatan gel pati umbi porang ditentukan dengan menggunakan tekstur analyzer (TA-XT plus, Stable Micro System, GMIA, USA). Uji penetrasi gel umbi porang dipersiapkan setelah 24 jam disimpan pada suhu 10C kemudian dicetak dalam cetakan berdiameter 3/4 mm dengan tinggi 6cm. Gel diseimbangkan pada suhu ruang selama sekitar 1 jam sebelum pengujian. Setiap sampel diletakkan tegak di atas pelat logam, dilengkapi dengan beban sel 5 kg, probe silinder

stainless steel (P/0.5), pada 1.0 mm/s tingkat pengujian awal, tingkat pengujian 1.0 mm/s, tingkat pengembalian 1.0 mm/s, dengan tingkat kompresi gel hingga 75% (jarak uji 20 mm), dan gaya pemicu 5 g. Pengukuran dilakukan dua kali dengan persamaan (Persamaan 16) sebagai berikut:

$$\text{Gel Strength} \left( \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{Force}}{\text{Luas permukaan dasar probe}} \dots \dots \dots (16)$$

#### 4.2.6 Analisis data

Analisis data dilakukan untuk menentukan model reologi yang paling cocok untuk gel pati umbi porang. Model yang memberikan kecocokan terbaik ditentukan berdasarkan kriteria statistik seperti  $R^2$  tertinggi. Pengaruh suhu blanching dan konsentrasi pada parameter reologi gel pati umbi porang dianalisis untuk menentukan pengaruh blanching pada parameter reologi.

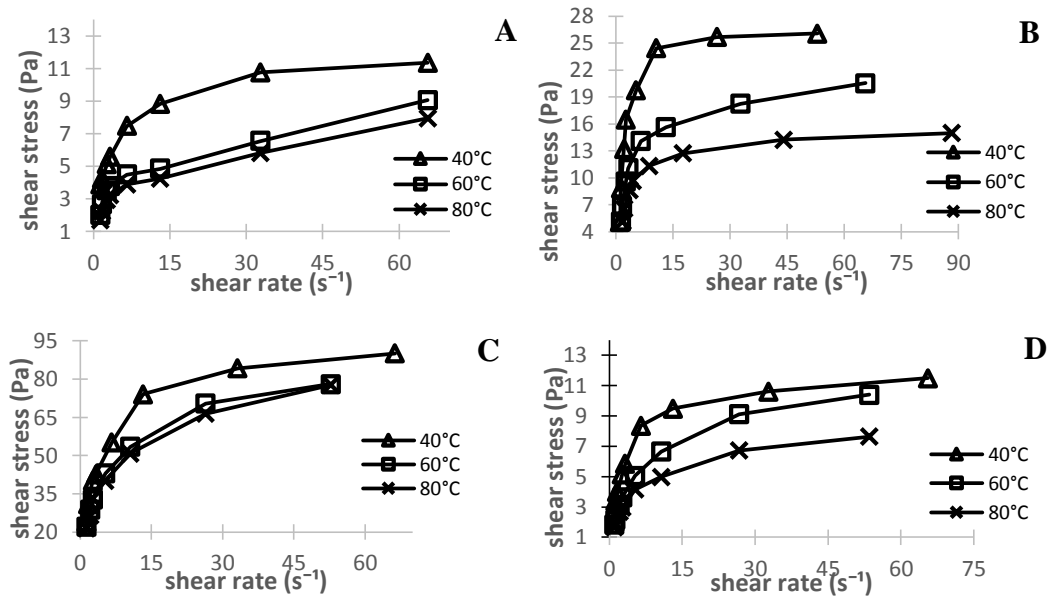
### 4.3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.3.1 Karakteristik reologi gel

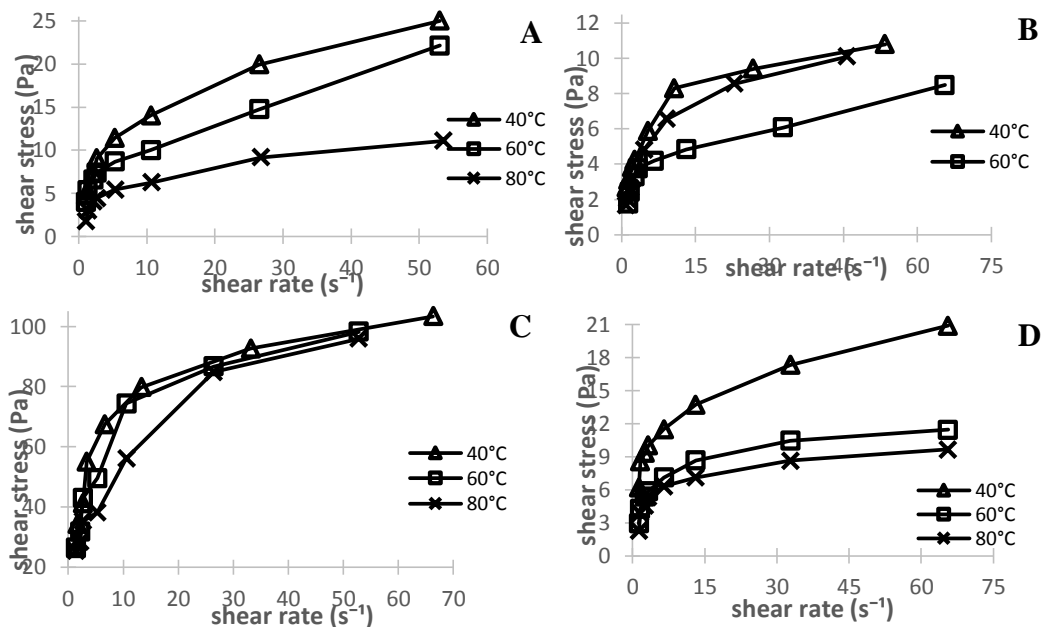
Karakteristik gel konjak dijelaskan oleh parameter model koefisien konsistensi ( $K$ ), indeks aliran ( $n$ ), dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) pada perlakuan non-blanching dan blanching (60, 80 dan 100<sup>o</sup> C) pada berbagai suhu dan konsentrasi. Parameter reologi diperoleh dengan memodelkan data *shear stress* dan *shear rate* hasil eksperimen dengan model reologi *Power Law*. Secara umum model menghasilkan tingkat akurasi yang cukup tinggi ( $R^2 > 0.88$ ). Model *Power Law* dipilih untuk memprediksi karakteristik reologi gel pati konjak. Beberapa studi telah melaporkan bahwa model *Power Law* digunakan untuk mengevaluasi karakteristik reologi dari pasta/gel gabungan pati ubi jalar [Borries-Medrano, *et al.*, 2017], pati umbi gajah [Qian *et al.*, 2019], dan pati kentang tergelatinisasi [Xu, *et al.*, 2021].

Kurva aliran (4.1 – 4.4) mengilustrasikan bahwa pretreatment blanching mengakibatkan perubahan parameter reologi gel pati konjak terhadap perubahan suhu pemanasan. Suhu pembengkakan pati sesuai dengan suhu dimana pati akan mulai berubah menjadi gel/pasta. Hal ini dapat dikaitkan dengan viskositas puncak sebagai indikator kandungan amilosa yang tinggi, daya ikat air dan pembengkakan pati pada tepung (Alcazar-Alay & Mireles, 2015). Titik dimana pati mencapai viskositas maksimum selama gelatinisasi ditunjukkan pada kurva (4.1 – 4.4) dengan suhu 40°C signifikan lebih tinggi dibandingkan suhu pemanasan 60 dan

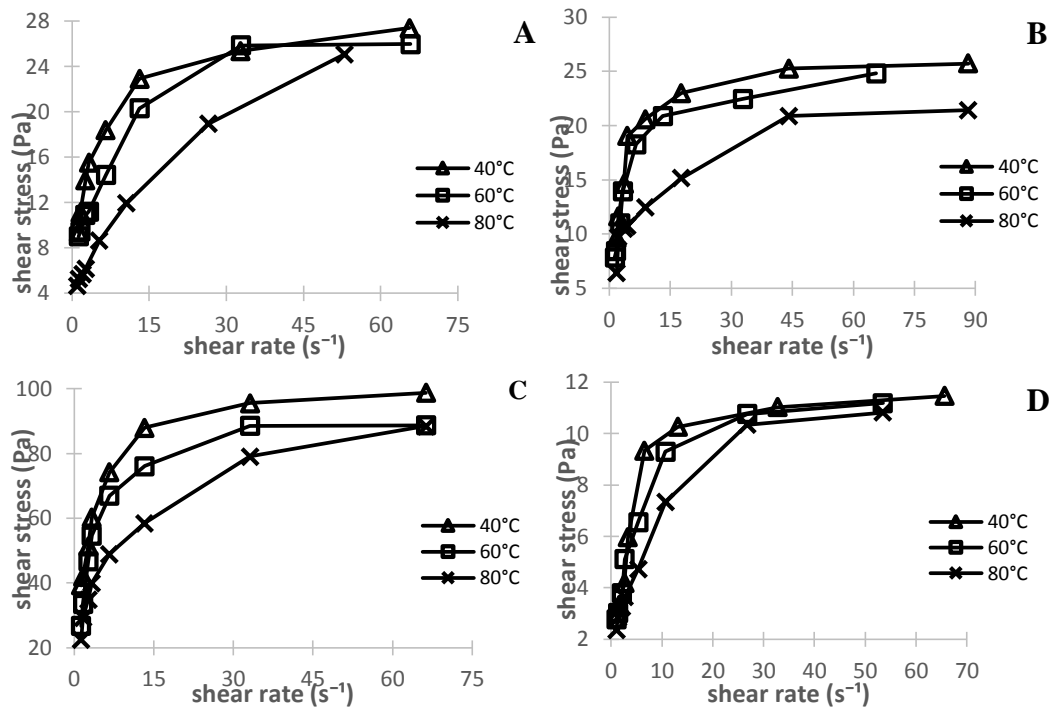
80°C. Sementara itu viskositas yang rendah dari tepung konjak yang diberi pretreatment blanching diakibatkan oleh pembengkakan di dalam pati (Tumwine et al., 2018).



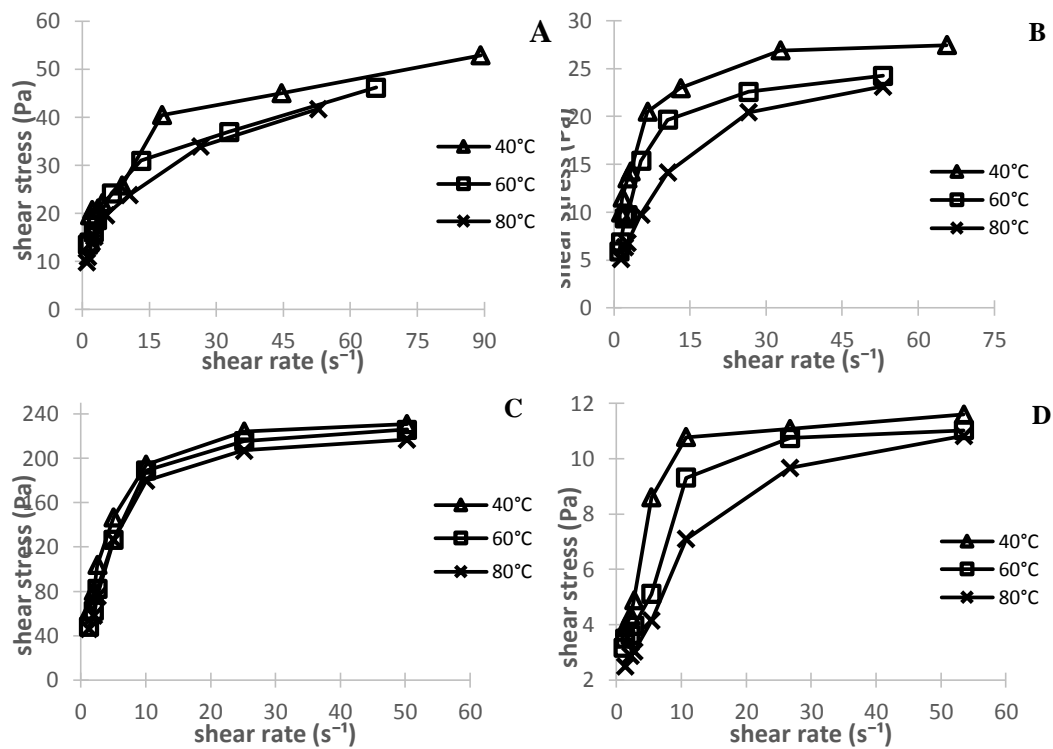
Gambar 4.2. Kurva aliran gel 8% ; (a) non-blanching, (b) blanching 60<sup>0</sup> C, (c) blanching 80<sup>0</sup> C, dan (d) blanching 100<sup>0</sup> C.



Gambar 4.3 Kurva aliran gel 10% ; (a) non-blanching, (b) blanching 60<sup>0</sup> C, (c) blanching 80<sup>0</sup> C, dan (d) blanching 100<sup>0</sup> C.



Gambar 4.4 Kurva aliran gel 12% ; (a) non-blanching, (b) blanching 60<sup>0</sup> C, (c) blanching 80<sup>0</sup> C, dan (d) blanching 100<sup>0</sup> C.



Gambar 4.5. Kurva aliran gel 14% ; (a) non-blanching, (b) blanching 60<sup>0</sup> C, (c) blanching 80<sup>0</sup> C, dan (d) blanching 100<sup>0</sup> C

#### 4.3.2. Pengaruh suhu dan konsentrasi pada karakteristik reologi gel umbi konjak

Parameter model reologi yang digunakan untuk menggambarkan kurva eksperimental aliran gel konjak disajikan pada Tabel 4.1–4.4. Koefisien konsistensi ( $k$ ) mengasumsikan nilai tertinggi untuk gel yang dipanaskan pada suhu  $40^{\circ}\text{C}$  dengan tingkat konsentrasi tinggi (12% dan 14%), tetapi tidak menunjukkan kecenderungan yang signifikan untuk nilai indeks aliran ( $n$ ). Berdasarkan indeks aliran ( $n$ ), nilai  $n$  gel pati umbi konjak adalah antara 0.22–0.45 ( $0 < n < 1$ ), menunjukkan viskositas pseudoplastik dan indeks aliran meningkat dengan suhu pemanasan.

Tabel 4.1 Parameter koefisien konsistensi ( $k$ ) dan indeks aliran ( $n$ ) gel konjak

Sampel	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Konsentrasi (w/w)	$n$	K ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ )	$R^2$
nonblanching	40	8	0,286	3,883	0,962
		10	0,414	5,211	0,976
		12	0,263	10,294	0,926
		14	0,249	15,867	0,967
	60	8	0,326	2,264	0,945
		10	0,380	4,551	0,968
		12	0,303	8,236	0,970
		14	0,325	12,340	0,988
	80	8	0,343	1,872	0,952
		10	0,399	2,492	0,905
		12	0,437	4,358	0,994
		14	0,371	10,149	0,947

Tabel 4.2 Parameter koefisien konsistensi ( $k$ ) dan indeks aliran ( $n$ ) gel konjak

Sampel	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Konsentrasi (w/w)	$n$	K ( $\text{Pa}\cdot\text{s}^n$ )	$R^2$
Blanching $60^{\circ}\text{C}$	40	8	0,353	8,549	0,739
		10	0,365	2,899	0,961
		12	0,234	10,495	0,817
		14	0,266	10,435	0,928
	60	8	0,318	6,336	0,869
		10	0,335	2,086	0,921
		12	0,267	9,099	0,927
		14	0,378	6,741	0,928
	80	8	0,246	5,752	0,851
		10	0,463	2,022	0,966
		12	0,221	7,858	0,980
		14	0,431	4,653	0,998

Tabel 4.3 Parameter koefisien konsistensi (k) dan indeks aliran (n) gel konjak

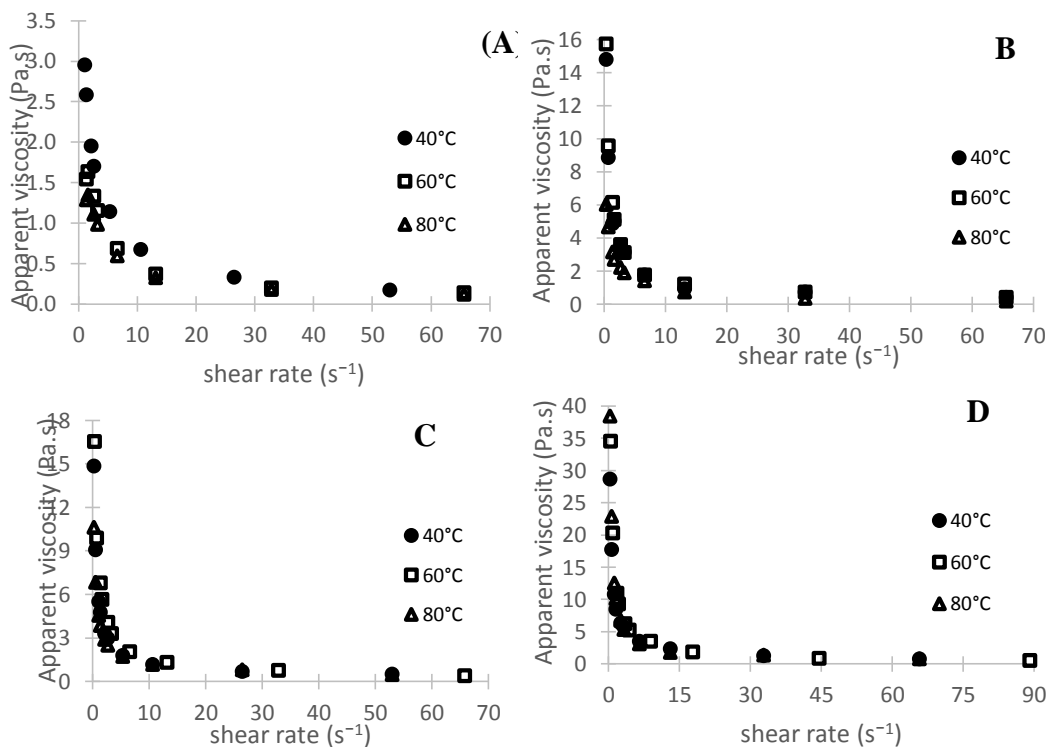
Sampel	T ( $^{\circ}$ C)	Konsentrasi (w/w)	n	K (Pa.s <sup>n</sup> )	R <sup>2</sup>
Blanching 80 <sup>0</sup> C	40	8	0,267	27,485	0,948
		10	0,245	40,813	0,906
		12	0,269	32,114	0,809
		14	0,359	68,770	0,899
	60	8	0,76	46,323	0,946
		10	0,288	32,263	0,848
		12	0,369	26,607	0,937
		14	0,435	52,239	0,905
	80	8	0,368	45,666	0,965
		10	0,329	24,439	0,964
		12	0,392	22,208	0,983
		14	0,439	49,431	0,902

Tabel 4.4 Parameter koefisien konsistensi (k) dan indeks aliran (n) gel konjak

Sampel	T ( $^{\circ}$ C)	Konsentrasi (w/w)	n	K (Pa.s <sup>n</sup> )	R <sup>2</sup>
Blanching 100 <sup>0</sup> C	40	8	0,308	3,739	0,902
		10	0,271	6,845	0,958
		12	0,333	3,154	0,981
		14	0,325	3,860	0,856
	60	8	0,441	2,108	0,962
		10	0,308	3,603	0,904
		12	0,379	3,062	0,895
		14	0,364	3,009	0,938
	80	8	0,387	1,869	0,962
		10	0,033	3,089	0,818
		12	0,419	2,553	0,971
		14	0,439	2,111	0,973

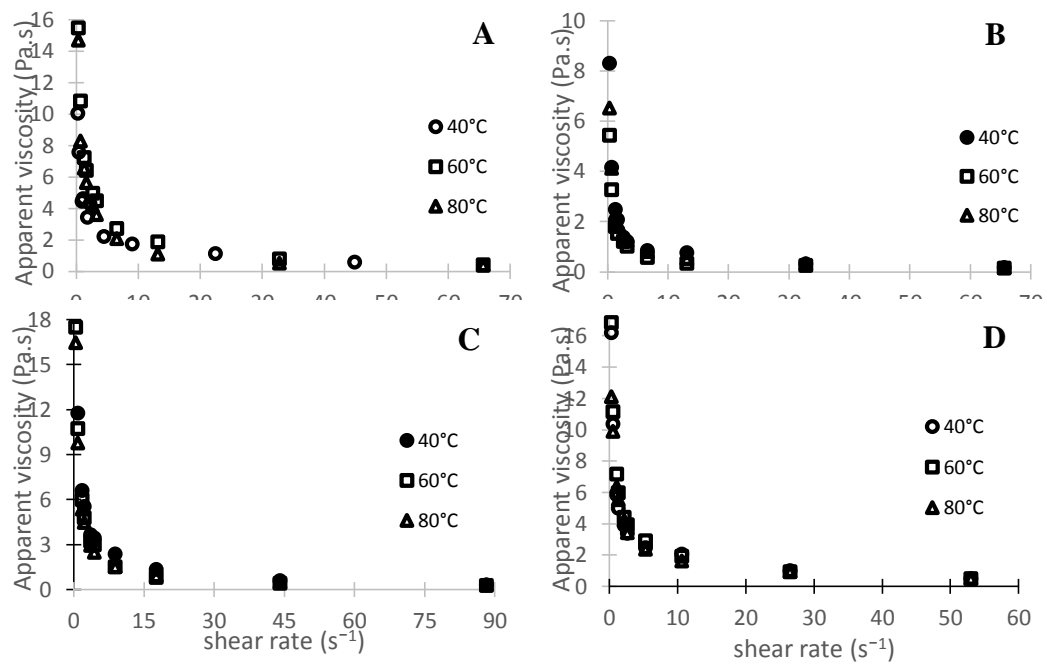
Parameter terakhir terkait erat dengan perlakuan blanching yang diterapkan, nilai koefisien konsistensi meningkat signifikan pada suhu blanching 80<sup>0</sup> C. Semua gel pati konjak yang dipanaskan pada suhu 60 dan 80<sup>0</sup> C menunjukkan peningkatan, ketika suhu pemanasan naik, jumlah amilosa yang dikeluarkan dari granula pati meningkat. Karena transisinya ke fase kontinu, ukuran butiran berkurang, terjadi gesekan internal antara butiran pati yang membengkak selama aliran, akibatnya sistem pseudoplastisitas berkurang dan fase kontinu viskositas meningkat. Fenomena tersebut juga terjadi pada dispersi pati kentang yang dipanaskan pada suhu 65 dan 80<sup>0</sup> C (Juszczak *et al*, 2012).

Pola viskositas gel umbi konjak ditunjukkan pada Gambar 4.5 – 4.8, semua gel pati umbi porang berperilaku aliran pseudoplastik non-newtonian. Fluida pseudoplastik dibedakan dengan penurunan nilai *apparent viscosity* seiring dengan peningkatan *shear rate*. Selain itu, diamati bahwa *apparent viskositas* berkurang dengan meningkatnya *shear rate*, suatu karakteristik pola perilaku *shear thinning*. Gel pati umbi konjak mengembang dan mengental, namun viskositasnya rendah dan mengembangkan kelemahan gel. Oleh karena itu, dapat digunakan dalam aplikasi makanan dimana viskositasnya rendah seperti pati umbi kentang teroksidasi (Juszczak, 2012), gel pati umbi Gajah *Dioscorea rotundata* (Ermides *et al*, 2018), umbi Meksiko *Ceiba aesculifolia parvifolia* (Suastegui *et al*, 2021). Meskipun viskositas gel pati konjak memiliki sifat lemah, namun aplikasinya pada produk pangan tergantung pada konsentrasi hidrokoloid dan sistem makanan yang akan digunakan, yaitu interaksi antara bahan dan paparan suhu selama pembuatan gel (Saha & Battacharya, 2010).

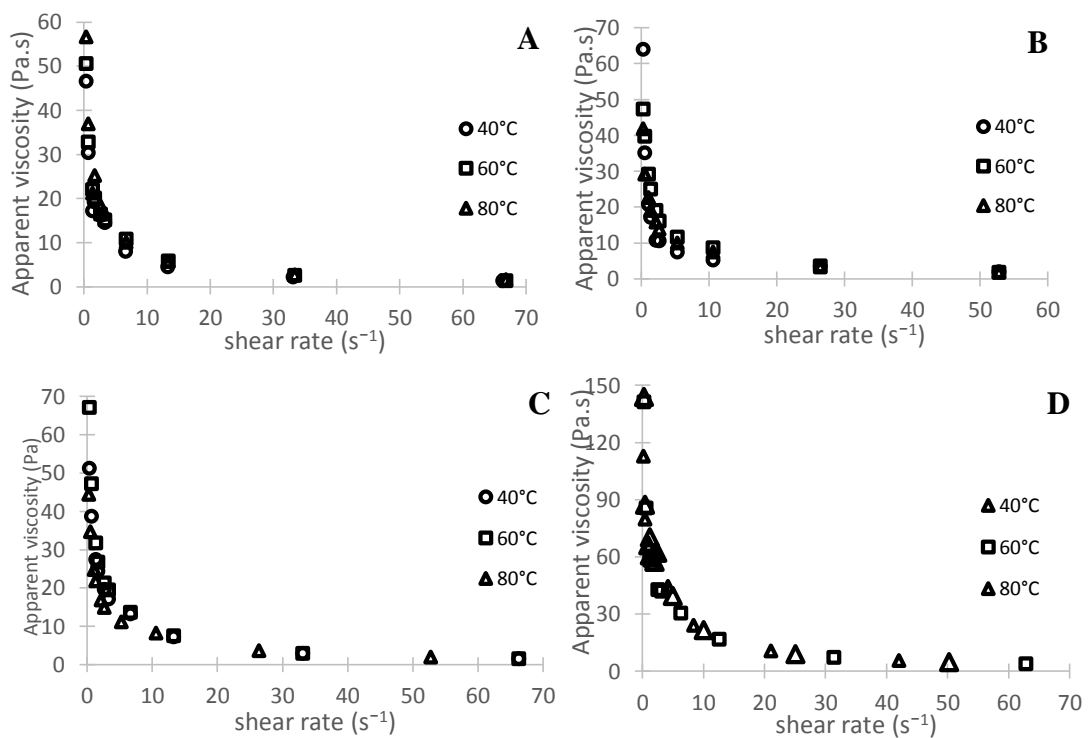


Gambar 4.6 Kurva *apparent viscosity* gel pati konjak perlakuan nonblanching untuk konsentrasi gel: (a) 8%, (b) 10%, (c) 12%, dan (d) 14%.

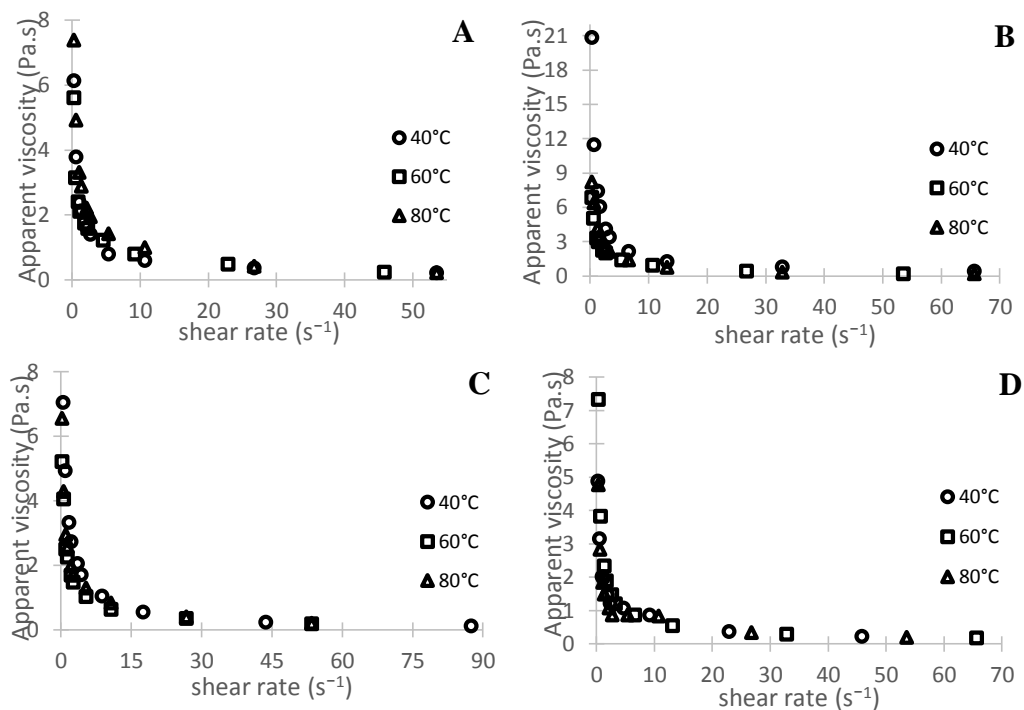




Gambar 4.7 Kurva *apparent viscosity* gel pati konjak perlakuan blanching suhu 60<sup>o</sup> C untuk konsentrasi gel: (a) 8%, (b) 10%, (c) 12%, dan (d) 14%.



Gambar 4.8 Kurva *apparent viscosity* gel pati konjak perlakuan blanching suhu 80<sup>o</sup> C untuk konsentrasi gel: (a) 8%, (b) 10%, (c) 12%, dan (d) 14%.



Gambar 4.9 Kurva *apparent viscosity* gel pati konjak perlakuan blanching suhu 100<sup>0</sup> C untuk konsentrasi gel: (a) 8%, (b) 10%, (c) 12%, dan (d) 14%.

Kurva aliran *apparent viscosity* (Gambar 4.5 hingga 4.8) gel pati konjak pada sampel blanching suhu 80<sup>0</sup> C menunjukkan nilai viskositas yang lebih tinggi secara signifikan untuk semua konsentrasi (8, 10, 12, dan 14%) selama rentang laju geser yang diuji, sedangkan gel pati konjak nonblanching, blanching 60<sup>0</sup> C, dan 100<sup>0</sup> C menunjukkan viskositas cenderung rendah untuk semua konsentrasi.

Sangat sedikit penelitian yang telah dilakukan pada sifat reologi gel tepung umbi konjak dengan karakteristik pati selama gelatinisasi. Diketahui bahwa molekul pati konjac terkandung glukosa dan manosa yang kaya akan hidroksil. Hidroksil akan membentuk ikatan hidrogen dalam larutan pati konjac, sehingga terjadi lebih banyak gaya tarik elektrostatik rata-rata (ikatan hidrogen) dengan peningkatan *shear stress*. Penurunan nilai *apparent viscosity* juga menunjukkan bahwa terjadi penurunan viskositas gel. Penurunan viskositas terhadap aliran fluida gel terjadi karena perubahan struktural (*deformation structural*), pembengkakan struktur internal dan pemecahan primer dan ikatan sekunder oleh gaya hidrodinamik yang diinduksi oleh tahanan geser (Arslan et al., 2005; Maka & Jiokap, 2017).

Nilai viskositas gel pati umbi porang perlakuan blanching (60, 80, dan 100<sup>o</sup> C) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan nonblanching untuk setiap suhu (40, 60, dan 80<sup>o</sup> C), dan konsentrasi yang diberikan. Hal ini dapat dikaitkan dengan perbedaan suhu blanching yang diterapkan pada produk. Untuk semua konsentrasi gel pati umbi porang yang diuji, nilai viskositas serta indeks konsistensi secara umum menurun dengan meningkatnya suhu, yang dapat dikaitkan dengan pecahnya ikatan antarmolekul oleh energi panas, yang menyebabkan penurunan torsi pada kecepatan putaran (Maka & Jiokap, 2017).

Nilai parameter reologi untuk model power law ditunjukkan pada Tabel 4.1 hingga 4.4 maka dapat diperoleh model reologi gel pati umbi konjak dengan perlakuan nonblanching dan blanching (60, 80, dan 100<sup>o</sup> C) berdasarkan pada model aliran power law sebagai berikut (Tabel 4.5):

Tabel 4.5. Model reologi power law gel konjak

T ( <sup>o</sup> C)	Konsentrasi (w/w)	NB	Blanching 60 <sup>o</sup> C	Blanching 80 <sup>o</sup> C	Blanching 100 <sup>o</sup> C
40	8	$\sigma \square 3,883\gamma^{0,286}$	$\sigma \square 8,549\gamma^{0,353}$	$\sigma \square 27,485\gamma^{0,267}$	$\sigma \square 3,739\gamma^{0,439}$
	10	$\sigma \square 5,211\gamma^{0,414}$	$\sigma \square 2,899\gamma^{0,365}$	$\sigma \square 40,813\gamma^{0,245}$	$\sigma \square 6,845\gamma^{0,271}$
	12	$\sigma \square 10,294\gamma^{0,263}$	$\sigma \square 10,495\gamma^{0,234}$	$\sigma \square 32,114\gamma^{0,269}$	$\sigma \square 3,154\gamma^{0,333}$
	14	$\sigma \square 15,867\gamma^{0,49}$	$\sigma \square 10,435\gamma^{0,266}$	$\sigma \square 68,770\gamma^{0,359}$	$\sigma \square 3,860\gamma^{0,325}$
60	8	$\sigma \square 2,264\gamma^{0,326}$	$\sigma \square 6,336\gamma^{0,318}$	$\sigma \square 46,323\gamma^{0,376}$	$\sigma \square 2,108\gamma^{0,441}$
	10	$\sigma \square 4,551\gamma^{0,380}$	$\sigma \square 2,086\gamma^{0,335}$	$\sigma \square 32,263\gamma^{0,288}$	$\sigma \square 3,603\gamma^{0,308}$
	12	$\sigma \square 8,236\gamma^{0,303}$	$\sigma \square 9,099\gamma^{0,267}$	$\sigma \square 26,607\gamma^{0,369}$	$\sigma \square 3,062\gamma^{0,379}$
	14	$\sigma \square 12,340\gamma^{0,325}$	$\sigma \square 6,741\gamma^{0,378}$	$\sigma \square 52,239\gamma^{0,435}$	$\sigma \square 3,009\gamma^{0,364}$
80	8	$\sigma \square 1,872\gamma^{0,343}$	$\sigma \square 5,752\gamma^{0,246}$	$\sigma \square 45,666\gamma^{0,368}$	$\sigma \square 1,869\gamma^{0,387}$
	10	$\sigma \square 2,492\gamma^{0,399}$	$\sigma \square 2,022\gamma^{0,463}$	$\sigma \square 24,439\gamma^{0,329}$	$\sigma \square 3,089\gamma^{0,033}$
	12	$\sigma \square 4,358\gamma^{0,437}$	$\sigma \square 7,858\gamma^{0,221}$	$\sigma \square 22,208\gamma^{0,392}$	$\sigma \square 2,553\gamma^{0,419}$
	14	$\sigma \square 10,149\gamma^{0,371}$	$\sigma \square 4,653\gamma^{0,431}$	$\sigma \square 49,431\gamma^{0,439}$	$\sigma \square 2,111\gamma^{0,439}$

Pengaruh suhu terhadap viskositas gel pati umbi porang mengikuti model Arrhenius (Tabel 4.6) dengan nilai R<sup>2</sup> yang disesuaikan mulai dari 0.813 hingga 0.999. Nilai koefisien konsistensi (K) bervariasi dengan substrat, konstanta ini menunjukkan tren mengenai variasinya dengan konsentrasi substrat di empat

perlakuan berbeda. Perbedaan ini dapat dikaitkan dengan sifat fisikokimia gel pati umbi porang, terutama kandungan lipid (trigliserida) dan kandungan karbohidrat [Maka & Jiokap, 2017]. Pengaruhu suhu yang signifikan terhadap nilai K hanya diperoleh pada sampel nonblanching (kontrol). Hal ini dapat dijelaskan oleh nilai energy aktivasi ( $E_a$ ) gel perlakuan nonblanching yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan blanching (Tabel 4.6).

Nilai  $E_a$  digunakan untuk mengukur sensitivitas viskositas gel umbi porang dengan empat perlakuan terhadap suhu, tertinggi untuk gel perlakuan nonblanching (10.27694–19.52626 J/mol.K), diikuti oleh gel perlakuan blanching 100<sup>o</sup> C (4.778721–18.47205 J/mol.K), kemudian gel perlakuan blanching 80<sup>o</sup> C (6.637149–18.55851J/mol.K), dan kemudian gel perlakuan blanching 60<sup>o</sup> C (8.464483–16.70781 J/mol.K). Energi aktivasi pada pengukuran reologi gel konjak merupakan jumlah energi minimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan aliran pada suatu bahan cair. Berdasarkan nilai K yang diperoleh, diketahui bahwa secara umum gel umbi konjak perlakuan nonblanching (kontrol) memiliki viskositas yang lebih tinggi dibandingkan sampel setelah diberi perlakuan blanching.

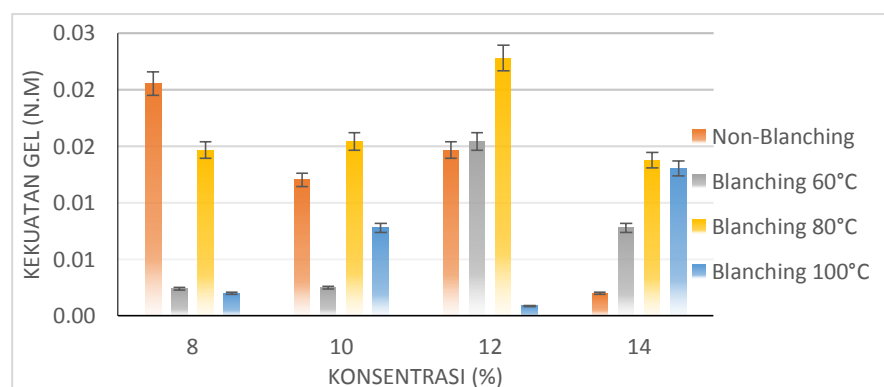
Tabel 4.6. Parameter koefisien konsistensi (K) gel konjak.

Sampel	Konsentrasi (% w/w)	$E_a$ (kJ/mol.K)	$R^2$
Non-blanching	8	16.88158	0.9456
	10	16.70781	0.8589
	12	19.52626	0.9096
	14	11.29623	0.9691
Blanching 60 <sup>o</sup> C	8	9.182813	0.9375
	10	8.402128	0.9375
	12	6.637194	0.9982
	14	11.74269	0.9932
Blanching 80 <sup>o</sup> C	8	13.98082	0.8134
	10	11.74269	0.9932
	12	8.464483	0.9995
	14	18.55851	0.9998
Blanching 100 <sup>o</sup> C	8	16.10588	0.8971
	10	18.47205	0.9819
	12	4.778721	0.9094
	14	13.79459	0.9819

Nilai energi aktivasi pada perlakuan non-blanching lebih tinggi dibandingkan nilai energi aktivasi perlakuan blanching (60, 80, dan 100°C). Meskipun hasil ini menunjukkan bahwa pengaruh perlakuan blanching tidak signifikan, namun perlakuan konsentrasi (8, 10, 12, dan 14%) cenderung meningkatkan energi untuk mengalirkan fluida dalam gel. Hal ini dapat dijelaskan oleh fakta bahwa jumlah ikatan antar molekul yang terlibat dalam mempertahankan struktur substrat dalam lingkungan meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi (Maka & Jiokap, 2017).

#### 4.3.3 Kekuatan gel

Pengukuran kekuatan gel (gel strength) dilakukan dengan parameter kekuatan pecah. Menurut Angalet (2017), kekuatan pecah merupakan besarnya kekuatan (*Force*) yang diperlukan untuk memecah gel. Berdasarkan hasil penelitian, gel pati umbi porang dengan perlakuan blanching 80<sup>0</sup> C memiliki kekuatan gel lebih tinggi dibandingkan blanching suhu 60 dan 100<sup>0</sup> C, dan perlakuan non-blanching (kontrol). Hal disimpulkan dari grafik kekuatan gel (Gambar 6) untuk berbagai konsentrasi (8, 10, 12, dan 14%), menggambarkan penerapan pretreatment cenderung lebih tinggi dengan meningkatnya konsentrasi terutama pada perlakuan suhu blanching 80<sup>0</sup> C, sedangkan perlakuan nonblanching cenderung menurun dengan meningkatnya konsentrasi.



Gambar 5.1. Pengaruh perlakuan blanching (60, 80, dan 100C) dan non blanching dengan berbagai konsentrasi (8, 10, 12, dan 14%) terhadap kekuatan gel umbi konjak

Penggunaan termal dan non termal dalam proses pembentukan gel dapat merusak dinding sel, akibatnya cenderung menyebabkan tekstur gel menjadi lunak. Hal ini digambarkan pada kurva kekuatan tekstur gel pati umbi porang pada perlakuan blanching suhu 100<sup>0</sup> C yang cenderung menurun untuk masing-masing

konsentrasi. Perubahan tekstur gel juga dipengaruhi oleh perubahan pada kekuatan jaringan penyusun dalam umbi. Selain itu selama proses termal terjadi penurunan turgor sel.

#### **4.4. Kesimpulan**

Gel pati umbi konjak dikategorikan sebagai fluida pseudoplastik dengan perilaku shear-thinning, yang dapat didefinisikan dengan model power law. Indeks perilaku aliran menunjukkan kecenderungan independen terhadap suhu dan metode pemrosesan, menyiratkan bahwa efek termal dan non-termal secara signifikan mempengaruhi perilaku pseudoplastik gel pati umbi porang. Konsistensi koefisien di sisi lain menunjukkan korelasi yang kuat dengan metode perlakuan blanching, di mana koefisien konsistensi menurun dengan suhu dan meningkat dengan konsentrasi. Kekuatan gel pati umbi porang cenderung meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dan perlakuan suhu blanching, dibandingkan perlakuan kontrol yang cenderung menurun dengan meningkatnya konsentrasi.

### Daftar Pustaka

- Ahmed, J.; Ramaswamy, H.S.; Ayad, A.; Ali, I. 2008. Thermal and Dynamic Rheology of Insoluble Starch from Basmati Rice. *Food Hydrocolloid*. 22, 278–287.
- Ai, Y., & Jane, J. 2015. Gelatinization and rheological properties of starch. *Starch - Stärke*, 67(3-4), 213–224. doi:10.1002/star.201400201
- Alcazar-Alay, S. C., Meireles, M. A. A., 2015. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. *Food Sci. Technol*. 35, 215–236.
- Augusto, P. E. D.; Falguera, V.; Cristianini, M.; Ibarz, A., 2012. Using the Mitschka-Briggs-Steffe Method for Evaluation of Cactus Pear Concentrated Pulps Rheological Behavior. *International Journal of Food engineering*. Vol. 7(6) Article 14. DOI: 10.1515/1556-3758.2151
- Behera SS, Ray RC. 2016. Konjac glucomannan, a promising polysaccharide of *Amorphophallus konjac* K. Koch in health care. *Int J Biol Macromol*;92:942-56
- Berski, W.; Ptaszek, A.; Ptaszek, P.; Ziobro, R.; Kowalski, G.; Grzesik, M.; Achremowicz, B. 2011. Pasting and Rheological Properties of Oat Starch and Its Derivatives. *Carbohydrate Polymers*. 83(2), 665–671
- Borries-Medrano, E. von, Jaime-Fonseca, M. R., & Aguilar-Méndez, M. Á. 2017. Starch-Galactomannans Mixtures: Rheological and Viscosity Behavior in Aqueous Systems for Food Modeling. *Solubility of Polysaccharides*. doi:10.5772/intechopen.68915
- Claudel C, Buerki S, Chatrou L, Antonelli A, Alvarez N, Hettterscheid WLA. 2017. Large-scale phylogenetic analysis of *Amorphophallus* (Araceae) derived from nuclear and plastid sequences reveals new subgeneric delineation. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 184(1):32–45. doi:10.1093/botlinnean/box013.
- Chen, H.-L.; Cheng, H.-C.; Liu, Y.-J.; Liu, S.-Y.; Wu, W.-T. 2006. Konjac acts as a natural laxative by increasing stool bulk and improving colonic ecology in healthy adults. *Nutrition*. 22, 1112–1119. [CrossRef]
- Cybèle Maka Taga and Yvette Jiokap Nono. 2017. Modelling the rheological properties of gruels produced from selected food products from Cameroon. 2017. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 16 (17), pp. 971-982. DOI: 10.5897/AJB2016.15856. <http://www.academicjournals.org/AJB>.
- Dipjyoti Saha and Suwendu Bhattacharya. 2010. Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review. *Journal of Food Science and Technology* volume 47, pages587–597
- Ekowati G, Yanuwiyadi B, Azrianingsih R,. 2015. Source of Glucomannan from edible Araceae in East Java. *Ind J Environ Sustain Dev.*, 6(1): 32-41

- Fang, W., & Wu, P. 2004. Variation of Konjac glucomannan (KGM) from *Amorphophallus konjac* and its refined powder in China. *Food Hydrocolloids*, 18(1), 167- 170. Doi: 10.1016/s0268-005x(03)00044-4
- Harijati, N., Mastuti, R., Chairiyah, N., Roosdiana, B., Rohmawati, S. A. 2018. Effects of seeding material age, storage time, and tuber tissue zone on glucomannan content of *Amorphophallus muelleri* Blume. Department of Biology, Faculty Mathematics and Natural Science, Brawijaya University, East Java, Indonesia 9:7626 doi:10.4081/pb.20187.7626
- Hettterscheid, W.L.A., Wistuba, A., Amoroso, V.B., Medecilo, M.P. and Claudel, C. 2012. *Amorphophallus natolii* (Araceae), a new species from limestone on Palawan, Philippines. *Botanical Studies* 53: 415-420
- Laignier, F.; Akutsu, R.d.C.C.d.A.; Maldonade, I.R.; Bertoldo Pacheco, M.T.; Silva, V.S.N.; Mendonça, M.A.; Zandonadi, R.P.; Raposo, A.; Botelho, R.B.A. 2021. *Amorphophallus konjac*: A Novel Alternative Flour on Gluten-Free Bread. *Foods*, 10,1206. [https:// doi.org/10.3390/foods10061206](https://doi.org/10.3390/foods10061206)
- Lawal, O.S.; Lapasin, R.; Bellich, B.; Olayiwola, T.O.; Cesàro, A.; Yoshimura, M. 2011. Rheology and Functional Properties of Starches Isolated from Five Improved Rice Varieties from West Africa. *Food Hydrocolloids*, 25(7), 1785–1792.
- Li, B.; Xia, J.; Wang, Y.; Xie, B. 2005. Grain-Size Effect on the Structure and Antiobesity Activity of Konjac Flour. *J. Agric. Food Chem.* 53, 7404–7407.
- Li, B.; Shah, B.R.; Wang, L.; Liu, S.; Li, Y.; Wei, X.; Jin, W.; Li, Z. 2015. Health benefits of konjac glucomannan with special focus on diabetes. *Bioact. Carbohydr. Diet. Fibre*, 5, 179–187. [CrossRef]
- Liu, Y.; Chen, Q.; Fang, F.; Liu, J.; Wang, Z.; Chen, H.; Zhang, F. 2021. The Influence of Konjac Glucomannan on the Physicochemical and Rheological Properties and Microstructure of Canna Starch. *Foods* 10, 422. [https://doi.org/10.3390/ foods10020422](https://doi.org/10.3390/foods10020422).
- María Dolores Álvarez Torres, Wenceslao Canet Parreño Thermal Processing of Potatoes Department of Characterization, Quality, and Safety, Institute of Food Science, Technology and Nutrition (ICTAN-CSIC), Madrid, Spain. 2016. *Advances in Potato Chemistry and Technology*. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-800002-1.00014-5>
- Mekkerdchoo, O., Borompichaichartkul C, Perrigo AL, Srzednicki G, Prakitchaiwattana C, Antonelli A. 2016. Tracing the evolution and economic potential of konjac glucomannan in *Amorphophallus* species (Araceae) using molecular phylogeny and RAPD markers. *Phytotaxa* 282 (2): 81-106. DOI:10.11646/phytotaxa.282.2.1. Viscometer digit gaya NDJ-5S, pemanas listrik DSY-2-8
- Mitschka, P. 1982. Simple Conversation Of Brookfield R.V.T Readings Into Viscosity Functions. *Reologica Acta*, 21, 207–209



- Mohamed, A.A.; Alqah, H.; Alamri, M.S.; Hussain, S.; Qasem, A.A.; Ibraheem, M.I.; Yehia, H.M.; Shamlan, G. 2021. Physicochemical Properties of Enzymatically Modified Starches Processes. 9, 2251. <https://doi.org/10.3390/pr9122251>.
- Moorthy, S.N.; Sajeev, M.S.; Anish, R.J. Functionality of Tuber Starches. 2018. In *Starch in Food: Structure, Function and Applications*, 2nd ed.; Woodhead Publishing: Sawston, Cambridge, UK, pp. 421–508
- Nurlela, N Ariesta, E Santosa and T Muhandri. Effect of harvest timing and length of storage time on glucomannan content in porang tubers 1 Chemistry, Nusa Bangsa University, Bogor, 16166, Indonesia 2 Agronomy and Horticulture, IPB University, Bogor 16680, Indonesia 3 Food Science Technology, IPB University, Bogor 16680, Indonesia \*E-mail: nnurlela16@gmail.com. [IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 299 (2019) 012012 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/299/1/012012 1
- Sascha Gille, Kun Cheng, Mary E. Skinner, Aaron H. Liepman, Curtis G. Wilkerson, Markus Pauly. 2011. Deep sequencing of voodoo lily (*Amorphophallus konjac*): an approach to identify relevant genes involved in the synthesis of the hemicellulose glucomannan. *Planta* (2011) 234:515–526 DOI 10.1007/s00425-011-1422-
- Tumwine, G., Atukwase, A., Tumuhimbise, G.A., Tucungwiirwe, F., Linnemann, A., 2018. Production of nutrient-enhanced millet-based composite flour using skimmed milk powder and vegetables. *Food Sci. Nutr.* 00, 1–13
- Vasques, C.A.R., Rossetto, S., Halmenschlager, G., Linden, R., Heckler, E., Fernandez, M. S.P., Alonso, J.L.L., 2008. Evaluation of the pharmacotherapeutic efficacy of *Garcinia cambogia* plus *Amorphophallus konjac* for the treatment of obesity. *Phyther. Res.* 22, 1135–1140. <https://doi.org/10.1002/ptr.2323>.
- Waheed Iqbal M., and Ahmad Afzal, 2017. Konjac Glucomannan: a praising natural material against diseases. <https://www.researchgate.net/publication/338677774>.
- Widjanarko S B, Amalia Q, Hermanto M B, Mubarak A Z. 2018. Evaluation of the effect of yellow konjac flour- $\kappa$ -carrageenan mixed gels and red koji rice extracts on the properties of restructured meat using response surface methodology *J. Food Sci. Tech.* 55 1781-1788.)
- Xu, F.; Zhang, L.; Liu, W.; Liu, Q.; Wang, F.; Zhang, H.; Hu, H.; Blecker, C. 2021. Physicochemical and Structural Characterization of Potato Starch with Different Degrees of Gelatinization. *Foods.* 10, 1104. <https://doi.org/10.3390/foods10051104>
- Yuzammi, Kurniawan A, Asih NPS, Erlinawati I, Hettterscheid W, The *Amorphophallus* of Indonesia. 2017. Center for Concervation Botanic Gardens Indonesia Institute of Sciences. 120-124.

Zannini, E.; Jones, J.M.; Renzetti, S.; Arendt, E.K. 2012. Functional Replacements for Gluten. *Annu. Rev. Food Sci. Technol.* 3, 227–245.

Zhong L, Liu E, Yang C, Diao Y, Harijati N, Liu J, Hu Z, Jin S. 2018. Gene cloning of a neutral ceramidase from the sphingolipid metabolic pathway based on transcriptome analysis of *Amorphophallus muelleri*. *PLoS One* 13 (3): 1-13. DOI: 10.1371/journal.pone.0194863.

## **BAB V**

### **PEMBAHASAN UMUM**

Pada dasarnya pengolahan umbi konjak segar menjadi produk setengah jadi yang stabil saat penyimpanan dan mudah digunakan seperti tepung diperlukan serangkaian proses yang meliputi perlakuan awal seperti blanching untuk mencegah aksi enzim polifenol oksidasi, pengurangan kadar air, penyimpanan yang aman, pemanfaatan yang lebih luas dalam bentuk tepung yang dapat dikomersialisasikan sebagai bahan pembentuk gel dan produk pangan lainnya. Selama proses pengolahan umbi segar efek treatment blanching dievaluasi terjadi efek yang ditimbulkan pada kualitas produk yang dihasilkan. Kualitas produk umbi dapat ditinjau dari karakteristik termal dan sifat reologinya. Suhu blanching yang digunakan akan menentukan banyaknya energi yang dibutuhkan selama proses gelatinisasi, sehingga diharapkan menghasilkan produk yang memiliki stabilitas yang lebih baik.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, diketahui bahwa kadar air irisan umbi konjak dengan perlakuan awal blanching berbeda selama pengeringan dibandingkan dengan sampel umbi yang tidak diberi perlakuan (nonblanching). Pada pengaplikasian perlakuan blanching (suhu Kadar air umbi konjak dengan perlakuan awal blanching memiliki kadar air yang lebih tinggi (85% basis basah) dibandingkan kadar air umbi yang sejenis, diantaranya umbi yam (50-80% basis basah) (Chen et al., 2017; Falade & Onyeoziri, 2012), umbi kentang (80% basis basah) (Vaishali, et al., 2020), dan umbi yam ungu (82,91% basis basah) (De Vera et al., 2017). Hal ini menunjukkan bahwa irisan umbi konjak memiliki kadar air yang lebih tinggi dibandingkan dengan kadar air umbi sejenis sehingga perlakuan blanching di awal pengeringan perlu diperhatikan dengan baik agar mampu menghasilkan efek pretreatment blanching yang diharapkan untuk umbi konjak.

Pengeringan umbi konjak juga memperhatikan batas kadar air irisan kering maksimum yang disyaratkan industri yaitu berkisar 10-12% dan SNI 7939 2020 mempersyaratkan kadar air mutu I  $\leq$  12%. Sementara dari hasil eksperimen pengeringan irisan umbi konjak dapat menghasilkan kadar air terendah 9,85% untuk perlakuan blanching dan 6,62% untuk nonblanching. Hal ini menunjukkan bahwa irisan kering umbi konjak tersebut telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan oleh SNI. Proses blanching menggunakan air panas pada proses

perebusan yang diketahui akan mempengaruhi komposisi nutrisi umbi karena degradasi termal dan pencucian dalam air mendidih. Hal ini dapat terlihat dari banyaknya lendir umbi yang tidak larut dalam air setelah umbi di blanching sehingga menimbulkan rasa lengket dan reaksi iritasi seperti tertusuk jarum ketika tersentuh di kulit, hal ini disebabkan adanya kandungan kristal kalsium oksalat pada umbi konjak yang sangat jelas dianggap sebagai racun (Abiodun & Akinoso, 2014). Pada perendaman irisan umbi konjak menggunakan larutan garam untuk menurunkan kandungan oksalat, hal ini juga dilakukan pada perendaman umbi talas ungu (Mayasari, 2010), pati umbi cocoyam (Ramos *et al.*, 2020), dan irisan umbi kentang (Chinenye *et al.*, 2022). Pemanfaatan umbi konjak tersebut terbatas penggunaannya karena adanya faktor beracun dan antinutrisi jika tidak melalui pengolahan yang tepat, dan akan menimbulkan masalah lain seperti sisa air setelah direbus akan menyebabkan limbah yang mengandung senyawa organik dan anorganik, sehingga diperlukan penanganan khusus untuk mengatasi lendir pada umbi konjak.

Efektivitas blanching juga mempengaruhi stabilitas produk pangan saat penyimpanan pada kadar air tertentu dibutuhkan suhu udara konstan dan kelembaban relatif maksimum antara produk dan udara sekitar. Artinya pada titik ini tidak ada lagi interaksi kelembaban antara produk dan udara sekitar, sehingga kelembaban hilang dari produk (desoprsi) setara dengan uap air yang diperoleh oleh udara sekitarnya (adosprsi), dan kadar air produk tahap ini disebut kadar air kesetimbangan (Belessiotis & Delyannis, 2011). EMC pada produk irisan umbi konjak segar dan kering dilakukan untuk menentukan jumlah kelembaban maksimum produk kering yang dihasilkan selama penyimpanan. Hal ini dipengaruhi oleh suhu udara dan kelembaban relatif yang mempengaruhi perubahan dalam komposisi produk pangan.

Fenomena yang terjadi selama proses blanching yaitu terjadi reaksi pencoklatan pada irisan umbi konjak yang diblanching pada suhu 60 dan 80°C dengan lama blanching 2 menit. Hal ini kemungkinan terjadi karena suhu pemanasan belum merata didalam bahan sehingga reaksi pencoklatan menjadi nampak pada permukaan irisan umbi konjak. Berbeda dengan irisan umbi konjak yang diblanching suhu blanching 100°C tidak menampakkan reaksi pencoklatan. Sehingga dapat dikatakan bahwa blanching irisan umbi konjak selama 2 menit pada suhu 60 dan 80°C tidak cukup untuk menonaktifkan enzim pencoklatan dan

bahkan mempercepat aktivitas enzim. Meskipun blanching tidak berpengaruh terhadap reaksi pencoklatan pada irisan umbi konjak, namun blanching dapat meningkatkan laju penurunan kadar air irisan umbi karena udara yang terperangkap dalam jaringan sel umbi dapat dikeluarkan, tekstur umbi menjadi lunak, dan lapisan lilin pada permukaan umbi dapat dipisahkan.

Untuk meningkatkan daya simpan irisan umbi konjak juga diperlukan kadar air yang aman untuk penyimpanan umbi dalam bentuk segar dan kering, sehingga mikroorganisme tidak berkembang. Hal ini sangat ditentukan oleh kelembaban (RH) ruang penyimpanan, pada suhu ruang (30°C) maupun suhu tinggi (40°). Pada suhu penyimpanan 40°C mikroorganismenya telah berkembang untuk produk irisan umbi segar dan irisan produk kering dengan aktivitas jamur tumbuh pada aktivitas air 0,75. Sementara itu, pada suhu penyimpanan 30°C aktivitas mikroorganismenya sedikit mengalami perlambatan. Beberapa literatur melaporkan pertumbuhan jamur aflatoksinogenik pada kondisi optimal (24-35°C) dan kelembaban relatif ( $\geq 0,7\%$ ) (Omohimi *et al.*, 2019), pada tepung dan keripik umbi yam (Aboyele 2020). Berbeda dengan ubi jalar segar membutuhkan kondisi penyimpanan ditempat yang sejuk (13 dan 15°C) (Reesa *et al.*, 2003), dengan kelembaban relatif udara terkendali (85 hingga 95%) (Mortley *et al.*, 1994; Padda & Picha 2008; Peng *et al.*, 2013). Namun, kondisi ini membutuhkan peralatan yang canggih, mahal dan membutuhkan banyak tenaga kerja (Ndangui *et al.*, 2014).

Berdasarkan hasil pengukuran reologi gel umbi konjak, ditemukan fenomena bahwa perubahan konstanta koefisien (K) terhadap perlakuan suhu pada gel pati konjak hasil pretreatment blanching berbanding terbalik dengan gel pati konjak tanpa perlakuan (nonblanching). Hal ini diamati pada perlakuan konsentrasi dan pretreatment blanching yang diberikan pada gel pati konjak. Hal ini menunjukkan bahwa pretreatment blanching mengakibatkan perubahan struktural pada gel pati konjak.

Viskositas puncak pada pengukuran reologi pati umbi dengan konsentrasi suhu pemanasan menunjukkan viskositas tertinggi yang dapat dicapai dalam pembuatan pasta pati (Manu *et al.*, 2022). Untuk pasta pati konjak dengan pretreatment blanching menghasilkan nilai viskositas lebih rendah dari pasta pati tanpa perlakuan (nonblanching). Nilai viskositas yang diamati dalam penelitian ini sesuai dengan laporan studi pada umbi putih segar yang mengalami pra-perawatan, dengan hasil bahwa sampel tepung umbi yang dikukus (direndam

dalam air mendidih) menghasilkan daya ikat tepung yang lebih rendah. Akibat kerusakan granula pati yang dimasak sehingga butiran menjadi hancur dan mempengaruhi stabilitas tepung (Moorthy et al., 2018). Hal ini menunjukkan terjadi penurunan viskositas terhadap pati konjak yang mengalami perlakuan blanching.

Sementara itu perubahan nilai K yang diamati pada pasta pati konjak cenderung diakibatkan suhu pemanasan yang diaplikasikan pada sampel. Teknologi pengolahan pati termodifikasi seperti kentang dan ubi jalar telah mengaplikasikan metode *heat moisture treatment* (HMT) untuk mengevaluasi efeknya terhadap sifat fungsional dan daya lekat pasta pati (Marta & Tensiska, 2018). Hal ini berarti bahwa efek termal *heat moisture treatment* (HMT) dapat memberikan pengaruh yang signifikan terhadap viskositas pasta pati umbi konjak. Uraian diatas menunjukkan pentingnya analisis karakteristik reologi suatu produk untuk pengolahan teknologi baru yang memiliki keunggulan dan lebih meningkatkan sifat fungsional untuk menjaga stabilitas produk pangan.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN**

Karakteristik pengeringan termal irisan umbi konjak mengakibatkan pengaruh yang signifikan terhadap model pengeringan yang menggambarkan kesesuaian yang positif. Perlakuan sampel blanching suhu 60<sup>0</sup> C dan sampel tanpa blanching berpengaruh terhadap kadar air. Model pengeringan yang sesuai dengan karakteristik chips umbi porang adalah model Page. Sementara Persamaan Oswin merupakan model yang paling tepat untuk merepresentasikan perilaku EMC irisan umbi *Amorphophallus* konjak yang diblanching dan tidak diblanching untuk eksperimen adsorpsi dan desorpsi khususnya pada suhu penyimpanan 30°C. Persamaan Chung-Pfost, di sisi lain, cukup cocok untuk memprediksi perilaku EMC sampel blanching dan nonblanching untuk eksperimen adsorpsi dan desorpsi pada suhu 40 °C. Ditemukan juga bahwa peningkatan suhu penyimpanan akan menghasilkan nilai EMC yang lebih kecil. Temuan lainnya adalah *Amorphophallus* konjak yang diblanching memiliki nilai EMC yang lebih rendah dibandingkan dengan yang tidak diblanching. Gel pati umbi konjak dikategorikan sebagai fluida pseudoplastik dengan perilaku shear-thinning, yang dapat didefinisikan dengan model *Power law*. Indeks perilaku aliran menunjukkan kecenderungan independen terhadap suhu dan metode pemrosesan, menyiratkan bahwa efek termal dan non-termal secara signifikan mempengaruhi perilaku pseudoplastik gel pati umbi porang. Konsistensi koefisien di sisi lain menunjukkan korelasi yang kuat dengan metode praperlakuan, di mana koefisien konsistensi menurun dengan suhu dan meningkat dengan konsentrasi. Kekuatan gel pati umbi porang cenderung meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dan perlakuan suhu blanching, dibandingkan perlakuan kontrol yang cenderung menurun dengan meningkatnya konsentrasi.

## DAFTAR LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1. Eksperimen 1

Lama Pengeringan Suhu 55C (Jam)	KA BB (%)				KA BK (%)				MR			
	Non-Blanching	Blanching			Non-Blanching	Blanching			Non-Blanching	Blanching		
		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C
0	85,45%	85,05%	81,67%	84,04%	587,48%	568,70%	445,56%	526,66%	1	1	1	1
0,5	78,35%	76,04%	72,22%	77,28%	361,99%	317,40%	259,94%	340,07%	0,8115	0,8528	0,8780	0,7382
1	71,86%	68,30%	63,82%	67,23%	255,35%	215,42%	176,41%	205,13%	0,4278	0,3714	0,3882	0,3766
1,5	66,29%	62,20%	55,60%	60,34%	196,68%	164,58%	125,20%	152,15%	0,3267	0,2809	0,2718	0,2738
2	61,16%	56,45%	45,46%	50,77%	157,47%	129,62%	83,36%	103,15%	0,2591	0,2187	0,1766	0,1788
2,5	55,62%	50,42%	34,84%	42,53%	125,34%	101,68%	53,47%	74,01%	0,2037	0,1690	0,1087	0,1223
3	49,77%	44,11%	30,06%	35,19%	99,10%	78,93%	42,97%	54,30%	0,1585	0,1285	0,0848	0,0841
3,5	44,61%	38,67%	25,06%	29,77%	80,54%	63,05%	33,44%	42,38%	0,1266	0,1002	0,0632	0,0610
4	39,29%	33,37%	21,84%	25,06%	64,71%	50,08%	27,95%	33,44%	0,0993	0,0772	0,0507	0,0437
4,5	33,77%	28,18%	19,40%	21,96%	50,98%	39,24%	24,07%	28,15%	0,0756	0,0579	0,0419	0,0334
5	29,09%	22,30%	17,25%	18,82%	41,03%	28,70%	20,84%	23,18%	0,0585	0,0391	0,0345	0,0238
5,5	20,31%	18,43%	14,97%	17,37%	25,49%	22,60%	17,61%	21,03%	0,0317	0,0283	0,0272	0,0196
6	15,43%	14,04%	13,06%	15,41%	18,25%	16,34%	15,02%	18,21%	0,0192	0,0171	0,0213	0,0141
6,5	12,99%	12,08%	11,57%	14,93%	14,93%	13,74%	13,09%	17,55%	0,0135	0,0125	0,0169	0,0128
7	11,84%	11,01%	10,42%	14,57%	13,42%	12,37%	11,63%	17,05%	0,0109	0,0101	0,0136	0,0119
7,5	10,77%	10,03%	9,50%	13,96%	12,07%	11,15%	10,50%	16,23%	0,0086	0,0079	0,0110	0,0103
8	10,16%	9,78%	8,84%	13,59%	11,31%	10,84%	9,69%	15,73%	0,0073	0,0073	0,0092	0,0093
8,5	9,55%	9,03%	8,30%	13,09%	10,56%	9,92%	9,05%	15,07%	0,0060	0,0057	0,0077	0,0080
9	9,18%	8,77%	8,02%	12,72%	10,11%	9,62%	8,72%	14,57%	0,0052	0,0052	0,0070	0,0071



Lama Pengeringan Suhu 55C (Jam)	MR											
	Non-Blanching	KA BB (%)			Non-Blanching	KA BK (%)			Non-B	Blanching		
		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C
9,5	13,47%	13,64%	10,71%	13,05%	15,56%	15,80%	11,99%	15,01%	0,0113	0,0140	0,0104	0,0157
10	12,96%	13,24%	10,43%	12,53%	14,88%	15,26%	11,64%	14,32%	0,0100	0,0130	0,0097	0,0142
10,5	12,65%	12,84%	10,14%	12,32%	14,48%	14,73%	11,29%	14,05%	0,0092	0,0120	0,0090	0,0135
11	12,23%	12,32%	9,86%	11,79%	13,94%	14,06%	10,93%	13,37%	0,0082	0,0107	0,0083	0,0120
11,5	11,81%	12,01%	9,57%	11,37%	13,40%	13,65%	10,58%	12,82%	0,0072	0,0100	0,0077	0,0108
12	11,71%	11,60%	9,28%	10,83%	13,26%	13,12%	10,23%	12,14%	0,0069	0,0089	0,0070	0,0092
12,5	11,39%	10,97%	8,99%	10,39%	12,86%	12,32%	9,88%	11,60%	0,0062	0,0074	0,0063	0,0080
13	11,18%	10,32%	8,55%	9,95%	12,58%	11,51%	9,35%	11,05%	0,0057	0,0059	0,0052	0,0068
13,5	10,64%	9,78%	8,25%	9,73%	11,91%	10,84%	8,99%	10,78%	0,0044	0,0046	0,0045	0,0062
14	10,42%	9,56%	7,95%	9,62%	11,64%	10,58%	8,64%	10,64%	0,0039	0,0041	0,0038	0,0058
14,5	10,32%	9,34%	7,65%	9,39%	11,50%	10,31%	8,29%	10,37%	0,0036	0,0036	0,0031	0,0052
15	10,10%	9,12%	7,50%	9,17%	11,23%	10,04%	8,11%	10,10%	0,0031	0,0031	0,0028	0,0046
15,5	9,99%	8,90%	7,35%	8,94%	11,10%	9,77%	7,94%	9,82%	0,0028	0,0026	0,0024	0,0040
16	9,88%	8,79%	7,20%	8,72%	10,96%	9,64%	7,76%	9,55%	0,0026	0,0023	0,0021	0,0034
16,5	9,77%	8,68%	7,05%	8,49%	10,83%	9,50%	7,58%	9,28%	0,0023	0,0020	0,0017	0,0028
17	9,66%	8,57%	6,90%	8,26%	10,69%	9,37%	7,41%	9,00%	0,0021	0,0018	0,0014	0,0022
17,5	9,55%	8,46%	6,90%	8,15%	10,55%	9,24%	7,41%	8,87%	0,0018	0,0015	0,0014	0,0018
18	9,44%	8,34%	6,74%	8,03%	10,42%	9,10%	7,23%	8,73%	0,0015	0,0013	0,0010	0,0015
18,5	9,33%	8,23%	6,74%	7,91%	10,28%	8,97%	7,23%	8,59%	0,0013	0,0010	0,0010	0,0012
19	9,21%	8,12%	6,59%	7,80%	10,15%	8,84%	7,05%	8,46%	0,0010	0,0008	0,0007	0,0009
19,5	9,10%	8,00%	6,59%	7,68%	10,01%	8,70%	7,05%	8,32%	0,0008	0,0005	0,0007	0,0006
20	9,10%	8,00%	6,44%	7,57%	10,01%	8,70%	6,88%	8,19%	0,0008	0,0005	0,0003	0,0003
20,5	8,99%	7,89%	6,44%	7,57%	9,88%	8,57%	6,88%	8,19%	0,0005	0,0003	0,0003	0,0003

21	8,88%	7,89%	6,44%	7,57%	9,74%	8,57%	6,88%	8,19%	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003
21,5	8,88%	7,89%	6,28%	7,45%	9,74%	8,57%	6,70%	8,05%	0,0003	0,0003	0	0
22	8,77%	7,78%	6,28%	7,45%	9,61%	8,43%	6,70%	8,05%	0	0	0	0
22,5	8,77%	7,78%	6,28%	7,45%	9,61%	8,43%	6,70%	8,05%	0	0	0	0

### Suhu pengeringan 45C

Lama Pengeringan suhu 45C (Jam)	KA BB (%)					KA BK (%)				MR		
	N. Blanching	Blanching			NB	Blanching			NB	Blanching		
		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C
0	85,97%	86,64%	85,89%	84,12%	612,79%	648,34%	608,70%	529,73%	1	1	1	1
0,5	82,48%	83,35%	82,99%	80,12%	470,76%	500,66%	488,00%	403,00%	0,7646	0,7683	0,7989	0,7557
1	78,85%	79,07%	78,21%	74,13%	372,92%	377,81%	358,96%	286,49%	0,6024	0,5755	0,5839	0,5311
1,5	73,34%	74,24%	71,63%	67,40%	275,08%	288,25%	252,52%	206,76%	0,4403	0,4349	0,4065	0,3774
2	67,28%	68,33%	64,68%	61,26%	205,65%	215,73%	183,13%	158,11%	0,3252	0,3211	0,2909	0,2836
2,5	60,42%	61,50%	56,96%	55,45%	152,66%	159,77%	132,35%	124,47%	0,2373	0,2333	0,2063	0,2188
3	54,70%	56,76%	50,00%	50,56%	120,76%	131,29%	100,00%	102,25%	0,1845	0,1886	0,1524	0,1760
3,5	48,63%	51,37%	44,17%	46,03%	94,68%	105,63%	79,13%	85,29%	0,1412	0,1484	0,1176	0,1433
4	43,37%	46,55%	39,79%	41,78%	76,58%	87,09%	66,09%	71,77%	0,1112	0,1193	0,0959	0,1172
4,5	38,07%	41,59%	35,10%	37,41%	61,46%	71,19%	54,09%	59,76%	0,0862	0,0943	0,0759	0,0941
5	33,48%	37,21%	30,22%	33,13%	50,33%	59,27%	43,30%	49,55%	0,0677	0,0756	0,0580	0,0744
5,5	29,51%	32,96%	26,75%	28,92%	41,86%	49,17%	36,52%	40,69%	0,0537	0,0598	0,0467	0,0573
6	26,67%	29,27%	23,44%	26,16%	36,38%	41,39%	30,61%	35,44%	0,0446	0,0475	0,0368	0,0472
6,5	24,47%	25,06%	21,12%	24,23%	32,39%	33,44%	26,78%	31,98%	0,0380	0,0351	0,0304	0,0405
7	23,12%	22,27%	19,13%	22,29%	30,07%	28,64%	23,65%	28,68%	0,0341	0,0275	0,0252	0,0342
7,5	21,72%	19,89%	16,79%	21,00%	27,74%	24,83%	20,17%	26,58%	0,0303	0,0216	0,0194	0,0301

Lama Pengerinan 45C (Jam)	KA BB (%)					KA BK (%)					MR		
	N.Blanching	Blanching			NB	Blanching			NB	Blanching			
		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C		Suhu 60°C	Suhu 80°C	Suhu 100°C	
8	19,84%	18,49%	15,57%	19,47%	24,75%	22,68%	18,43%	24,17%	0,0253	0,0182	0,0165	0,0255	
8,5	18,54%	17,26%	14,56%	17,98%	22,76%	20,86%	17,04%	21,92%	0,0220	0,0153	0,0142	0,0211	
9	16,62%	16,46%	13,92%	17,06%	19,93%	19,70%	16,17%	20,57%	0,0173	0,0135	0,0127	0,0185	
9,5	15,21%	15,52%	13,27%	15,91%	17,94%	18,38%	15,30%	18,92%	0,0140	0,0114	0,0113	0,0153	
10	14,25%	14,93%	12,35%	15,27%	16,61%	17,55%	14,09%	18,02%	0,0118	0,0101	0,0093	0,0136	
10,5	13,63%	14,33%	11,67%	14,51%	15,78%	16,72%	13,22%	16,97%	0,0105	0,0088	0,0078	0,0116	
11	13,13%	13,96%	11,27%	14,06%	15,12%	16,23%	12,70%	16,37%	0,0094	0,0081	0,0070	0,0104	
11,5	12,63%	13,59%	10,85%	13,62%	14,45%	15,73%	12,17%	15,77%	0,0083	0,0073	0,0061	0,0093	
12	12,24%	13,22%	10,58%	13,28%	13,95%	15,23%	11,83%	15,32%	0,0074	0,0065	0,0055	0,0084	
12,5	11,86%	12,72%	10,16%	12,94%	13,46%	14,57%	11,30%	14,86%	0,0066	0,0055	0,0046	0,0075	
13	11,47%	12,59%	10,02%	12,60%	12,96%	14,40%	11,13%	14,41%	0,0058	0,0052	0,0043	0,0067	
13,5	11,21%	12,46%	9,73%	12,37%	12,62%	14,24%	10,78%	14,11%	0,0052	0,0049	0,0038	0,0061	
14	11,08%	11,82%	9,59%	12,14%	12,46%	13,41%	10,61%	13,81%	0,0050	0,0036	0,0035	0,0055	
14,5	10,68%	11,57%	9,45%	11,90%	11,96%	13,08%	10,43%	13,51%	0,0041	0,0031	0,0032	0,0049	
15	10,42%	11,44%	9,31%	11,79%	11,63%	12,91%	10,26%	13,36%	0,0036	0,0029	0,0029	0,0046	
15,5	10,28%	11,31%	9,16%	11,55%	11,46%	12,75%	10,09%	13,06%	0,0033	0,0026	0,0026	0,0041	
16	10,01%	11,18%	9,02%	11,44%	11,13%	12,58%	9,91%	12,91%	0,0028	0,0023	0,0023	0,0038	
16,5	9,88%	11,05%	8,87%	11,32%	10,96%	12,42%	9,74%	12,76%	0,0025	0,0021	0,0020	0,0035	
17	9,75%	10,91%	8,87%	11,20%	10,80%	12,25%	9,74%	12,61%	0,0022	0,0018	0,0020	0,0032	
17,5	9,61%	10,78%	8,73%	11,08%	10,63%	12,09%	9,57%	12,46%	0,0019	0,0016	0,0017	0,0029	
18	9,47%	10,52%	8,44%	10,84%	10,47%	11,75%	9,22%	12,16%	0,0017	0,0010	0,0012	0,0023	
18,5	9,34%	10,52%	8,44%	10,60%	10,30%	11,75%	9,22%	11,86%	0,0014	0,0010	0,0012	0,0017	
19	9,20%	10,39%	8,29%	10,48%	10,13%	11,59%	9,04%	11,71%	0,0011	0,0008	0,0009	0,0014	

19,5	9,06%	10,39%	8,29%	10,36%	9,97%	11,59%	9,04%	11,56%	0,0008	0,0008	0,0009	0,0012
20	9,06%	10,25%	8,15%	10,24%	9,97%	11,42%	8,87%	11,41%	0,0008	0,0005	0,0006	0,0009
20,5	8,93%	10,12%	8,00%	10,12%	9,80%	11,26%	8,70%	11,26%	0,0006	0,0003	0,0003	0,0006
21	8,93%	10,12%	8,00%	10,12%	9,80%	11,26%	8,70%	11,26%	0,0006	0,0003	0,0003	0,0006
21,5	8,79%	9,99%	7,85%	10,00%	9,63%	11,09%	8,52%	11,11%	0,0003	0	0	0,0003
22	8,65%	9,99%	7,85%	10,00%	9,47%	11,09%	8,52%	11,11%	0	0	0	0,0003
22,5	8,65%	9,99%	7,85%	9,88%	9,47%	11,09%	8,52%	10,96%	0	0	0	0

## LAMPIRAN 2. Eksperimen 2

T (°C)	Aw	EMC (%Dry Basis)			
		Non-Blanching Desorpsi 30°C			
		Observasi	Prediksi	Differensial	Differensial <sup>2</sup>
	0	0	0	0	0
30	0,17	5,86%	0,051544	0,00705057	0,00004971
30	0,32	9,00%	0,081463	0,00853319	0,00007282
30	0,47	11,33%	0,115444	-0,00212420	0,00000451
30	0,54	15,58%	0,134710	0,02108951	0,00044477
30	0,76	19,87%	0,232556	-0,03385677	0,00114628
30	0,82	30,58%	0,284074	0,02173580	0,00047245

T (°C)	Aw	EMC (%Dry Basis)			
		Non Blanching Desorpsi 40°C			
		Observasi	Prediksi	Differensial	(Differ)^2
	0	0	0	0	0
40	0,06	4,89%	0,030831	0,018056	0,000326
40	0,32	7,89%	0,080337	-0,0014	1,97E-06
40	0,47	10,10%	0,108851	-0,00787	6,19E-05
40	0,54	15,34%	0,124517	0,02889	0,000835
40	0,76	17,75%	0,200367	-0,02283	0,000521
40	0,82	23,20%	0,238529	-0,00656	4,31E-05

T (°C)	Aw	EMC (%Dry Basis)			
		Non Blanching Adsorpsi 30°C			
		Observasi	Prediksi	Differensial	Differensial^2
	0			0	0
30	0,17	0,050950	0,057082	-0,00613244	0,00003761
30	0,32	0,097978	0,085906	0,01207287	0,00014575
30	0,47	0,105441	0,117284	-0,01184363	0,00014027
30	0,54	0,151055	0,134616	0,01643916	0,00027025
30	0,76	0,194174	0,219213	-0,02503882	0,00062694
30	0,82	0,277281	0,262105	0,01517665	0,00023033

T (°C)	Aw	EMC (%Dry Basis)			
		Non Blanching Adsorpsi 40°C			
		Observasi	Prediksi	Diferensial	Diferensial <sup>2</sup>
	0			0	0
40	0,17	0,033363	0,045949	-0,01259	0,000158
40	0,32	0,071351	0,068974	0,002377	5,65E-06
40	0,47	0,086514	0,093985	-0,00747	5,58E-05
40	0,54	0,133565	0,107780	0,025784	0,000665
40	0,76	0,156157	0,174976	-0,01882	0,000354
40	0,82	0,216779	0,208978	0,007802	6,09E-05

### LAMPIRAN 3. Eksperimen 3

Rotational speed (rpm)	Torque	Viscosity	Viscosity (K)	Average shear stress	log N	log $\sigma_a$ (shear stress)	Average shear rate	Apparent viscosity	
N	%T	cP	Pa.s	$\sigma_a$ (Pa)			$\dot{\gamma}_a$	$\eta$	log $\dot{\gamma}_a$
0,5	15,4	1155	1,155	1,8326	-0,30103	0,263067682	0,2675	6,850841121	-0,57268
1	22,6	847,3	0,8473	2,6894	0	0,429655401	0,535	5,026915888	-0,27165
2	29,7	556,8	0,5568	3,5343	0,30103	0,548303411	1,07	3,303084112	0,029384
2,5	33,4	500,9	0,5009	3,9746	0,39794	0,599293428	1,3375	2,971663551	0,126294
4	40,3	376,8	0,3768	4,7957	0,60206	0,680852008	2,14	2,240981308	0,330414
5	44,8	335,9	0,3359	5,3312	0,69897	0,726824975	2,675	1,992971963	0,427324
10	64	239,9	0,2399	7,616	1	0,881726935	5,35	1,423551402	0,728354
20	84,2	157,8	0,1578	10,0198	1,30103	1,000859053	10,7	0,936429907	1,029384
50	96,7	91,4	0,0914	11,5073	1,69897	1,060973435	26,75	0,430179439	1,427324
100	97,6	29,1	0,0291	11,6144	2	1,064996779	53,5	0,217091589	1,728354

100	91,1	178,8	0,1788	10,8409	2	1,035065338	53,5	0,202633645	1,728354
50	77,8	291,7	0,2917	9,2582	1,69897	0,966526558	26,75	0,346100935	1,427324
20	57,7	432,7	0,4327	6,8663	1,30103	0,836722775	10,7	0,64171028	1,029384
10	49,8	466,8	0,4668	5,9262	1	0,772776304	5,35	1,107700935	0,728354
5	39,2	595,4	0,5954	4,6648	0,69897	0,668833028	2,675	1,743850467	0,427324
4	35	656,1	0,6561	4,165	0,60206	0,619615006	2,14	1,946261682	0,330414
2,5	26	979,8	0,9798	3,094	0,39794	0,490520309	1,3375	2,313271028	0,126294
2	19,7	1477	1,477	2,3443	0,30103	0,370013188	1,07	2,190934579	0,029384

