



**STUDI SIFAT REOLOGI *PUREE* BUAH NAGA PUTIH  
(*Hylocereus undatus*)**

**SKRIPSI**

Oleh

**Irma Tri Wahyuni**

**NIM 111710201001**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**STUDI SIFAT REOLOGI *PUREE* BUAH NAGA PUTIH  
(*Hylocereus undatus*)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Irma Tri Wahyuni**

**NIM 111710201001**

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## PERSEMBAHAN

Terimakasih dan penuh rasa syukur hamba kepada Allah SWT yang maha penyayang terhadap hamba-Nya. *Alhamdulillah* skripsi ini dapat terselesaikan.

Saya persembahkan skripsi ini untuk:

1. Kedua orang tua yang tak pernah lelah memberikan dukungan serta ketulusan doa,
2. Kakakku yang dalam sibuknya selalu memberikan motivasi dan meluangkan waktu untuk mendengarkan curahan hati,
3. Keluarga besar di rumah dan keluarga besar di FTP yang saling bahu membahu memberikan semangat yang luar biasa.

**MOTTO**

Dengan kerja keras suatu hari nanti akan ada saat dimana impian akan menjadi kenyataan

-Donny Dhirgantoro, 5 cm-

Dan dzikirlah (ingatlah) Allah sebanyak-banyaknya, supaya kamu beruntung

-QS. Al-Jumu'ah 62:10-



**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

nama : Irma Tri wahyuni

NIM : 111710201001

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “*Studi Sifat Reologi Puree Buah Naga Putih (Hylocereus undatus)*” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali dalam kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan dalam institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta mendapatkan sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 8 Agustus 2015

Irma Tri wahyuni

NIM 111710201001

**SKRIPSI**

**STUDI SIFAT REOLOGI *PUREE* BUAH NAGA PUTIH  
(*Hylocereus undatus*)**

Oleh

**Irma Tri Wahyuni  
NIM 111710201001**

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Ir. Iwan Taruna, M. Eng.

Dosen Pembimbing Anggota : Sutarsi, S. TP., M.Sc.

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**Studi Sifat Reologi *Puree* Buah Naga Putih (*Hylocereus undatus*)**” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Anggota,

(.....)  
NIP.

(.....)  
NIP

Mengesahkan  
Dekan,

Dr. Yuli Witono, S.TP, M.P.  
NIP. 196912121998021001

## SUMMARY

**Study of Rheological Properties of White Dragon Fruit Puree (*Hylocereus undatus*); Irma Tri Wahyuni; 111710201001; 2015; 55 pages; Department of Agriculture Engineering Faculty of Agricultural Tecnology, University of Jember.**

The white dragon fruit (*Hylocereus undatus*) is a tropical fruit that has red fruit skin and white flesh. The fruit has a wide variety of health benefits that made the market request would the dragon was increasingly high. This makes the cultivation and dragon fruit processing industry is increasing. One of the forms produced by the based foodstuff of fruits and vegetables that were enjoyed by the community were juice (Dehbi and al., 2013). The process of the production of juice was preceeded with the production of the porridge (puree) and the separation between pulp and juice. The understanding about the physical characteristics puree really was needed as the basic data to draft the method and handling equipment as well as his processing. One of the physical characteristics puree that was relevant with this aim of being the characteristics of rheology that was carried out with the grating of his viscosity. Because of that the characteristics research of rheology this dragon fruits must be done.

This research was conducted in the laboratory of Engineering of Agricultural Products, Agricultural Engineering Department, Faculty of Agricultural Technology, University of Jember. This research activity was carried out in January until March 2015. The research was begun with the process of the material collection, the washing, peeling rind, and downsizing. Puree the white dragon was measured by his viscosity by conditioning the concentration (10%, 12%, and 14%TS), the temperature (20C, 25C, and 30C), and the speed turned spindle (0.5; 1; 2.5; and 5RPM). The characteristics data of rheology that was measured that is the viscosity, shear rate, shear stress, consistency index (k), and flow index (n). this value was obtained from the analysis in a manner the graph and statistics. The validity test was carried out to test the power law model by using Root mean square error (RMSE), regression (R<sup>2</sup>), and Mean Relative Percent Error (P).

Results of the Research were based on the parameter that was measured that is: in the different concentration, the viscosity puree the white dragon also experienced the change. It was increasingly big that the concentration puree the white dragon his viscosity increasingly increased. the viscosity in the lower temperature had the bigger value, Whereas in the higher temperature the viscosity puree had the value lowest. The white dragon fruit puree viscosity at lower speeds indicate a greater value than the spindle rotational speed is higher. The characteristics puree this white dragon had the characteristics of the fluid non-newtonian with the fluid kind pseudoplastic. The analysis of the estimation Data and observation were received by the difference. The RMSE value that was best in the concentration 10%TS that is 0.0003, with the temperature of the grating 20C, whereas the data that far his prediction that is in in the concentration 14% with the temperature of the grating of 30C. R showed the value between 0.8884



and 0.9915. P values showed percent of the mistake of a data, in this research the level of the highest mistake was in the concentration 14% TS and the temperature 30C that is 17.3793%.



## RINGKASAN

**Studi Sifat Reologi Puree Buah Naga Putih (*Hylocereus undatus*);** Irma Tri Wahyuni; 111710201001; 2015; 55 halaman; Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Buah naga putih (*Hylocereus undatus*) merupakan buah tropis yang memiliki kulit buah berwarna merah dan daging buah berwarna putih. Buah ini memiliki berbagai macam manfaat bagi kesehatan yang membuat permintaan pasar buah naga semakin tinggi. Hal tersebut membuat budidaya dan industri pengolahan buah naga semakin meningkat. Salah satu bentuk hasil olahan bahan pangan berbasis buah dan sayuran yang paling digemari masyarakat adalah pembuatan jus (Dehbi *et al.*, 2013). Proses pembuatan jus buah sering kali diawali dengan proses pembuburan (*puree*) yang dilanjutkan dengan proses pemisahan antara pulp dan sari buah. Pemahaman tentang sifat fisik *puree* buah tersebut sangat diperlukan sebagai data dasar untuk merancang metode dan peralatan penanganan serta pengolahannya. Salah satu sifat fisik *puree* buah yang relevan dengan tujuan tersebut adalah sifat reologi yang direpresentasikan oleh viskositasnya. Oleh karena itu penelitian sifat reologi buah naga ini perlu dilakukan.

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret 2015. Penelitian dimulai dengan proses pengumpulan bahan, pencucian dan pengupasan, serta pengecilan ukuran. *Puree* buah naga putih selanjutnya diukur viskositasnya dengan mengkondisikan konsentrasi (10, 12, dan 14%TS), suhu (20, 25, dan 30°C), dan kecepatan putar spindel (0,5; 1; 2,5; dan 5RPM). Data sifat reologi yang meliputi viskositas, nilai *shear rate*, *shear stress*, nilai konstanta (*k*), dan *flow index* (*n*) didapatkan dari analisis secara grafik dan statistic. Uji validitas dilakukan untuk menguji model *power law* dengan menggunakan *Root mean square error* (RMSE), nilai regresi ( $R^2$ ), dan *Mean Relative Percent Error* (P).

Hasil Penelitian berdasarkan parameter yang telah diukur didapatkan hubungan antara konsentrasi dan viskositas *puree* buah naga putih. Semakin besar konsentrasi *puree* buah naga putih nilai viskositasnya akan semakin meningkat. Nilai viskositas pada suhu yang lebih rendah memiliki nilai yang lebih besar. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi nilai viskositas *puree* buah naga putih memiliki nilai paling rendah. Hubungan antara viskositas dan kecepatan spindel menunjukkan nilai viskositas yang lebih besar pada kecepatan putar spindel yang lebih rendah. Hasil analisis reologi *puree* buah naga putih memiliki karakteristik fluida non-newtonian jenis *pseudoplastic*. Analisis Data estimasi dan observasi diperoleh perbedaan yang tidak berbeda jauh. Nilai RMSE yang paling baik pada konsentrasi 10%TS yaitu 0,0003, dengan suhu pengukuran 20°C, sedangkan data yang paling jauh prediksinya yaitu pada pada konsentrasi 14% dengan suhu pengukuran 30°C. Nilai R<sup>2</sup> menunjukkan nilai antara 0,8884 hingga 0,9915. Sedangkan nilai P menunjukkan persen tingkat kesalahan suatu data, pada penelitian ini tingkat kesalahan yang tertinggi ada pada konsentrasi 14%TS dengan suhu 30°C yaitu 17,3793%.

## PRAKATA

Rasa Syukur kehadiran Allah SWT yang tak pernah lupa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya yang luar biasa besar, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Studi Sifat Reologi *Puree* Buah Naga Putih (*Hylocereus undatus*)” dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan serta bantuan dari berbagai pihak. Oleh karenanya penulis menyampaikan rasa terima kasih yang teramat dalam kepada:

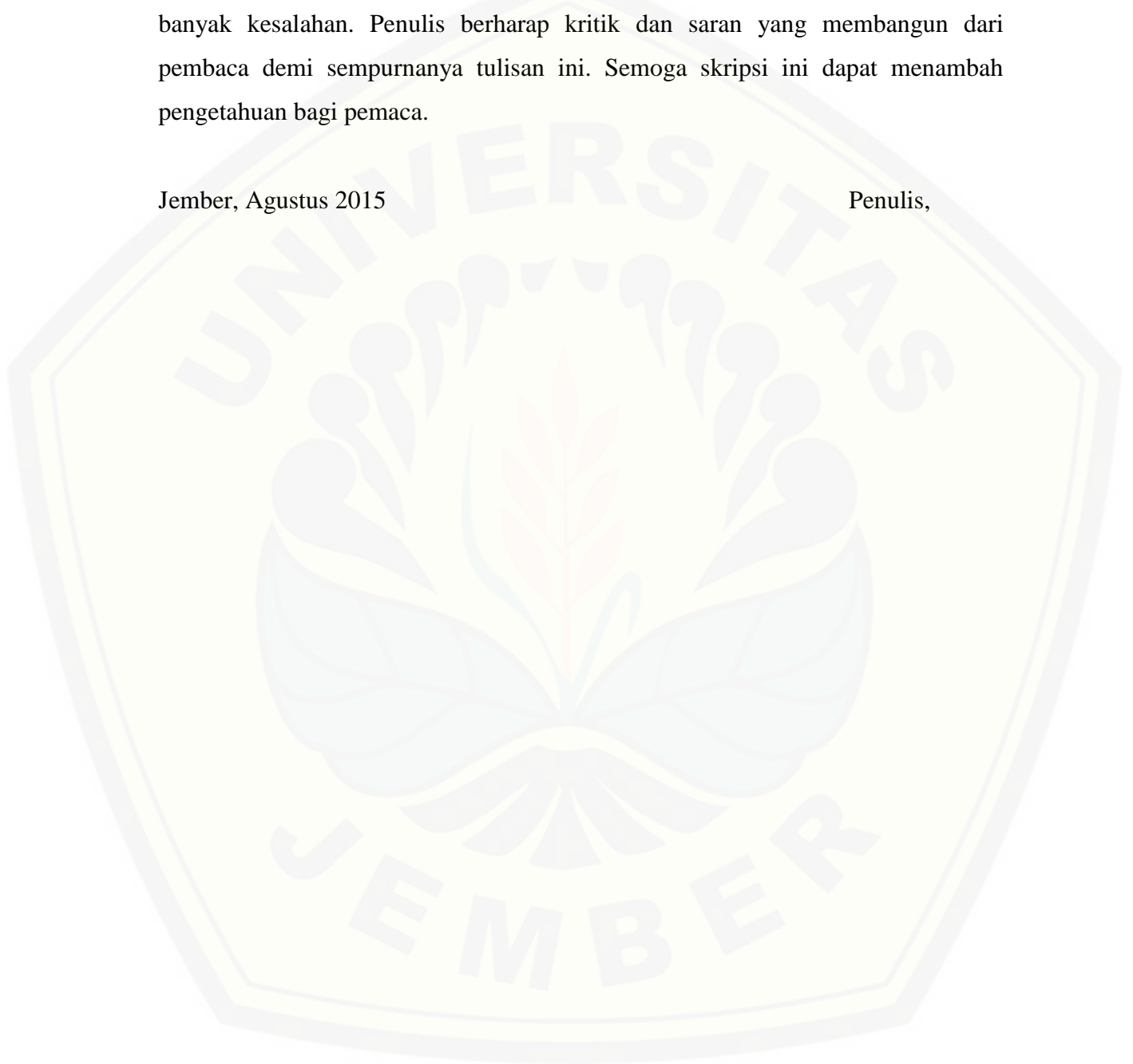
1. Dr. Ir. Iwan Taruna, M. Eng., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan arahan, nasihat, meluangkan waktu, dan pemikiran dalam penulisan skripsi ini;
2. Sutarsi, S. TP., M.Sc. selaku dosen pembimbing anggota yang telah meberikan arahan dan perbaikan dalam penyusunan skripsi ini;
3. Ir. Setiyo Harri, M.S. dan Dr. Ir. Herlina, M.P. selaku tim penguji yang telah memberikan kritik, saran, serta bimbingan yang membangun dalam perbaikan penulisan skripsi ini;
4. Dr. Yuli Witono, S.TP, M.P., selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
5. Dr. Ir. Bambang marhaenanto, M. Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
6. Ir. Muhardjo Pudjojono, selaku Komisi Bimbingan Jurusan Teknik pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
7. Ibu, Bapak dan Kakakku yang selalu mendoakan dan memberikan semangat yang luar biasa;
8. Teman-teman satu minat penelitian (Ayin, Bik Sul, Frita, Eny, Clara, Rima, Tiara, Vira, Didi, Judhik, Mika, Toufik, Roni, dan Doni) yang saling membantu dalam proses pelaksanaan peneletian ini;

9. Keluarga, dan sahabat-sahabat TEP 2011 selalu memberikan perhatian dan doa yang luar biasa yang membantu dan membangun motivasi;
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis sadar bahwa skripsi ini jauh dari kata sempurna dan memiliki banyak kesalahan. Penulis berharap kritik dan saran yang membangun dari pembaca demi sempurnanya tulisan ini. Semoga skripsi ini dapat menambah pengetahuan bagi pemaca.

Jember, Agustus 2015

Penulis,



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>SUMMARY</b> .....	vii
<b>RINGKASAN</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.4 Tujuan</b> .....	2
<b>1.5 Manfaat</b> .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
<b>2.1 Buah Naga</b> .....	4
<b>2.2 Sifat Reologi</b> .....	6
2.3.1 Fluida Newtonian .....	6
2.3.2 Fluida Non-Newtonian .....	7
<b>2.3 Penelitian Sifat Reologi Bahan Pangan Terdahulu</b> .....	8
<b>2.4 Viskositas</b> .....	9
<b>2.5 Pemodelan Reologi Bahan Cair</b> .....	9
<b>BAB 3. METODE PENELITIAN</b> .....	11

<b>3.1 Waktu dan Tempat Penelitian</b> .....	11
<b>3.2 Bahan dan Alat Penelitian</b> .....	11
3.2.1 Bahan.....	11
3.2.2 Alat .....	11
<b>3.3 Tahapan Penelitian</b> .....	11
3.3.1 Prosedur Pengumpulan Bahan.....	13
3.3.2 Pengupasan Kulit Buah .....	13
3.3.3 Pengecilan Ukuran.....	13
3.3.4 Rancangan penelitian.....	13
3.3.5 Penentuan Konsentrasi <i>Puree</i> Buah Naga Putih .....	14
3.3.6 Proses Homogenisasi.....	14
3.3.7 Penentuan Kondisi Suhu Pengukuran Viskositas.....	15
3.3.8 Penyusunan Program Wingather .....	15
3.3.9 Pengukuran Sifat Reologi Buah Naga Putih .....	16
<b>3.4 Penyusunan Model</b> .....	19
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	21
<b>4.1 Viskositas <i>Puree</i> Buah Naga Putih pada Berbagai Konsentrasi dan Suhu</b> .....	21
<b>4.2 Sifat Rheologi <i>Puree</i> Buah Naga Putih</b> .....	24
4.2.1 Hubungan Viskositas dan <i>Shear rate</i> .....	24
4.2.2 Hubungan <i>Shear rate</i> dan Shear stress .....	26
4.2.3 Konstanta ( <i>k</i> ) dan flow index ( <i>n</i> ).....	28
<b>4.3 Analisis Data</b> .....	31
<b>BAB 5. PENUTUP</b> .....	34
<b>5.1 Kesimpulan</b> .....	34
<b>5.2 Saran</b> .....	35
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	36

**DAFTAR TABEL**

	Halaman
Tabel 2.1 Kandungan Nutrisi per 100 g Daging Buah Naga Putih.....	5
Tabel 2.2 Ketentuan Nilai $k$ , $n$ , dan $\sigma_0$ pada Beberapa Model Reologi.....	10
Tabel 3.1 Variabel dan Parameter Penelitian Sifat Reologi Buah Naga Putih	14
Tabel 3.2 Faktor Konversi Viskometer Brookfield RV <i>Type Disk</i> .....	18
Tabel 4.1 Nilai <i>Consistency Index</i> ( $k$ ) dan <i>Flow Index</i> ( $n$ ) .....	29
Tabel 4.2 Nilai $R^2$ , RMSE, dan P menggunakan <i>Power Law Model</i> .....	32



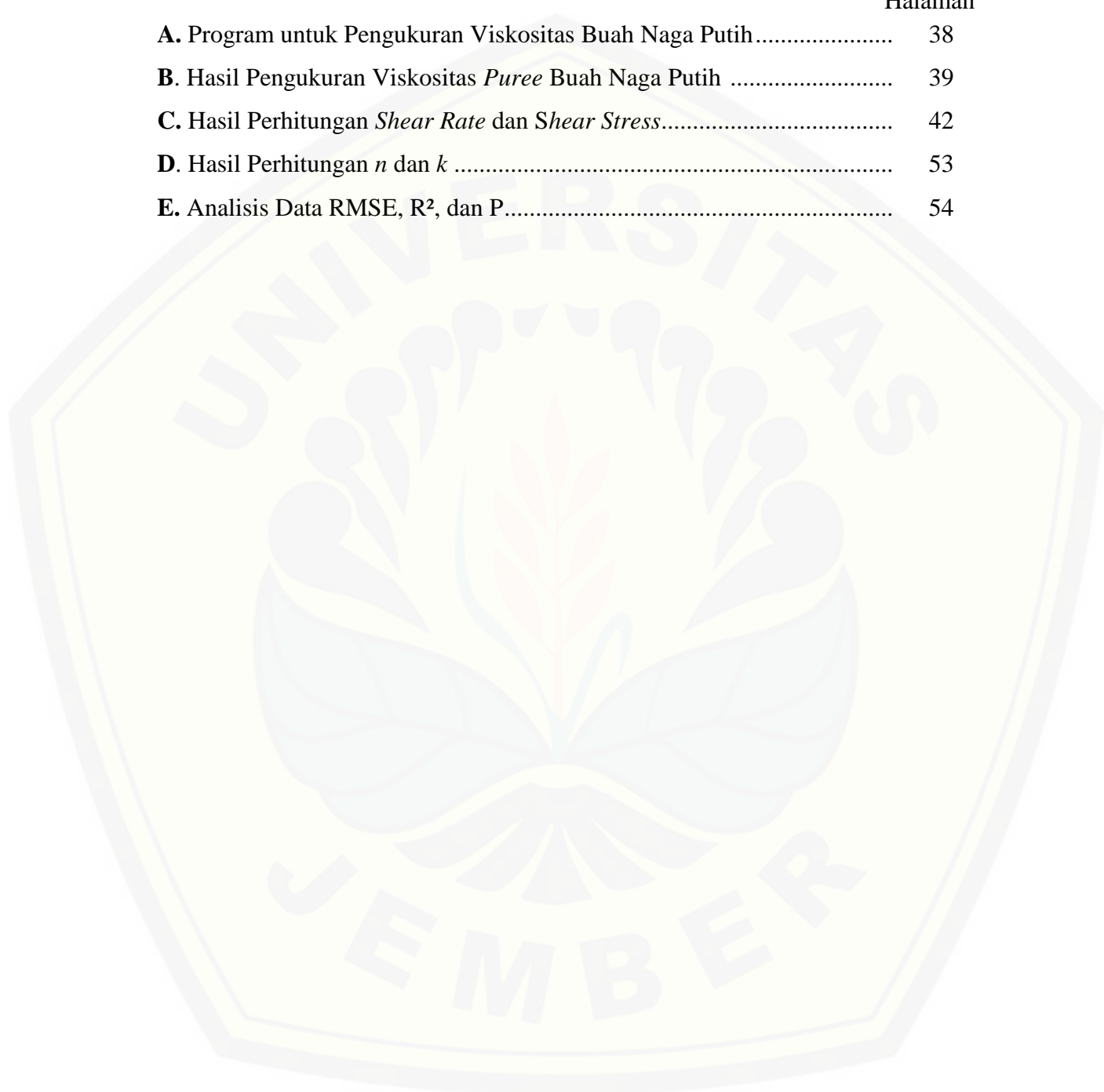
**DAFTAR GAMBAR**

	Halaman
Gambar 2.1 Buah Naga Putih.....	4
Gambar 2.2 Grafik aliran fluida Newtonian .....	7
Gambar 2.3 Aliran Fluida <i>Pseudoplastic</i> .....	7
Gambar 2.4 Aliran Fluida <i>Plastic</i> .....	8
Gambar 2.5 Aliran Fluida <i>Dilatant</i> .....	8
Gambar 3.1 Diagram Penelitian .....	12
Gambar 3.2 Tampilan Layar Viskometer “ <i>PC prog off</i> ” .....	16
Gambar 3.3 Tampilan Layar Viskometer “ <i>download a prog</i> ” .....	16
Gambar 3.4 Tampilan Layar Viskometer “ <i>press enter key</i> ” .....	16
Gambar 3.5 <i>Download</i> Program Selesai .....	17
Gambar 3.6 Tampilan Layar Viskometer “ <i>run a prog</i> ” .....	17
Gambar 3.7 Tampilan Layar Viskometer Memilih Lokasi Program .....	17
Gambar 3.8 Tampilan Layar Viskometer untuk Menjalankan Program.....	17
Gambar 3.9 Garis Linear Log $\tau_i$ dan log $N_i$ .....	19
Gambar 4.1 Hubungan antara Viskositas dengan Konsentrasi <i>Puree</i> Buah Naga Putih pada berbagai Suhu menggunakan Spindel 01 dan Kecepatan 0,5RPM .....	21
Gambar 4.2 Hubungan antara Viskositas dengan Konsentrasi <i>Puree</i> Buah Naga Putih pada berbagai Suhu menggunakan Spindel 01 dan Kecepatan 1RPM .....	22
Gambar 4.3 Hubungan antara Viskositas dengan Konsentrasi <i>Puree</i> Buah Naga Putih pada berbagai Suhu menggunakan Spindel 01 dan Kecepatan 2,5RPM .....	22
Gambar 4.4 Hubungan antara Viskositas dengan Konsentrasi <i>Puree</i> Buah Naga Putih pada berbagai Suhu menggunakan Spindel 01 dan Kecepatan 5RPM .....	23
Gambar 4.5 Hubungan antara <i>Shear Rate</i> dan Viskositas <i>Puree</i> Buah Naga Putih pada Suhu 20°C .....	24

Gambar 4.6 Hubungan antara <i>Shear Rate</i> dan <i>Viskositas Puree</i> Buah Naga Putih pada Suhu 25°C .....	25
Gambar 4.7 Hubungan antara <i>Shear Rate</i> dan <i>Viskositas Puree</i> Buah Naga Putih pada Suhu 30°C .....	25
Gambar 4.8 Hubungan antara <i>Shear Rate</i> dan <i>Shear Stress Puree</i> Buah Naga Putih pada Suhu 20°C .....	27
Gambar 4.9 Hubungan antara <i>Shear Rate</i> dan <i>Shear Stress Puree</i> Buah Naga Putih pada Suhu 25°C.....	27
Gambar 4.10 Hubungan antara <i>Shear Rate</i> dan <i>Shear Stress Puree</i> Buah Naga Putih pada Suhu 30°C .....	28

**DAFTAR LAMPIRAN**

	Halaman
A. Program untuk Pengukuran Viskositas Buah Naga Putih.....	38
B. Hasil Pengukuran Viskositas <i>Puree</i> Buah Naga Putih .....	39
C. Hasil Perhitungan <i>Shear Rate</i> dan <i>Shear Stress</i> .....	42
D. Hasil Perhitungan <i>n</i> dan <i>k</i> .....	53
E. Analisis Data RMSE, R <sup>2</sup> , dan P.....	54



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Buah naga putih (*Hylocereus undatus*) merupakan buah tropis yang memiliki kulit buah berwarna merah dan daging buah berwarna putih. Buah ini berasal dari negara Meksiko, Amerika Tengah, kemudian dibawa ke Vietnam dan mulai dibudidayakan di Indonesia pada tahun 2000 (Basri *et al.*, 2013). Sampai saat ini produksi buah naga di Indonesia sudah tersebar di berbagai wilayah seperti Yogyakarta, Klaten, Malang, Sragen, Mojokerto, Bogor, Jember, Madura, dan Sumatra Utara (Emil, 2011). Buah naga memiliki beberapa manfaat untuk kesehatan karena memiliki zat bioaktif berupa serat pangan dan antioksidan yang dapat mencegah berbagai macam penyakit seperti kanker usus, diabetes, kolesterol, dan tekanan darah tinggi (Farikha *et al.*, 2013). Banyaknya manfaat buah naga bagi kesehatan menjadikan permintaan pasar buah naga semakin tinggi. Hal tersebut membuat budidaya buah naga akan semakin berkembang, sehingga industri pengolahan buah naga pun akan semakin meningkat.

Salah satu bentuk hasil olahan bahan pangan berbasis buah dan sayuran yang paling digemari masyarakat adalah jus (Dehbi *et al.*, 2013). Proses pembuatan jus buah sering kali diawali dengan proses pembuburan (*puree*) yang dilanjutkan dengan proses pemisahan antara pulp dan sari buah. Sifat fisik buah dalam bentuk *puree* tentu saja berbeda dengan sifat fisik bentuk asalnya. Pemahaman tentang sifat fisik *puree* buah tersebut sangat diperlukan sebagai data dasar untuk merancang metode dan peralatan penanganan serta pengolahannya. Salah satu sifat fisik *puree* buah yang relevan dengan tujuan tersebut adalah sifat reologi yang direpresentasikan oleh viskositasnya. Sifat fisik ini sangat dipengaruhi oleh kondisi proses pengolahan antara lain suhu dan konsentrasi *puree* buah naga. Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan buah naga diantaranya penelitian karakteristik pektin pada berbagai kondisi ekstraksi, yang menunjukkan bahwa kadar pektin buah naga termasuk *low-methoxyl pectin* (Ismail *et al.*, 2012). Penelitian lain tentang buah naga yaitu pemanfaatan kandungan dalam buah naga yang mampu menurunkan kadar asam urat secara

invitro sebesar 350 mg/mL (Anggraini *et al*, 2013), dan masih banyak lagi penelitian-penelitian lain yang berkaitan dengan buah naga .

Namun demikian informasi mengenai sifat reologi buah naga di Indonesia masih sangat terbatas. Oleh karena itu penelitian sifat reologi buah naga ini perlu dilakukan untuk memperoleh dan melengkapi data dasar sebagai pertimbangan pemilihan alat pada proses produksi dengan bahan dasar buah naga tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Sifat reologi *puree* buah naga putih sangat dibutuhkan untuk mendukung sistem pengolahan bahan pangan cair yaitu sebagai *quality control* dan proses pemindahan bahan pangan cair melalui pipa pada industri. Permasalahan yang ada pada penelitian ini difokuskan pada pengukuran sifat reologi *puree* buah naga putih pada berbagai konsentrasi dan variasi suhu untuk mengetahui karakteristik buah naga putih dalam bentuk *puree*.

## 1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini masalah dibatasi pada pengaruh konsentrasi dan suhu *puree* terhadap nilai viskositas *puree* buah naga putih. Parameter yang diukur yaitu viskositas, nilai konstanta ( $k$ ), dan *flow index* ( $n$ ) serta mengklasifikasi sifat aliran *puree* buah naga putih.

## 1.4 Tujuan

Tujuan umum dalam penelitian ini yaitu mempelajari Sifat reologi *puree* buah naga putih (*Hylocereus undatus*) pada berbagai suhu dan konsentrasi. Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi hubungan viskositas *puree* buah naga putih terhadap suhu dan konsentrasi.
2. Menentukan sifat reologi *puree* buah naga putih yang diukur berdasarkan nilai viskositas, *shear rate*, *shear stress*, nilai konstanta ( $k$ ), *flow index* ( $n$ ) pada berbagai konsentrasi dan perlakuan suhu.

3. Menyusun model reologi *puree* buah naga putih berdasarkan persamaan *power law model* untuk mengestimasi data hasil percobaan.

### 1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian sifat reologi ini adalah sebagai berikut.

1. Memberikan informasi tentang hubungan viskositas *puree* buah naga putih dengan konsentrasi dan suhu *puree* buah naga putih.
2. Memberikan informasi tentang parameter sifat reologi *puree* buah naga putih dalam berbagai konsentrasi dan perlakuan suhu.
3. Memberikan informasi tentang sifat aliran fluida *puree* buah naga putih sehingga dapat mempermudah proses pengembangan produk buah naga putih pada pengolahan pasca panen.

## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Buah Naga

Buah naga banyak dikenal dengan sebutan *dragon fruit* atau pitaya merupakan tanaman jenis kaktus yang biasa hidup di daerah tropis dan subtropis. Di Indonesia, buah naga telah banyak dibudidayakan baik di dataran rendah maupun dataran tinggi. Ada beberapa jenis buah naga yang dibudidayakan di Indonesia antara lain buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*), buah naga *super red* (*Hylocereus costaricensis*), serta buah naga putih (*Hylocereus undatus*) (Emil, 2011: 25). Di Kabupaten Jember produksi buah naga tersebut semakin meningkat. Hasil survei yang dilakukan oleh Harvey *et al.* (2009) menunjukkan bahwa produksi buah naga studi kasus di Desa Kemuning Lor, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember cenderung meningkat dengan besarnya kenaikan produksi setiap tahun adalah sebesar 446,46 Kg. Salah satu varietas buah naga yang banyak dikembangkan di daerah tersebut adalah buah naga varietas putih atau biasa disebut buah naga putih. Buah naga putih dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Buah Naga Putih  
Sumber : Ririh, 2012

Buah naga putih (*Hylocereus undatus*) merupakan buah naga yang memiliki kulit merah dan daging buah berwarna putih. Unsur yang paling dominan dalam daging buah naga adalah air. Berikut merupakan kandungan nutrisi buah naga yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kandungan Nutrisi per 100 g Daging Buah Naga

Komposisi		Satuan
Air	80-90	g
Protein	0.15-0.5	g
Serat Kasar	0.3-0.9	g
Ash/Abu	0.4-0.7	mg
Phosphorus	16-36	mg
Calcium	6-10	mg
Iron/Besi	0.3-0.7	mg
Carotene	-	mg
Thiamine	-	mg
Riboflavine	-	mg
Niacin	0.2-0.45	mg
Ascorbic acid	4-25	mg
Brix value	11-19	-
pH value	4.7-5.1	-

Sumber: Medical Health Guide, 2011

Selain rasanya yang nikmat, buah naga memiliki berbagai manfaat dalam menjaga kebugaran tubuh manusia. Hal tersebut dibuktikan dengan banyaknya hasil penelitian yang membuktikan bahwa buah naga adalah buah yang kaya akan antioksidan. Kandungan antioksidan yang tinggi pada buah naga membuat buah tersebut memiliki banyak khasiat, yaitu untuk menurunkan resiko diabetes, darah tinggi, kolesterol, dan kanker usus (Emil, 2011: 10).

Selain dikonsumsi secara langsung, buah naga juga sering diolah menjadi berbagai macam olahan yang menyehatkan. Seperti pada berbagai olahan makanan tradisional, buah naga banyak dimanfaatkan sebagai substitusi olahan jenang. Dari Pengoahan tersebut jenang yang dihasilkan memiliki rasa, tekstur, dan aroma yang digemari oleh masyarakat (Wahyuni, 2011). Selain sebagai substitusi olahan jenang, buah naga juga diolah menjadi sirup buah naga, sari buah naga, dan permen buah naga (Chayati, 2010).

Proses pengolahan buah naga tentunya akan merubah bentuk fisik buah naga menjadi bubur (*puree*). Hal tersebut dimaksudkan untuk mempermudah proses penanganan pasca panen buah naga. Pada pengolahan buah naga skala kecil, semua proses pengolahan dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan tenaga manusia, akan tetapi pada pengolahan skala besar tentunya



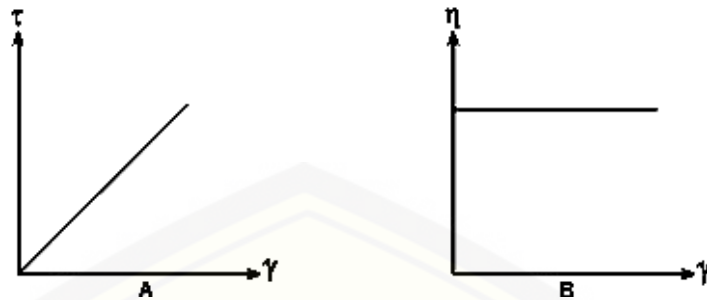
diperlukan suatu sistem untuk mempermudah pemindahan *puree* tersebut. Salah satu cara yang dapat digunakan yaitu dengan mengalirkan fluida dari *puree* tersebut menggunakan sistem pemompaan. Dalam perancangan sistem tersebut diperlukan informasi sifat reologi *puree* buah naga, sebagai pertimbangan untuk pemilihan sistem pemompaan yang tepat. Hal tersebut dapat diperoleh dengan mengukur nilai kekentalan dari fluida yang akan dialirkan.

## 2.2 Sifat Reologi

Reologi adalah ilmu deformasi dan aliran materi. Ilmu ini merupakan studi tentang cara bahan merespon tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) (Steffe, 1996:1). Sifat bahan makanan yang diberi suatu gaya atau tekanan akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi dan aliran (*flow*). Dalam sifat reologi ini ada tiga parameter yang berperan penting, diantaranya *stress*, *strain*, dan waktu. *Stress* adalah besarnya gaya pada permukaan bidang tertentu dan biasanya dinyatakan dalam unit gaya per luas area. *Strain* merupakan parameter yang dinyatakan sebagai rasio perubahan ukuran, bentuk atau bidang dalam unit per satuan panjang dan persentase (Wirakartakusumah, 1992). Cara fluida merespon suatu gaya tersebut dapat dibedakan menjadi dua kelompok yaitu fluida newtonian dan fluida non-newtonian.

### 2.2.1 Fluida Newtonian

Aliran Newtonian merupakan sebuah aliran yang memiliki regangan yang berbanding lurus dengan *shear rate* yang dapat dilihat pada Gambar 2.2A. Sedangkan pada Gambar 2.2B menunjukkan bahwa viskositas fluida tetap konstan dengan *shear rate* yang berbeda. Contoh fluida Newtonian yaitu air (Brookfield Engineering Laboratories, 2003:15).



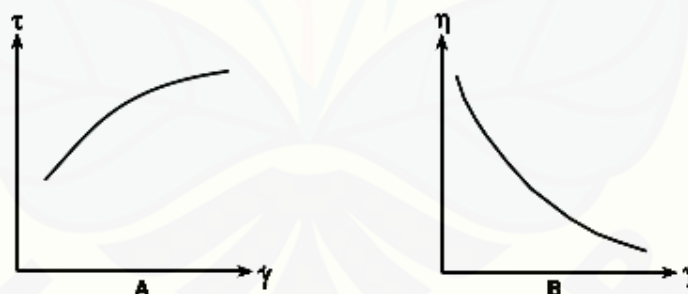
Gambar 2.2 Grafik Aliran Fluida Newtonian

### 2.2.2 Fluida Non-Newtonian

Fluida non-Newtonian merupakan sebuah aliran dimana *shear stress* ( $\tau$ ) dan *shear rate* ( $\gamma$ ) tidak konstan. Menurut Brookfield Engineering Laboratories (2013) ada beberapa jenis sifat aliran fluida non-newtonian, hal tersebut ditandai dengan berubahnya viskositas dengan fluida dalam merespon *shear rate* ( $\gamma$ ). Ada 3 jenis aliran fluida non-newtonian diantaranya adalah sebagai berikut.

#### a. Fluida *Pseudoplastic*

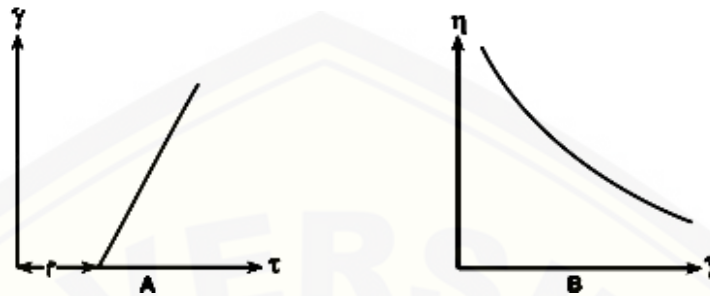
Fluida Pseudoplastik merupakan model pendekatan fluida non-newtonian, yaitu ketika viskositas menurun nilai *shear rate* akan meningkat. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3.

Gambar 2.3 Aliran Fluida *Pseudoplastic*

#### b. Fluida *Plastic*

Fluida *plastic* merupakan jenis fluida yang akan membentuk padat pada saat kondisi statis. Untuk mengalirkan fluida jenis ini dibutuhkan gaya yang disebut *yield stress* ( $f'$ ). Contoh bahan makanan yang memiliki aliran plastik adalah saus tomat karena pada kondisi diam saus ini akan sulit dituangkan dari botolnya. Untuk mengalirkan saus tersebut diperlukan guncangan,

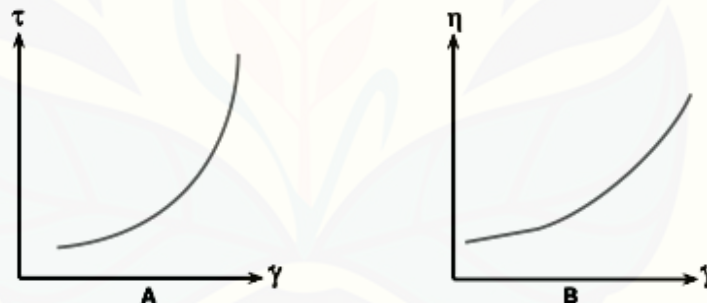
sehingga saus dapat mengalir. Aliran fluida *plastic* dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Aliran Fluida *Plastic*

c. Fluida *Dilatant*

Ciri-ciri cairan dilatant yaitu viskositas akan berubah seiring meningkatnya *shear rate*. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5. Pada aliran *pseudoplastic* merupakan cairan yang mengandung jumlah padatan yang tinggi seperti lumpur, tanah liat, dan pati jagung dalam air.



Gambar 2.5 Aliran Fluida *Dilatant*

### 2.3 Penelitian Sifat Reologi Bahan Pangan Terdahulu

Penelitian sifat reologi telah dilakukan pada berbagai macam bahan hasil pertanian terutama pada *puree* dan jus buah. Pada penelitian yang sifat reologi yang dilakukan pada konsentrat buah pamelon (Khesani *et al.*, 2012), mengklasifikasikan konsentrat buah pamelon merupakan jenis fluida non newtonian konsentrasi tinggi sedangkan pada konsentrasi yang rendah, jus pamelon tersebut bersifat newtonian. Jenis aliran pada jus buah pamelon menggunakan model *power law* merupakan aliran *pseudoplastic* untuk semua suhu perlakuan.

Pada penelitian lain tentang reologi jus buah *Moroccan prickly Pear* (*Opuntia ficus indica L.*) menghasilkan kesimpulan utama yaitu Jus *Moroccan Prickly Pear* menunjukkan perilaku *pseudoplastic*, yang ditandai dengan meningkatnya nilai viskositas dan penurunan *shear rate*, oleh karena itu dapat diklasifikasikan sebagai fluida non-newtonian. Pada perlakuan suhu terjadi kenaikan nilai viskositas seiring menurunnya suhu saat pengukuran (Dehbi *et al.*, 2013).

## 2.4 Viskositas

Viskositas suatu fluida merupakan daya hambat yang disebabkan gesekan antara molekul cairan yang mampu menahan aliran fluida sehingga dinyatakan sebagai indikator tingkat kekentalan suatu fluida (Warsito *et al.*, 2012). Kekentalan suatu fluida dapat diukur secara kuantitatif dengan menggunakan alat ukur. Alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur viskositas suatu zat cair disebut viskometer.

Hukum viskositas newton yang dirumuskan pada Persamaan 2.1.

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \dots \dots \dots (2.1)$$

keterangan:  $\tau$  = tegangan geser (N/m<sup>2</sup>)  
 $\mu$  = viskositas dinamik (Ns/m<sup>2</sup>)  
 $\frac{dv}{dy}$  = laju pergeseran (1/s)

Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa pada *shear rate* fluida tertentu, maka tegangan geser berbanding lurus dengan viskositas dinamiknya (Brookfield Engineering Laboratories, 2003).

## 2.5 Pemodelan Reologi Bahan Cair

Banyak sekali pemodelan yang dapat digunakan dalam menentukan sifat reologi suatu bahan makanan. Beberapa diantaranya yaitu *Newtonian model*, *Ellis model*, *Sisko model*, *Cross model*, *Carreau model*, *Power law model*, *Bingham model*, *Casson model*, dan beberapa model hasil pengembangan model sebelumnya (Rao, 2014). Dari beberapa model tersebut *power law model*

merupakan model yang dapat diaplikasikan secara luas untuk penanganan bahan pangan. Pada *power law model* dapat mendiskripsikan suatu data yang termasuk aliran *shear-thinning* atau *shear-thickening*. Adapun persamaan *power law* yang dapat dilihat pada Persamaan 2.2.

$$\text{power law} \quad : \quad \tau = k \cdot \gamma^n \dots\dots\dots (2.2)$$

Namun apabila nilai  $\sigma_o > 0$  maka akan dihitung menggunakan persamaan *Hersehel-Bulkley*. Adapun persamaan *Hersehel-Bulkley* dapat dilihat pada Persamaan 2.3.

$$\text{Hersehel-Bulkley} \quad : \quad \tau = k \cdot \gamma^n + \sigma_o \dots\dots\dots (2.3)$$

Konstanta (*k*) dan power law index (*n*) dapat digunakan untuk mengklasifikasikan suatu jenis aliran fluida. Ketentuan nilai *n*, *k* dan  $\sigma_o$  dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Ketentuan Nilai *k*, *n*, dan  $\sigma_o$  pada Beberapa Model Reologi

Fluida	<i>k</i>	<i>n</i>	$\sigma_o$	Contoh Fluida
<i>Herschel-Bulkley</i>	>0	0 < <i>n</i> < ∞	>0	pasta ikan cincang, pasta kismis
Newtonian	>0	1	0	air, jus buah, susu, madu, minyak sayur
<i>Shear-thinning</i> ( <i>pseudoplastic</i> )	>0	0 < <i>n</i> < 1	0	saos apel, <i>puree</i> pisang, konsentrat jus jeruk
<i>Shear-thickening</i> ( <i>dilatent</i> )	>0	1 < <i>n</i> < ∞	0	beberapa jenis madu, 40% starch jagung mentah, larutan pasta gigi, saos tomat
<i>Bingham plastic</i>	>0	1	>0	pasta gigi, saos tomat

Keterangan :

*n* : *flow index*

*k* : *consistency index* / konstanta

$\sigma_o$  : *yeald stress*

Sumber: Steffe (1996)

## BAB 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Enjiniring Hasil Pertanian Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember. Kegiatan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2014 sampai Juni 2015.

### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

#### 3.2.1 Bahan

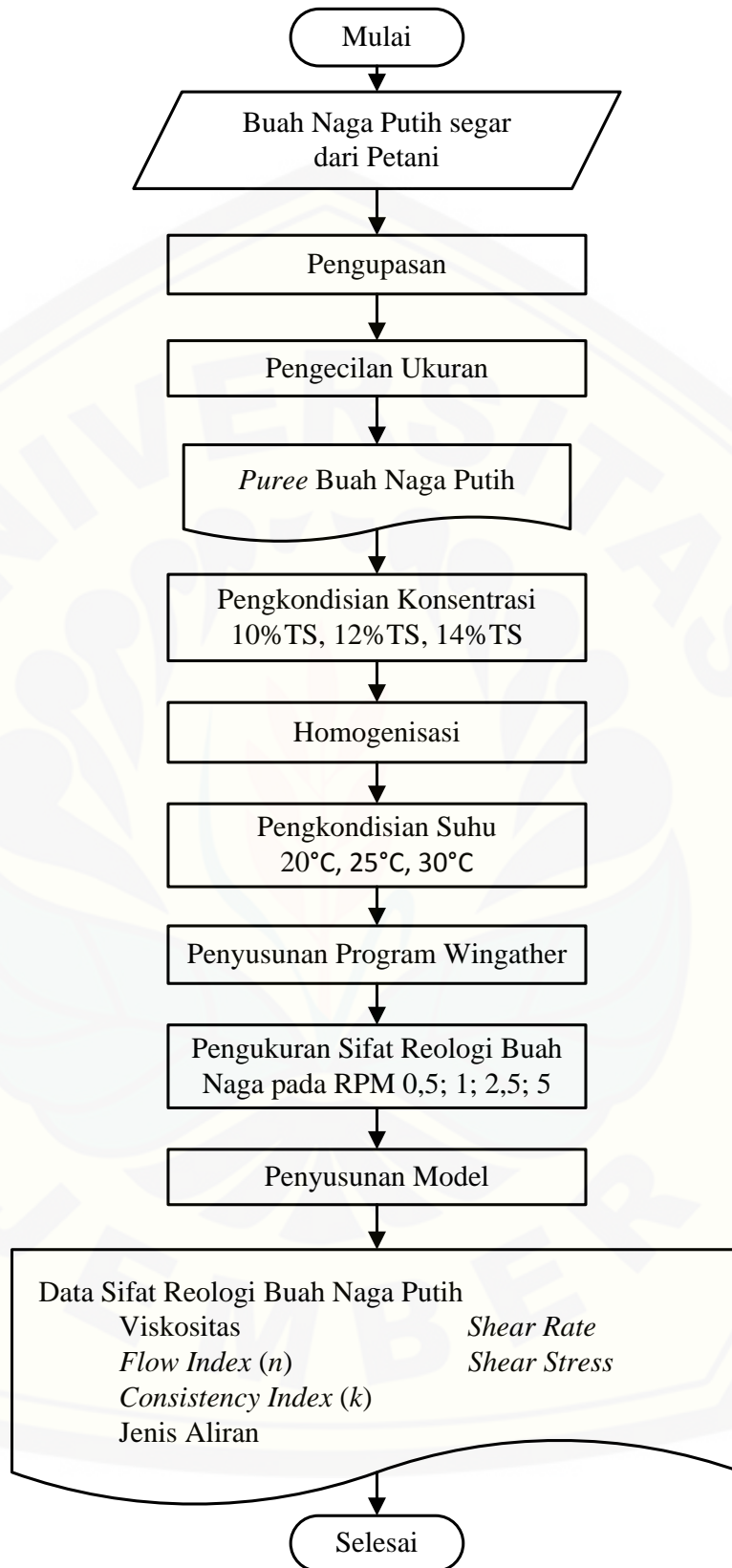
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah buah naga putih yang didapatkan dari kebun petani buah naga di daerah Rembangan, Kecamatan Patrang, Kabupaten Jember. Varietas yang digunakan adalah buah naga putih (*Hylocereus undatus*) masak, warna kulit merah dan daging buah berwarna putih. Dengan waktu simpan maksimal 48 jam dalam refrigerator.

#### 3.2.2 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu viscometer digital *Brookfield model RVDV-II+Pro*, spindel *type disk*, homogeniser *Heidolph type silent crushser M*, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 dan 0,001 g, *blender*, *beaker glass* 600 ml, cawan alumunium, oven, dan kamera digital. Perangkat lunak yang digunakan antara lain adalah *wingather* dan *microsoft office 2007*.

### 3.3 Tahapan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini mengacu pada diagram alir pengukuran sifat reologi buah naga seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3.1. Penelitian dimulai dengan proses pengumpulan bahan, pencucian dan pengupasan, serta pengecilan ukuran. *Puree* buah naga putih selanjutnya dikondisikan menjadi tiga konsentrasi yaitu 10%, 12%, dan 14% TS. Sebelum dilakukan pengukuran, *puree* buah dihomogenisasi agar lebih homogen. Kemudian *puree* diukur viskositasnya pada suhu 20°C, 25°C, dan 30°C.



Gambar 3.1 Diagram Penelitian

### 3.3.1 Prosedur Pengumpulan Bahan

Prosedur pengumpulan buah naga putih dilakukan dengan cara membeli buah naga putih yang masih segar langsung dari petani di Desa Rembangan, Kecamatan Arjasa, Kabupaten Jember. Buah yang dipilih adalah buah naga yang sudah masak dengan metode pemilihan secara acak. Buah yang digunakan adalah buah berukuran sedang dengan berat antara 400-500 g tiap buahnya. Buah yang diperoleh tersebut langsung digunakan sebagai bahan percobaan di laboratorium. Apabila ada buah naga yang harus diteliti keesokan harinya maka buah tersebut harus disimpan dalam plastik yang tertutup kemudian dimasukkan dalam refrigerator dengan waktu maksimal penyimpanan yaitu 48 jam.

### 3.3.2 Pengupasan Kulit Buah

Proses pengupasan dilakukan untuk mendapatkan daging buah naga putih dengan menggunakan pisau sehingga buah dapat digunakan sebagai bahan penelitian. Buah yang telah dikupas selanjutnya dilakukan proses pengecilan ukuran.

### 3.3.3 Pengecilan Ukuran

Pengecilan ukuran dilakukan untuk mengubah buah naga yang masih utuh menjadi bentuk *puree*. Buah yang diproses sebanyak 500 g daging buah. Kemudian daging buah diblender hingga berbentuk *puree*. Dalam proses ini blender yang akan digunakan yaitu blender listrik dengan kecepatan kecil selama 1 menit. Kemudian *puree* buah naga putih yang telah diperoleh dapat digunakan dalam penelitian.

### 3.3.4 Rancangan penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan nilai suhu *puree* buah naga terhadap sifat reologinya. Parameter sifat reologi yang diamati meliputi viskositas, nilai *shear rate*, *shear stress*, nilai konstanta ( $k$ ), dan *flow index* ( $n$ ). Penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali ulangan dengan menggunakan 3 variasi suhu dan 3



variasi konsentrasi %TS. Keragaman masing-masing variabel tersebut beserta kodenya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel dan Parameter Penelitian Sifat Reologi Buah Naga Putih

No	Variabel Perlakuan	Perlakuan	Simbol	Parameter Respon
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Konsentrasi	10%TS	S1	Viskositas
		12%TS	S2	<i>Shear stress</i>
		14%TS	S3	<i>Shear rate</i>
2	Suhu	20°C	C1	nilai konstanta
		25°C	C2	<i>flow indeks</i>
		30°C	C2	

### 3.3.5 Penentuan Konsentrasi *Puree* Buah Naga Putih

Buah naga memiliki kadar air yang tinggi yaitu 89,4%bb dari total daging buah keseluruhan maka total padatan pada buah naga putih yaitu sekitar 10,6%bb. Pengukuran kadar air dan total solid menggunakan Persamaan 3.1 untuk kadar air basis basah.

$$m_{bb} = \frac{W_a}{W_b} \times 100\% \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :  $m_{bb}$  = kadar air basis basah (%bb)

$W_a$  = Berat air dalam bagan (g)

$W_b$  = Berat bahan awal (g)

Nilai total solid yang telah diperoleh dijadikan acuan awal pengkondisian konsentrasi yang digunakan dalam penelitian. Konsentrasi yang digunakan yaitu 10%, 12%, dan 14%TS. Setelah mendapatkan konsentrasi yang dibutuhkan maka *puree* buah naga siap diukur sifat reologinya. Untuk menyesuaikan konsentrasi yang telah ditentukan, digunakan cara pengenceran menggunakan aquades.

### 3.3.6 Proses Homogenisasi

Proses homogenisasi dilakukan untuk membuat larutan *puree* buah naga putih bercampur secara merata. Homogenisasi dilakukan selama 5 menit menggunakan kecepatan 10 ribu RPM menggunakan homogeniser *Heidolph type silent crushser M*.

### 3.3.7 Penentuan Kondisi Suhu Pengukuran Viskositas

Suhu acuan operasi yang digunakan pada penelitian ini adalah suhu ruangan. Suhu ruangan yang digunakan adalah 25°C. Pada variasi tersebut digunakan selisih 5 poin di atas suhu ruang dan 5 poin dibawah suhu ruang sehingga ditentukan suhu ke-1 dan ke-3 yang digunakan yaitu 20°C dan 30°C.

Untuk mendapatkan suhu operasi yang tepat, penyesuaian suhu dilakukan dengan memanaskan air menggunakan *water heater* yang selanjutnya digunakan untuk memanaskan *puree* buah naga putih. Hal tersebut dilakukan untuk menjaga bahan agar tidak terjadi kerusakan selama percobaan.

### 3.3.8 Penyusunan Program Wingather

Pengukuran viskositas dilakukan dengan menggunakan bantuan sebuah program untuk mengontrol proses pengambilan data secara cermat. Program tersebut disusun pada perangkat komputer menggunakan *software* Wingather. Program tersebut dapat digunakan untuk mengambil data pada suatu kondisi tertentu.

Beberapa pekerjaan yang dapat dilakukan menggunakan program tersebut adalah sebagai berikut.

- a. Program mampu digunakan berulang untuk mengukur suatu bahan.
- b. Program ini dapat menunggu pada kondisi spesifik seperti menunggu hingga suhu tertentu dan interval waktu tertentu sebelum program berjalan.
- c. Dengan menggunakan program ini dapat mengatur kecepatan secara otomatis.
- d. Keuntungan lain menggunakan program pada viskometer digital ini yaitu data dapat ditampilkan dalam layar komputer, dan dapat dipindah dalam bentuk excel untuk tahap pengolahan data.

Program yang dibuat harus disesuaikan dengan nomor spindel yang digunakan. Hal ini dilakukan agar tidak terjadi kesalahan pembacaan.

Spindel yang digunakan dalam penelitian ini adalah spindel *type disk* no 01 yaitu spindel dengan permukaan paling luas. Penentuan spindel tersebut dilakukan dengan cara *trial and error*. Semakin encer suatu bahan cair memerlukan spindel dengan permukaan yang besar, sehingga gesekan yang terjadi pada permukaan spindel dapat terbaca pada

layar viskometer. Adapun penyusunan program yang telah dilakukan dapat dilihat pada Lampiran A.

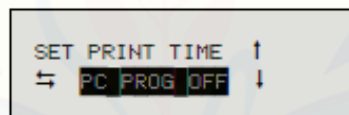
### 3.3.9 Pengukuran Sifat Reologi Buah Naga Putih

Parameter pengukuran sifat reologi buah naga putih dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1. Prosedur pengukuran dilaksanakan dengan metode sebagai berikut.

#### a. Pengukuran Nilai Viskositas

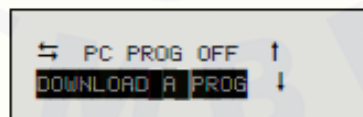
Pengukuran nilai viskositas dilakukan menggunakan bantuan sebuah program yang telah disusun sebelumnya. Program pada PC di upload dalam viskometer. Untuk menjalankan program tersebut diperlukan beberapa langkah sebagai berikut.

- 1) Memastikan koneksi antara viskometer dan PC tersambung dengan dengan indikator lampu pada kabel konektor berkedip.
- 2) Dari *options menu* pada viskometer, pastikan program *PC off* dapat dilihat pada Gambar 3.2

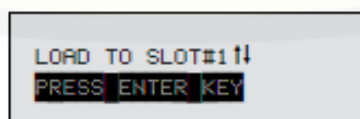


Gambar 3.2 Tampilan Layar Viskometer “*PC prog off*”

- 3) Mengunduh program dari PC ke viskometer dari *option menu* memilih “*Download a prog*” kemudian memilih slot yang tersedia yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 dan 3.4. Dalam viskometer terdapat 4 slot yang dapat digunakan untuk menyimpan program.

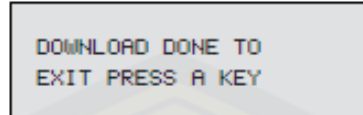


Gambar 3.3 Tampilan Layar Viskometer “*download a prog*”



Gambar 3.4 Tampilan Layar Viskometer “*press enter key*”

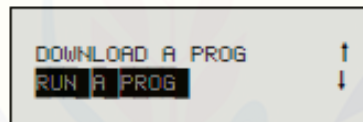
- 4) Setelah berhasil mengunduh program akan nampak layar yang dapat dilihat pada Gambar 3.5 maka program akan siap dijalankan.



Gambar 3.5 *Download* Program Selesai

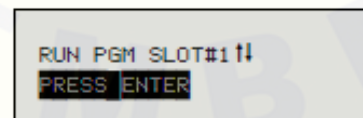
Langkah selanjutnya adalah menyiapkan *puree* yang telah dikondisikan konsentrasinya, dan dilanjutkan dengan pengukuran viskositas *puree* buah naga putih. Masing-masing sampel yang digunakan adalah  $\pm 400$  ml, dimasukkan dalam *beaker glass* 600 ml. Kemudian mengkondisikan spindel dalam *beaker glass* dan memastikan spindel terendam dalam *puree* hingga batas yang telah ditentukan. Apabila persiapan telah selesai tahap selanjutnya menjalankan program untuk membaca nilai viskositas *puree*. Untuk menjalankan program tersebut dapat mengikuti langkah sebagai berikut.

- 1) Pada options menu pilih “*run a prog*”.

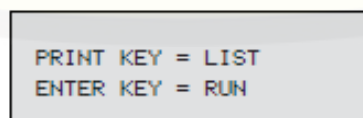


Gambar 3.6 Tampilan Layar Viskometer “*run a prog*”

- 2) Menggunakan tombol “*up/down*” memilih satu dari empat slot program yang telah terunduh kemudian pilih dan enter dan ketika sudah memilih program yang sesuai maka muncul tampilan pada layar viskometer yang dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan 3.8. Untuk menjalankan program klik tombol “*enter*”



Gambar 3.7 Tampilan Layar Viskometer Memilih Lokasi Program



Gambar 3.8 Tampilan Layar Viskometer untuk Menjalankan Program

Apabila telah selesai maka pembacaan nilai viskositas akan berjalan sesuai perintah program. Program yang telah dibuat yaitu pembacaan akan dimulai pada suhu yang telah ditentukan. Ketika suhu telah mencapai nilai yang telah ditentukan maka spindel akan secara otomatis berputar dan hasil pembacaan akan muncul pada layar PC.

Untuk memindahkan hasil pembacaan program dalam software Wingather maka perlu mengubah format file. Untuk itu file diubah dalam bentuk excel untuk dilakukan pengolahan data.

b. Penentuan *Shear Rate* dan *Shear Stress*

Menurut Mitschka (1982) Metode penentuan *shear rate* dan *shear stress* pada pembacaan viskometer brookfield yaitu dengan mengkonversi beberapa titik pembacaan torsi ( $\alpha_i$ ) pada viskometer dengan dan RPM spindle ( $N_i$ ). Nilai shear stress dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.3.

$$\tau_i = k_{a\tau} \alpha_i \dots \dots \dots (3.3)$$

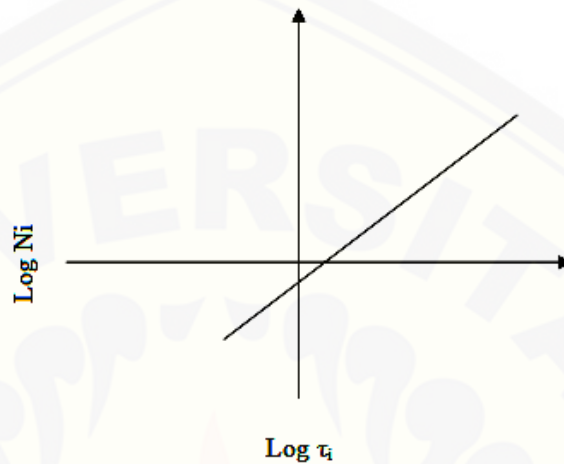
$\tau_i$  merupakan *shear stress*,  $k_{a\tau}$  merupakan *consistency index shear stress* berdasarkan nomer spindel yang digunakan dalam pengukuran yang diperoleh dari konversi Tabel 3.2, sedangkan  $\alpha_i$  merupakan pembacaan torsi dalam bentuk % dengan skala 0-100.

Tabel 3.2 Faktor Konversi Viskometer Brookfield RV Type Disk

Nomor Spindel		1	2	3	4	5	6	7
$k_{a\tau}$	n	0,035	0,119	0,279	0,539	1,050	2,35	8,400
$k_{N\gamma}$	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

Sumber: Mitschka (1982)

Penentuan nilai *shear rate* dilakukan dengan cara membuat plot nilai  $\tau_i$  dan  $N_i$  dalam bentuk log. Ketika nilai  $\log \tau_i$  dan  $\log N_i$  mendekati linier maka fluida tersebut merupakan jenis *power law*. Gradien dari persamaan garis yang dihasilkan merupakan nilai *power law index* ( $n$ ).



Gambar 3.9. Garis Linear  $\log \tau_i$  dan  $\log N_i$

Nilai  $n$  dapat digunakan untuk mencari nilai *shear rate* suatu fluida dengan cara mencari nilai  $k_{N\gamma}$  yang dapat dilihat pada Tabel 3.2 nilai tersebut dikalikan dengan nilai RPM spindel ( $N_i$ ) yaitu dalam Persamaan 3.4.

$$\gamma_i = k_{N\gamma}(n) N_i \dots \dots \dots (3.4)$$

$\gamma_i$  merupakan nilai *shear stress*,  $k_{N\gamma}$  merupakan nilai *consistensi index shear rate* yang diperoleh dari pembacaan tabel dan  $N_i$  merupakan RPM spindel.

### 3.4 Penyusunan Model

Hasil perolehan data akan diolah dengan menggunakan software microsoft excel untuk membantu pengolahan data secara grafis dan statistik. Data yang dianalisis pengaruh konsentrasi dan suhu terhadap nilai viskositas puree buah naga putih pada masing-masing perlakuan serta akan dilakukan pengujian data yang dilakukan dengan menggunakan uji validitas.

Model yang digunakan adalah model *power law* yang merupakan model yang dapat diaplikasikan secara luas untuk penanganan bahan pangan. Pada *power law model* dapat mendiskripsikan suatu data yang termasuk aliran *shear-thinning (pseudoplastic)* atau *shear-thickening (dilatant)*.

Uji validitas yang dilakukan untuk menguji model *power law* dengan menggunakan *Root mean square error* (RMSE). Jika nilai RMSE mendekati nol maka tingkat kesalahan data semakin kecil. Adapun persamaan yang digunakan yaitu Persamaan 3.5.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n (y - y_{est})_i^2} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan :  $y$  = nilai  $\tau$  observasi

$y_{est}$  = nilai  $\tau$  prediksi

$N$  = jumlah titik

$i$  = subscript,  $i= 1,2,\dots,n$

selain persamaan tersebut pengujian dengan plotting  $\tau$  data dan  $\tau$  estimasi diperoleh dari nilai regresi ( $R^2$ ). Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa jika nilai regresi lebih mendekati satu maka tingkat kesalahan model yang digunakan adalah kecil.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_{est} - y_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \dots\dots\dots(3.6)$$

Keterangan :  $y_{est}$  = nilai  $\tau$  estimasi

$y_i$  = nilai  $\tau$  observasi

$\bar{y}$  = nilai rata-rata observasi

*Mean Relative Percent Error* (P) digunakan untuk mengetahui persentase kesalahan pada data. Nilai ini diperoleh dari nilai estimasi dan nilai observasi. Persamaan untuk mencari nilai P yaitu menggunakan Persamaan 3.7.

$$P = \frac{100}{N} \sum \left( \frac{|y_{est} - y_i|}{y_i} \right) \dots\dots\dots(3.7)$$

keterangan:  $y_{est}$  = nilai  $\tau$  estimasi

$y_i$  = nilai  $\tau$  observasi

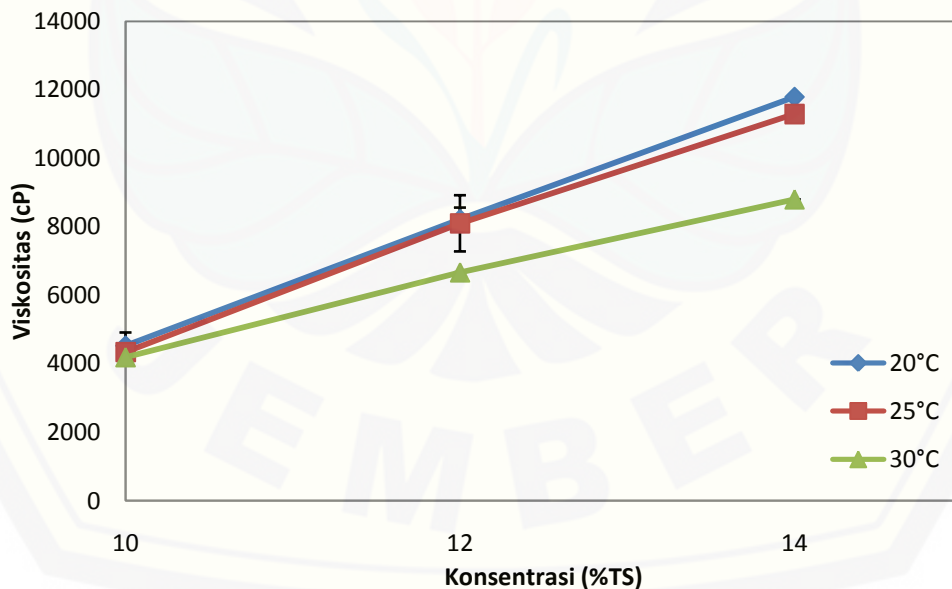
$N$  = jumlah titik

**BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.4 Viskositas *Puree* Buah Naga Putih pada Berbagai Konsentrasi dan Suhu**

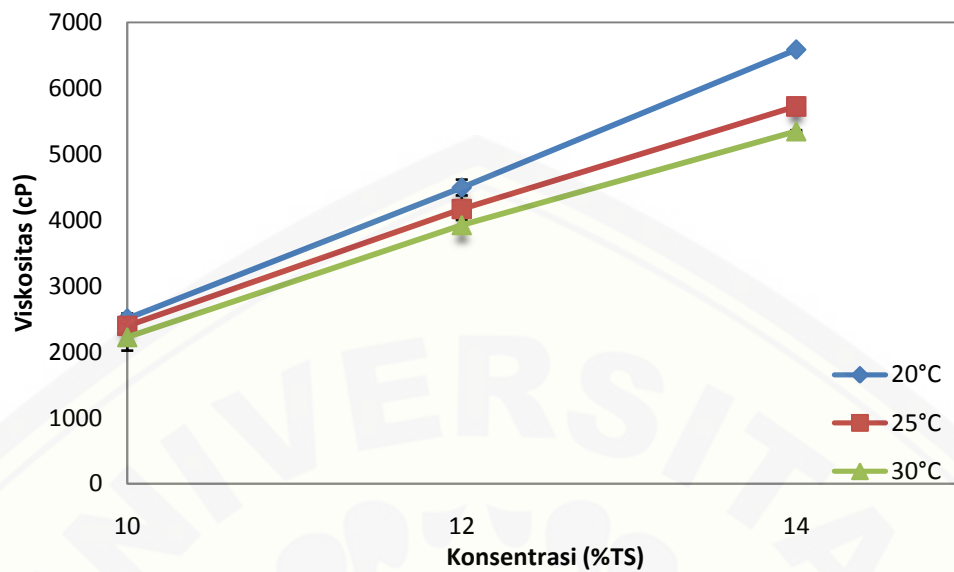
Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi dan suhu yang berbeda pada tiap perlakuan. Konsentrasi merupakan parameter penting yang mempengaruhi tingkat kekentalan suatu bahan pangan cair tak terkecuali *puree* buah naga putih. Pada konsentrasi dan suhu tertentu, *puree* buah naga putih mengalami perubahan nilai viskositas. Selain konsentrasi, suhu *puree* buah naga putih juga mempengaruhi nilai viskositas bahan tersebut.

Pada konsentrasi yang berbeda viskositas *puree* buah naga putih juga mengalami perubahan yang dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pada grafik tersebut terlihat bahwa semakin besar konsentrasi *puree* buah naga putih nilai viskositasnya semakin meningkat. Pada konsentrasi 10%TS *puree* buah naga putih memiliki nilai viskositas terkecil, sedangkan nilai viskositas terbesar yaitu pada konsentrasi paling tinggi 14%TS. Hal tersebut terjadi karena semakin banyak total solid pada sebuah larutan maka gesekan menjadi semakin besar.

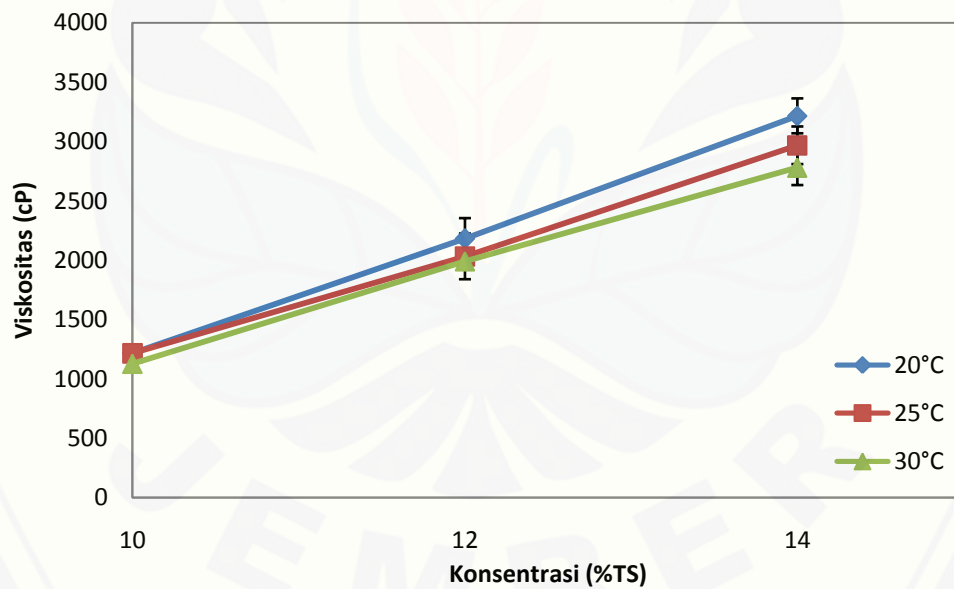


Gambar 4.1 Hubungan antara Viskositas dengan Konsentrasi *Puree* Buah Naga Putih pada berbagai Suhu menggunakan Spindel 01 dan Kecepatan 0,5RPM

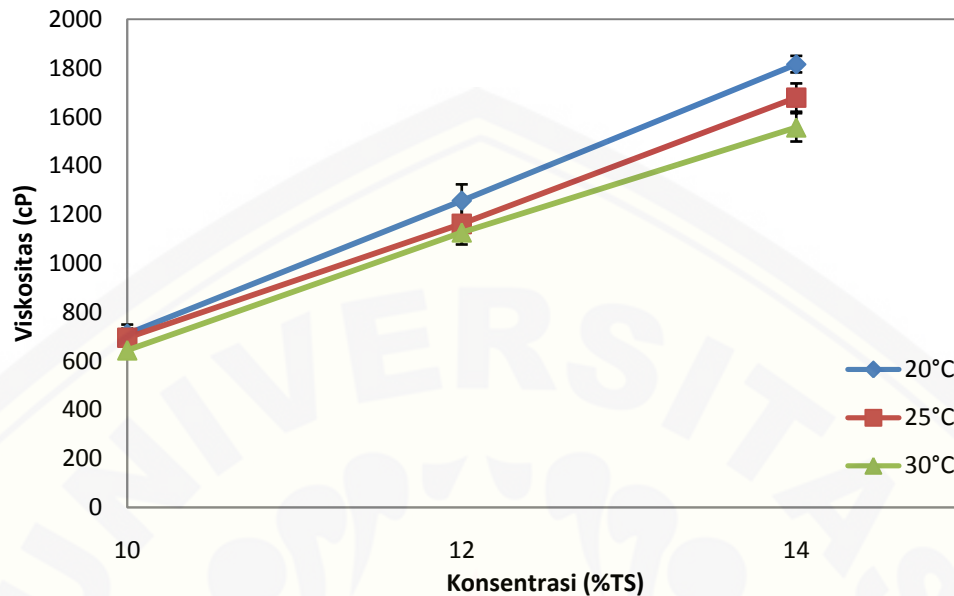




Gambar 4.2 Hubungan antara Viskositas dengan Konsentrasi *Puree* Buah Naga Putih pada berbagai Suhu menggunakan Spindel 01 dan Kecepatan 1 RPM



Gambar 4.3 Hubungan antara Viskositas dengan Konsentrasi *Puree* Buah Naga Putih pada berbagai Suhu menggunakan Spindel 01 dan Kecepatan 2,5RPM



Gambar 4.4 Hubungan antara Viskositas dengan Konsentrasi *Puree* Buah Naga Putih pada berbagai Suhu menggunakan Spindel 01 dan Kecepatan 5RPM

Suhu juga merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi nilai viskositas suatu bahan pangan cair. Hal tersebut juga terjadi pada *puree* buah naga putih. Gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai viskositas pada suhu yang lebih rendah memiliki nilai yang lebih besar. Sedangkan pada suhu yang lebih tinggi nilai viskositas *puree* buah naga putih tersebut, memiliki nilai paling rendah. Misal pada konsentrasi 10%TS, nilai viskositas diukur menggunakan spindel 01 dan kecepatan spindel 0,5RPM menghasilkan nilai viskositas 4530cP pada suhu 20°C, dengan menggunakan spindel dan kecepatan yang sama nilai viskositas pada suhu 25°C dan 30°C masing masing memiliki nilai 4340cP dan 4190cP. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Dehbi *et al* (2013), yaitu tentang penelitian sifat reologi pada jus buah *Moroccan Prickly Pear* yang menghasilkan kesimpulan bahwa nilai viskositas akan naik seiring menurunnya suhu bahan yang diukur.

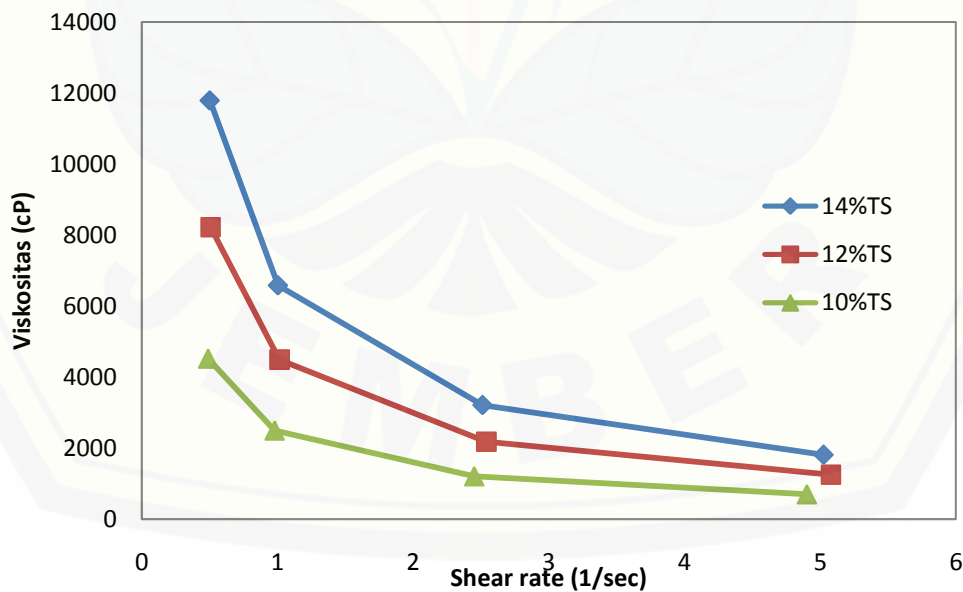
Penelitian ini juga dilakukan pengukuran viskositas pada beberapa kecepatan spindel. Pada pengukuran viskositas *puree* buah naga putih kecepatan

diberikan yaitu 0,5; 1; 2,5; dan 5RPM. Viskositas terbesar ditunjukkan pada kecepatan 0,5RPM sedangkan nilai viskositas terkecil ditunjukkan pada kecepatan 5RPM. Pada kecepatan lebih rendah nilai viskositasnya menunjukkan nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kecepatan putar spindel yang lebih tinggi. Menurut Kusnandar *et al.* (2006) semakin besar gaya putar maka cairan akan bergerak semakin cepat dan gesekan akan semakin kecil.

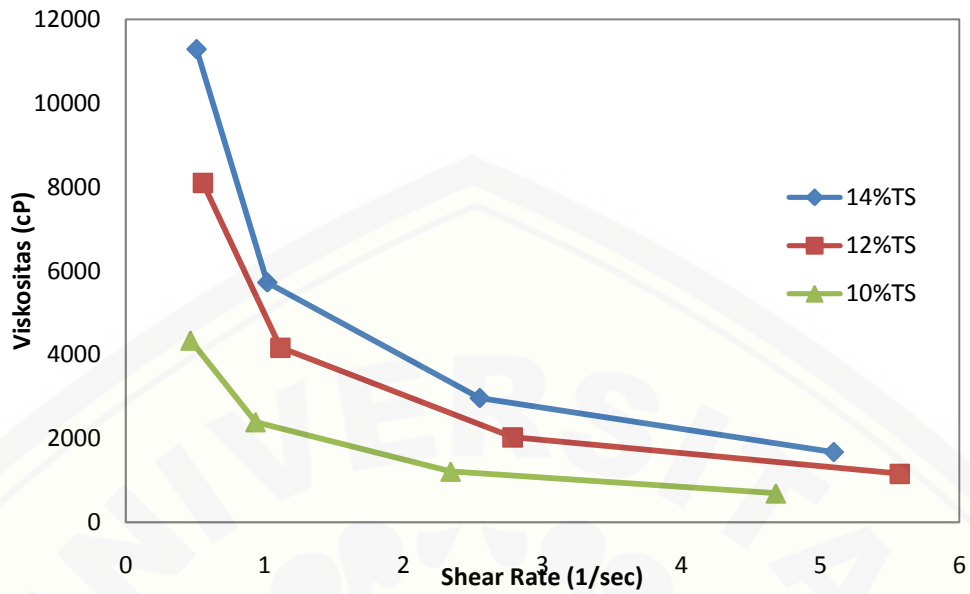
#### 4.5 Sifat Reologi *Puree* Buah Naga Putih

##### 4.2.4 Hubungan Viskositas dan *Shear rate*

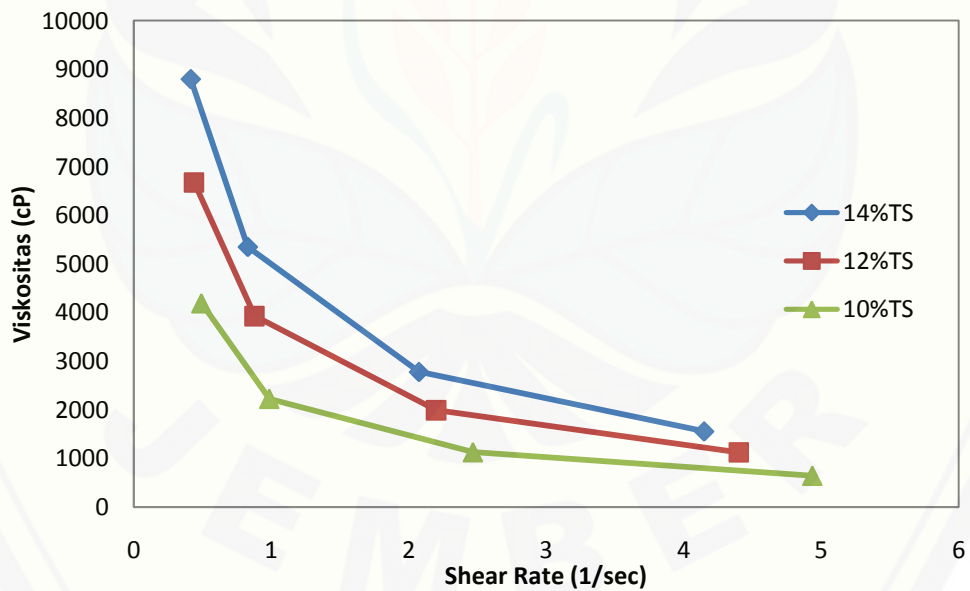
Viskositas merupakan sifat pada fluida yang paling penting dalam pengembangan produk olahan berbasis bahan pangan cair seperti halnya pengolahan buah naga putih yang berbentuk *puree*. Suatu bahan cair memiliki sifat aliran yang berbeda-beda. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai kekentalan bahan tersebut. Semakin besar nilai viskositas suatu bahan maka bahan tersebut semakin kental. Semakin kental suatu bahan cair maka cairan tersebut akan semakin sulit untuk dialirkan, untuk mengalirkannya diperlukan suatu daya dorong (pemompaan) untuk mengalirkannya.



Gambar 4.5 Hubungan antara *Shear Rate* dan Viskositas *Puree* Buah Naga Putih pada Suhu 20°C



Gambar 4.6 Hubungan antara *Shear Rate* dan Viskositas *Puree* Buah Naga Putih pada Suhu 25°C



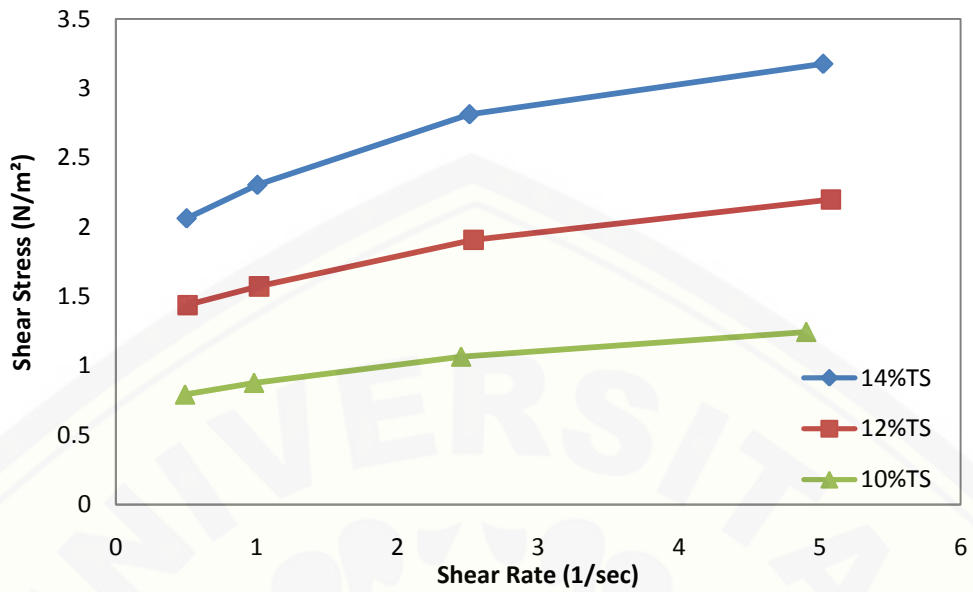
Gambar 4.7 Hubungan antara *Shear Rate* dan Viskositas *Puree* Buah Naga Putih pada Suhu 30°C

Gaya yang mengenai bahan cair biasanya adalah gaya geser (*shearing*). Secara sistematis viskositas merupakan hasil dari persamaan *shear stress* dibagi dengan *shear rate* yang dapat dilihat pada Persamaan 2.1. *Shear stress* merupakan gaya newton persatuan luas yang biasa disebut tekanan, sedangkan *shear rate* merupakan perubahan laju alir suatu cairan. Untuk mengetahui penggolongan sifat fluida pada *puree* buah naga putih maka pengukuran dilakukan dalam beberapa kecepatan spindel yaitu 0,5 RPM, 1 RPM, 2,5 RPM, dan 5 RPM.

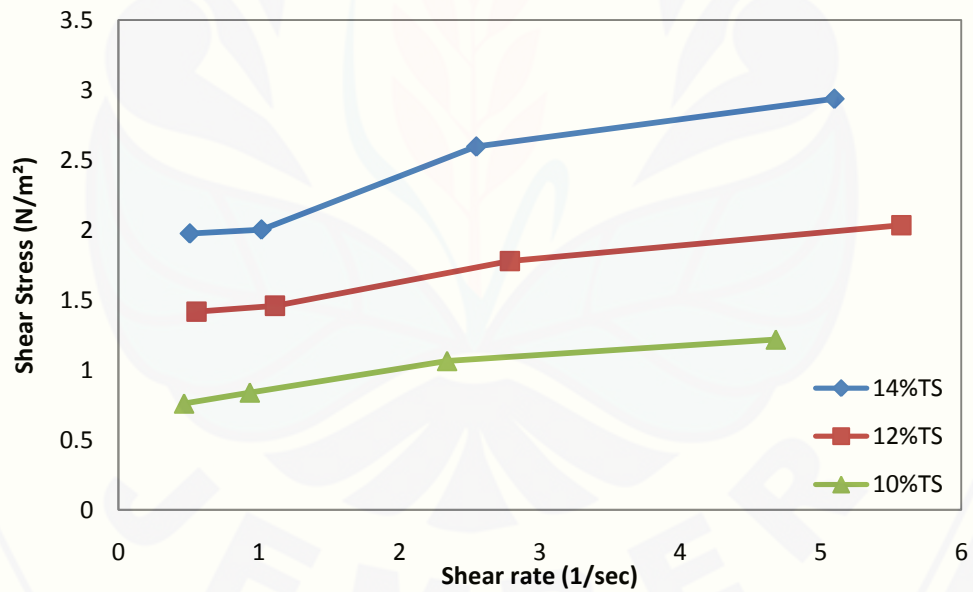
Gambar 4.5 merupakan grafik hubungan viskositas dan *shear rate* pada suhu 20°C yang diukur pada konsentrasi 10%, 12% dan 14%TS. Dalam gambar tersebut memperlihatkan bahwa nilai viskositas dan *shear rate* berbanding terbalik dengan nilai viskositas *puree* buah naga Putih. Akan tetapi penurunan nilai *shear rate* yang terjadi adalah penurunan yang tidak konstan, yaitu memiliki penurunan berlebih sehingga grafik yang terjadi adalah grafik yang tidak linier. Hal tersebut juga terjadi pada *puree* buah naga putih yang memiliki nilai viskositas lebih rendah yaitu pada suhu 25°C dan 30°C yang dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan 4.7. Hal ini menunjukkan bahwa *puree* buah naga putih merupakan jenis aliran non-newtonian baik pada suhu 20°C, 25°C, dan 30°C.

#### 4.2.5 Hubungan *Shear rate* dan *Shear stress*

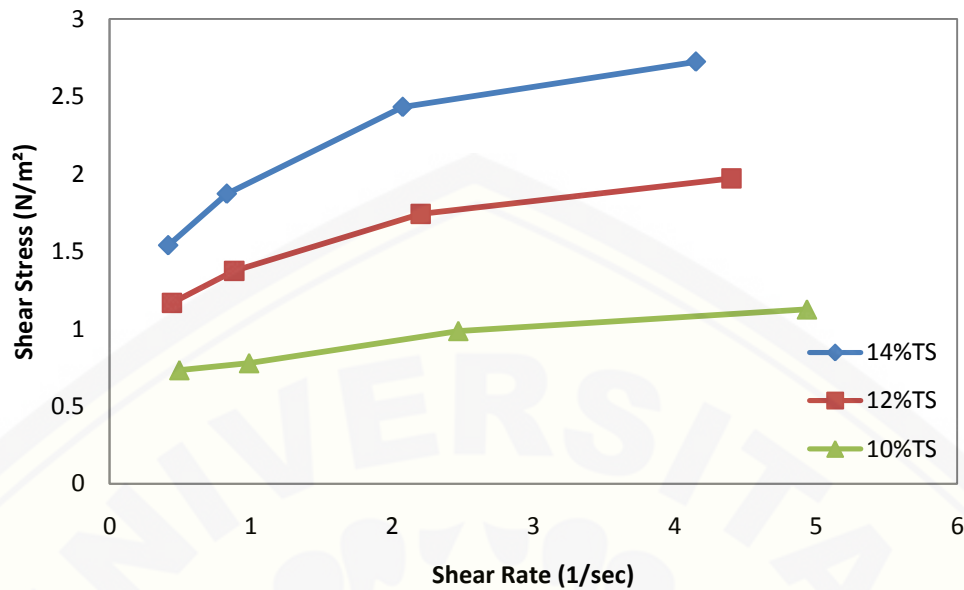
*Shear rate* atau laju geser merupakan perubahan kecepatan fluida akibat adanya suatu gaya yang diberikan pada jarak tertentu. *Shear rate* dinyatakan dalam satuan 1/s, sedangkan *shear stress* merupakan gaya yang diberikan pada bahan persatuan luas (N/m<sup>2</sup> atau dyne/cm<sup>2</sup>). Untuk mengklasifikasikan suatu jenis aliran dapat menggunakan hubungan nilai *shear rate* dan *shear stress*. Pada *puree* buah naga nilai *shear rate* dan *shear stress* dapat dilihat pada Gambar 4.8. Pada gambar tersebut menjelaskan hubungan antara *shear rate* dan *shear stress* *puree* buah naga putih dalam berbagai konsentrasi total solid dan dalam berbagai suhu pengolahan.



Gambar 4.8 Hubungan antara *Shear Rate* dan *Shear Stress Puree Buah Naga Putih* pada Suhu 20°C



Gambar 4.9 Hubungan antara *Shear Rate* dan *Shear Stress Puree Buah Naga Putih* pada Suhu 25°C



Gambar 4.10 Hubungan antara *Shear Rate* dan *Shear Stress Puree* Buah Naga Putih pada Suhu 30°C

Gambar 4.8, Gambar 4.9, dan Gambar 4.10 merupakan hubungan *shear rate* dan *shear stress puree* buah naga putih pada konsentrasi dan suhu yang berbeda. Dalam gambar tersebut terlihat bahwa terjadi kenaikan nilai *shear rate* seiring naiknya nilai *shear stress* yang berlebih. Hal ini dapat membuktikan bahwa *puree* buah naga putih ini memiliki sifat fluida non-newtonian jenis *pseudoplastic*.

*Puree* dengan konsentrasi 14%TS memiliki nilai tertinggi dibandingkan dengan konsentrasi 12% dan 10%TS. Hal ini berarti semakin pekat konsentrasi *puree* buah naga putih nilai *shear rate* dan *shear stress*nya semakin besar.

#### 4.2.6 Konstanta ( $k$ ) dan *flow index* ( $n$ )

Sifat fluida dapat ditentukan menggunakan ketentuan nilai *consistency index* ( $k$ ) dan *flow index* ( $n$ ) pada Tabel 2.2. Nilai  $k$  dan  $n$  diperoleh dari gradien garis hasil *plotting* nilai log RPM dan log *shear stress*. Sedangkan nilai  $k$  diperoleh dari anti log konstanta garis tersebut. Adapun hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

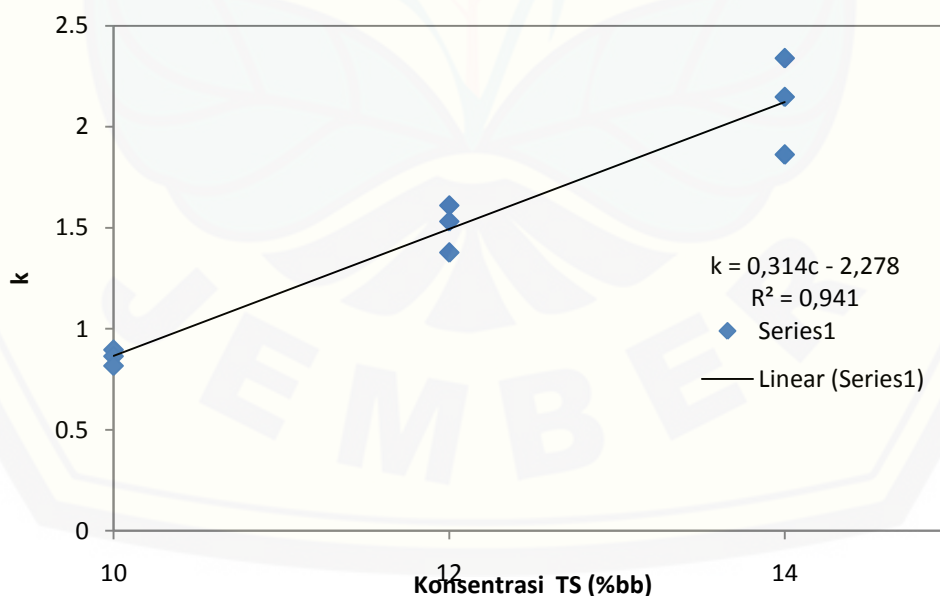
**Tabel 4.1 Nilai Consistency Index ( $k$ ) dan Flow Index ( $n$ )**

Konsentrasi (%TS)	Suhu (°C)	Flow Index	Consistency Index
		( $n$ )	( $k$ )
14	20	0,191	2,339
	25	0,187	2,148
	30	0,253	1,862
12	20	0,188	1,611
	25	0,164	1,531
	30	0,232	1,377
10	20	0,198	0,895
	25	0,212	0,865
	30	0,196	0,817

Sumber Data Primer (2015)

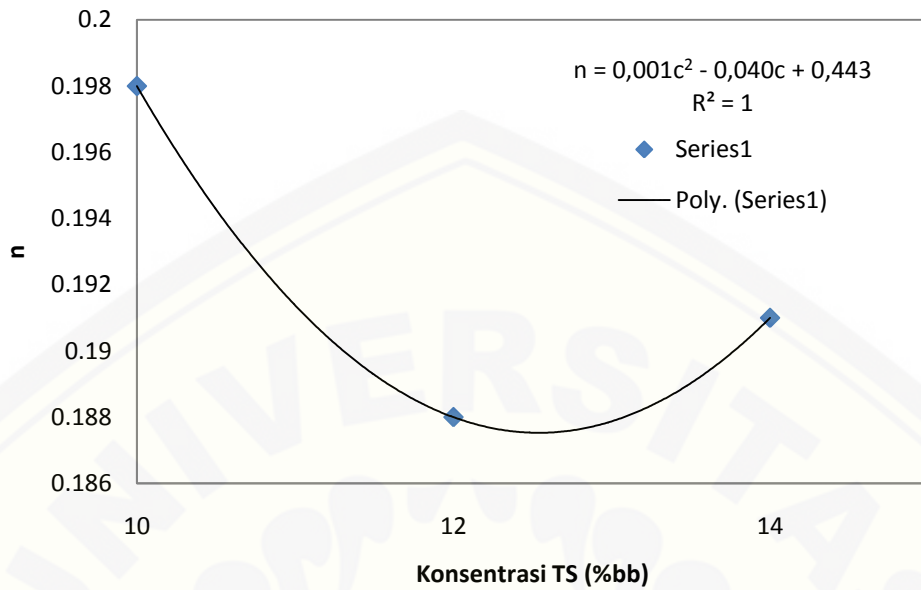
Pada Tabel 4.1 didapatkan nilai  $n$  yaitu  $0 < n < 1$  dan nilai  $k$  lebih dari nol. Apabila dilihat pada Tabel 2.2 maka *puree* buah naga putih memiliki sifat aliran non-newtonian dengan jenis aliran *pseudoplastic*.

Dari data  $n$  dan  $k$  yang telah didapat hubungan antara nilai  $n$  dan  $k$  terhadap konsentrasi *puree* buah naga putih yang digunakan. Persamaan garis dari *plotting* nilai  $k$  dan  $n$  terhadap konsentrasi *puree* dapat digunakan untuk mengestimasi data hasil percobaan. Adapun hasil *plotting* nilai  $k$  dan  $n$  terhadap konsentrasi *puree* buah naga putih dapat dilihat pada Gambar 4.11, 4.12, 4.13 dan Gambar 4.14.

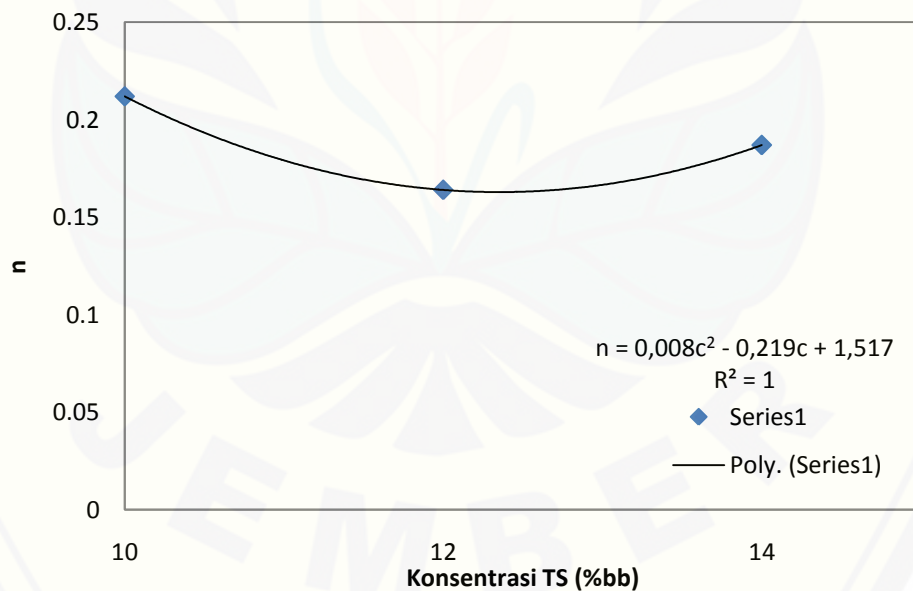


Gambar 4.11 Hubungan antara Konstanta ( $k$ ) dan Konsentrasi *Puree* Buah Naga Putih

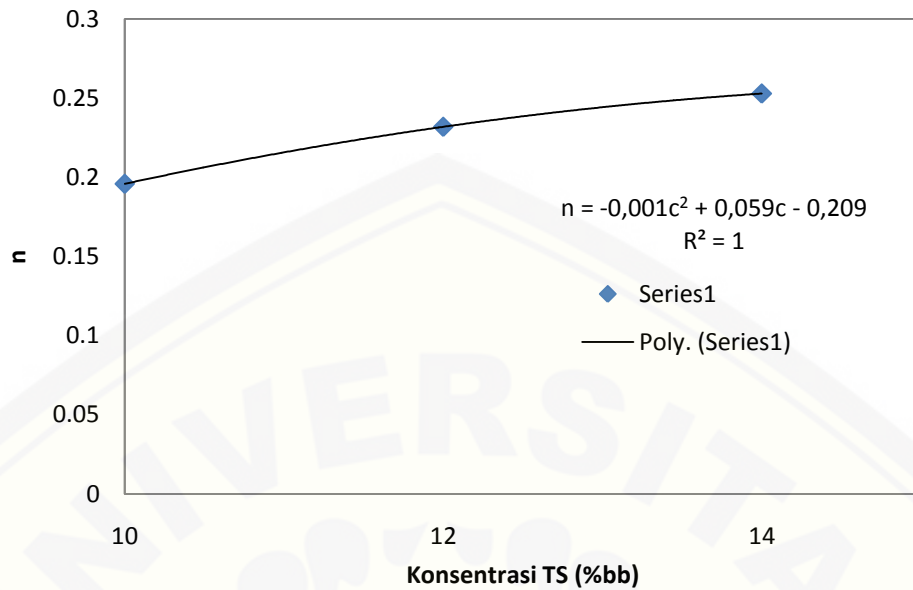




Gambar 4.12 Hubungan antara *Power Law Index* dan Konsentrasi *Puree* Buah Naga Putih pada Suhu 20°C



Gambar 4.13 Hubungan antara *Power Law Index* dan Konsentrasi *Puree* Buah Naga Putih pada Suhu 25°C



Gambar 4.14 Hubungan antara *Power Law Index* dan Konsentrasi *Puree* Buah Naga Putih pada Suhu 30°C

Berdasarkan Gambar 4.11 diperoleh persamaan  $k = 0,314c - 2,278$  dan persamaan  $n$  pada masing-masing suhu yaitu  $n = 0,001c^2 - 0,040c + 0,443$  untuk suhu 20°C berdasarkan gambar 4.12, sedangkan pada suhu 25°C persamaannya yaitu  $n = 0,008c^2 - 0,219c + 1,517$  dan pada suhu 30°C diperoleh persamaan  $n = -0,001c^2 + 0,059c - 0,209$ .

Persamaan tersebut dapat digunakan untuk mengestimasi data dengan cara di substitusikan pada persamaan 2.2 sehingga menghasilkan Persamaan 4.1 untuk suhu 20°C, Persamaan 4.2 untuk suhu 25°C, dan Persamaan 4.3 untuk suhu 30°C.

$$\text{power law (T20°C)} : \tau = (0,314c - 2,278) \cdot \gamma^{(0,001c^2 - 0,040c + 0,443)} \dots\dots\dots (4.1)$$

$$\text{power law (T25°C)} : \tau = (0,314c - 2,278) \cdot \gamma^{(0,008c^2 - 0,219c + 1,517)} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$\text{power law (T30°C)} : \tau = (0,314c - 2,278) \cdot \gamma^{(-0,001c^2 + 0,059c - 0,209)} \dots\dots\dots (4.3)$$

#### 4.6 Analisis Data

Model yang dihasilkan dari persamaan *power law* diuji tingkat akurasiya menggunakan uji validitas. Uji validitas ini membandingkan data hasil observasi dan data prediksi yang dihitung menggunakan Persamaan 4.1; 4.2; dan 4.3. Data

hasil prediksi tersebut dapat dihitung tingkat kesalahannya dengan menggunakan beberapa cara.

Salah satu cara yang digunakan untuk menghitung tingkat kesalahan suatu model yaitu dengan menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*). Untuk menganalisa penyimpangan data digunakan koefisien determinasi ( $R^2$ ), dan untuk mengetahui persentase kesalahan pada model yang dihasilkan maka dapat dicari dengan P (*mean relative percent error*). Hasil perhitungan nilai RMSE,  $R^2$ , dan P dapat dilihat dalam Tabel 4.3

Tabel 4.2 Nilai  $R^2$ , RMSE, dan P menggunakan *Power Law Model*

Suhu (°C)	Konsentrasi (%TS)	RMSE	$R^2$	P (%)
20	14	0.2121	0.9600	13.5469
	12	0.0170	0.9785	10.4932
	10	0.0003	0.9915	6.2121
25	14	0.1557	0.9599	13.5522
	12	0.0146	0.9773	9.7880
	10	0.0004	0.9895	7.1721
30	14	0.5574	0.8884	17.3793
	12	0.0323	0.9604	12.3113
	10	0.0013	0.9778	11.5659

Sumber: Data primer (2015)

Dengan membandingkan nilai observasi dengan nilai prediksi diperoleh nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ). Apabila nilainya mendekati satu maka model yang digunakan dapat dikatakan mendekati valid. Pengujian RMSE nilai yang terbaik adalah data yang memiliki nilai paling mendekati nol. Semakin mendekati nol penyimpangan data yang diambil semakin kecil. Apabila ditunjukkan dalam nilai persen maka persentase terendah merupakan nilai terbaik.

Data nilai RMSE yang mendekati nol adalah data yang paling baik. Pada suhu 20°C nilai RMSE yang paling baik pada konsentrasi 10%TS yaitu 0,0003. Pada suhu 25°C nilai RMSE yang terbaik juga pada konsentrasi 10%TS yaitu dengan nilai 0,0004, hal tersebut juga terjadi pada konsentrasi suhu 30°C nilai RMSE terbaik pada konsentrasi 10%TS dengan nilai 0,0013. Sedangkan data yang paling tinggi nilainya adalah pada konsentrasi 14% dengan suhu pengukuran 30°C. Akan tetapi pada pengujian RMSE disetiap sampel bahan menunjukkan

nilai penyimpangan yang hampir mendekati nol, hal tersebut menunjukkan semua data yang diambil valid. Data nilai  $R^2$  menunjukkan nilai yang terbaik adalah pada perlakuan 10%TS dengan suhu  $20^\circ\text{C}$  dengan nilai 0,9915. Pada pengujian  $R^2$  ini data yang mendekati 1 merupakan data yang paling baik. Sedangkan nilai P menunjukkan persen tingkat kesalahan suatu data. Sehingga data dengan persentase terkecil adalah data yang paling baik sedangkan data yang memiliki persentase tertinggi merupakan data yang memiliki penyimpangan yang paling besar. Pada penelitian ini tingkat kesalahan yang tertinggi ada pada konsentrasi 14%TS dengan suhu  $30^\circ\text{C}$ , sedangkan data yang memiliki tingkat kesalahan terkecil adalah data pengukuran pada konsentrasi 10%TS dengan suhu  $20^\circ\text{C}$ .

Hasil analisis statistik terhadap *power law model* yang telah dihitung menggunakan nilai RMSE,  $R^2$ , dan P menghasilkan nilai mendekati valid dengan tingkat kesalahan yang kecil. Hal tersebut membuktikan bahwa model yang telah disusun dapat digunakan untuk mengestimasi nilai shear stress pada *puree* buah naga putih. Batasan penggunaan model tersebut bersifat aplikatif dan valid terbatas pada *puree* buah naga putih yang memiliki konsentrasi 10-14%TS pada suhu  $20^\circ\text{C}$  hingga  $30^\circ\text{C}$ .

## BAB 5. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Viskositas *puree* buah naga putih yang diukur memiliki hubungan dengan perubahan suhu dan konsentrasi *puree* yang digunakan. Semakin tinggi suhu yang digunakan viskositas buah naga putih akan semakin menurun, dan sebaliknya ketika konsentrasi %TS semakin besar maka nilai viskositas semakin besar. Nilai viskositas terbesar pada konsentrasi tertinggi 14%TS dan pada suhu terendah 20°C, sedangkan nilai viskositas terendah pada konsentrasi 10%TS dan suhu 30°C.
2. Dari hubungan nilai viskositas dan *shear rate puree* buah naga putih memiliki sifat aliran non-newtonian karena *puree* mengalami perubahan nilai viskositas ketika ada gaya yang mengenainya. Dari hubungan antara *shear rate* dan *shear stress*, peningkatan *shear rate* memberikan pengurangan berlebih pada *shear stress* (laju penipisan). Nilai  $n$  dan  $k$  yang diperoleh dalam perhitungan menunjukkan bahwa nilai  $0 < n < 1$  dan  $k < 0$ . Dilihat dari grafik hubungan viskositas dan *shear rate*, *shear stress*, dan *shear rate*, serta dilihat dari nilai  $n$  dan  $k$  *puree* buah naga putih ini memiliki karakteristik aliran non-newtonian dengan jenis aliran *pseudoplastic*.
3. Berdasarkan uji validitas yang telah dilakukan menggunakan RMSE, nilai  $R^2$ , dan  $P$ , nilai RMSE terbaik pada konsentrasi 10% dengan suhu 20°C. Sedangkan untuk  $R^2$  terbaik adalah pada konsentrasi 10% dengan suhu 20°C, dengan nilai persen kesalahan terbesar yaitu 17,38%. Hal tersebut menunjukkan *power law model* dapat digunakan untuk mengestimasi data percobaan dengan hasil nilai mendekati valid.

## 5.2 Saran

Salah satu parameter sifat fisik buah naga putih adalah sifat reologi, masih banyak kekurangan dalam penelitian ini, seperti pembatasan umur buah naga yang digunakan dalam penelitian dan waktu tunggu antara proses homogenisasi hingga pembacaan nilai viskositas perlu dilakukan pengkajian oleh peneliti selanjutnya. Parameter sifat fisik lain yang belum diteliti pada buah naga putih, antara lain mengukur sifat fisik lain dari buah naga putih seperti sifat aerodinamis, sifat elektrik, karakter pengeringan, serta komponen lain pada buah naga putih yang potensial untuk diteliti yaitu kulit buah naga yang dapat diteliti karakteristik pengeringannya.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Anggraini, D., Suprijono, A., dan Wahyusetyaningrum, S. 2013. Mineral Dalam Buah Naga (*Hylocereus undatus* (Haw.), Brit Dan Rose) Sebagai Penurun Asam Urat. *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, 5 (1)
- Basri, H., Basri, Z., dan Widowati, E. 2013. Aklimatisasi Bibit Tanaman Buah Naga (*Hylocereus undatus*) Pada Tingkat Naungan Yang Berbeda. *e-J. Agrotekbis*, 1 (4): 339-345.
- Brookfield Engineering Laboratories, Inc. 2003. *More Solutions To Sticky Problems: A Guide To Getting More From Your Brookfield Viscometer*. USA: Engineering Laboratories.
- Chayati, I. 2010. *Teknologi Pengolahan Buah Naga Dan Diversifikasi Produk Olahannya Sebagai Upaya Peningkatan Jiwa Kewirausahaan Di SMK Agriindustri*. Yogyakarta: LPM Universitas Negeri Yogyakarta.
- Dehbi, Hasib, Batal, Zaki, Quatmane, Jaouad, dan Naimi. 2013. Rheological Quality And Influence Factor Of Morococan Prickly Pear Juice (*Opuntia ficus indica L.*). *Food Science Quality Management*, vol 22.
- Emil. 2011. *Untung Berlipat Dari Bisnis Buah Naga Unggul*. Yogyakarta: lily publisher.
- Farikha, I. N., Anam, C., dan Widowati, E. 2013. Pengaruh Jenis Dan Konsentrasi Bahan Penstabil Alami Terhadap Karakteristik Fisikokimia Sari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*) Selama Penyimpanan. *Jurnal Teknosains Pangan*, vol 2 No 1.
- Harvey, F., Januar, J., dan Kusmiati, A. 2009. Trend Produksi Dan Prospek Pengembangan Komoditas Buah Naga Di Kabupaten Jember. *J-SEP* Vol. 3 No.
- Ismail, Ramli, Hani, dan Meon. 2012. Extraction And Characterization Of Pectin From Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Using Various Extraction Conditions. *Sains Malaysiana*, 41 (1): 41-45.
- Keshani, Chuah, A.L., dan Russly. 2012. Effect Of Temperature And Concentration On Rheological Properties Pamelos Juice Concentrates. *International Food Research Journal*, 19 (2): 553-562.

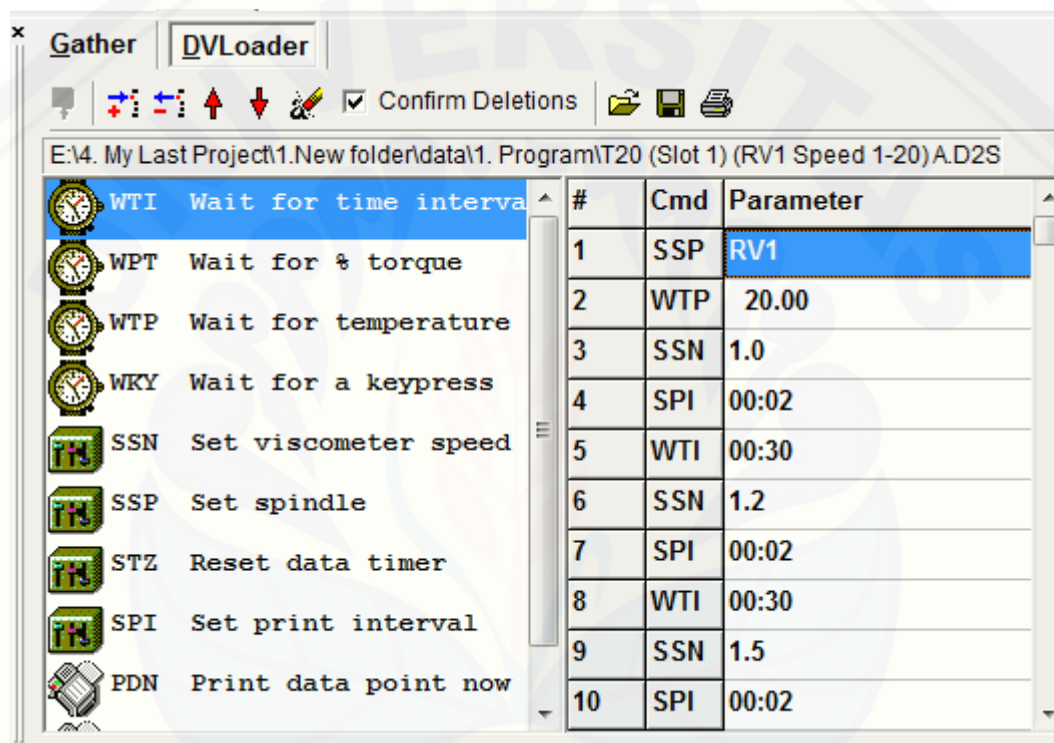
- Kusnandar, F., Hariyadi, P., dan Syamsir, E. 2006. *Aliran Fluida*. <http://iirc.ipb.ac.id/jspui/bitstream/123456789/43419/3/feri%20kusnandar%20-%200003.pdf>. [15 Januari 2015: 15.38]
- Medical Health Guide. 2011. *Dragon Fruit Health Benefits*. [www.medicalhealthguide.com/articles/dragonfruit-healthbenefits.htm](http://www.medicalhealthguide.com/articles/dragonfruit-healthbenefits.htm) [5 September 2015: 19.29]
- Mitschka, P. 1982. Simple Conversation Of Brookfield R.V.T Readings Into Viscosity Functions. *Reologica Acta*, 21, 207-209
- Rao, M.A . 2014. *Rheology of fluid, semisoil, and solid foods principles and applications*. <http://www.springer.com/food+science/book/978-1-4614-9229-0> [19 Januari 2015: 10.44]
- Ririh, N. 2012. *24 Buah Tersehat Di Dunia*. <http://health.kompas.com/read/2012/08/16/14534549/Inilah.24.Buah.Tersehat.di.Dunia>. [19 Januari 2015: 09.50]
- Steeffe, J.F. 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. USA: *Michigan state University East Lansing*, MI 48824-1323.
- Wahyuni, R. 2012. Pemanfaatan Buah Naga Super Merah (*Hylocereus costaricensis*) Dalam Pembuatan Jenang Dengan Perlakuan Penambahan Daging Buah Yang Berbeda. *Jurnal Teknologi Pangan* Vol 4 No.1.
- Warsito, Suciati, S.W., dan Isworo, D. 2012. Desain dan Analisis Pengukuran Viskositas dengan Metode Bola Jatuh Berbasis Sensor Optocoupler dan Sistem Akuisisinya pada Komputer. *Jurnal Nature Indonesia*, 14 (3): 230-235.
- Wirakartakusuma, M.A., Abdullah, K., dan Syarif, A.M. 1992. *Sifat Fisik Pangan*. Bogor: Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor.



## LAMPIRAN

### LAMPIRAN A. Program untuk Pengukuran Viskositas Buah Naga Putih

Contoh program yang digunakan dalam pengambilan data viskositas *puree* buah Naga Putih



**LAMPIRAN B.** Hasil Pengukuran Viskositas *Puree* Buah Naga Putih1. Viskositas *puree* pada suhu 20°C

RPM	Ulangan	14% TS			12 %TS			10 %TS		
		Viskositas (cP)	Torsi (%)	Suhu (°C)	Viskositas (cP)	Torsi (%)	Suhu (°C)	Viskositas (cP)	Torsi (%)	Suhu (°C)
0,5	1	11780	58,9	21	8460	42,3	19,7	4260	21,3	20,3
	2	11800	59	20	7980	39,9	20,4	4800	24	20
	Rata-Rata	11790	58,95	20,5	8220	41,1	20,05	4530	22,65	20,15
1	1	6580	65,8	19,9	4580	45,8	20,2	2450	24,5	19,9
	2	6590	65,9	19,8	4410	44,1	19,6	2560	25,6	19,9
	Rata-Rata	6585	65,85	19,85	4495	44,95	19,9	2505	25,05	19,9
2,5	1	3320	83	19,8	2304	57,6	19,6	1180	29,5	19,8
	2	3112	77,8	20,4	2060	51,5	20,5	1256	31,4	20,1
	Rata-Rata	3216	80,4	20,1	2182	54,55	20,05	1218	30,45	19,95
5	1	1840	92	19,7	1304	65,2	20,1	684	34,2	19,7
	2	1792	89,6	20,6	1210	60,5	20,6	738	36,9	20,2
	Rata-Rata	1816	90,8	20,15	1257	62,85	20,35	711	35,55	19,95

2. Viskositas *puree* pada uhu 25°C

RPM	Ulangan	14% TS			12% TS			10% TS		
		Viskositas (cP)	Torsi (%)	Suhu (°C)	Viskositas (cP)	Torsi (%)	Suhu (°C)	Viskositas (cP)	Torsi (%)	Suhu (°C)
0,5	1	11280	56,4	24,8	8680	43,4	25,3	4380	21,9	24,8
	2	11300	56,5	25	7520	37,6	25,3	4300	21,5	25,3
	Rata-Rata	11290	56,45	24,9	8100	40,5	25,3	4340	21,7	25,05
1	1	5760	57,6	24,8	4390	43,9	25,1	2390	23,9	25,3
	2	5690	56,9	24,7	3950	39,5	24,6	2400	24	25
	Rata-Rata	5725	57,25	24,75	4170	41,7	24,85	2395	23,95	25,15
2,5	1	3080	77	24,6	2168	54,2	24,7	1168	29,2	25,3
	2	2856	71,4	25,2	1896	47,4	24,8	1264	31,6	25,3
	Rata-Rata	2968	74,2	24,9	2032	50,8	24,75	1216	30,4	25,3
5	1	1720	86	24,9	1222	61,1	24,7	670	33,5	25,4
	2	1638	81,9	25,3	1102	55,1	24,8	722	36,1	25,3
	Rata-Rata	1679	83,95	25,1	1162	58,1	24,75	696	34,8	25,35

3. Viskositas *puree* pada suhu 35°C

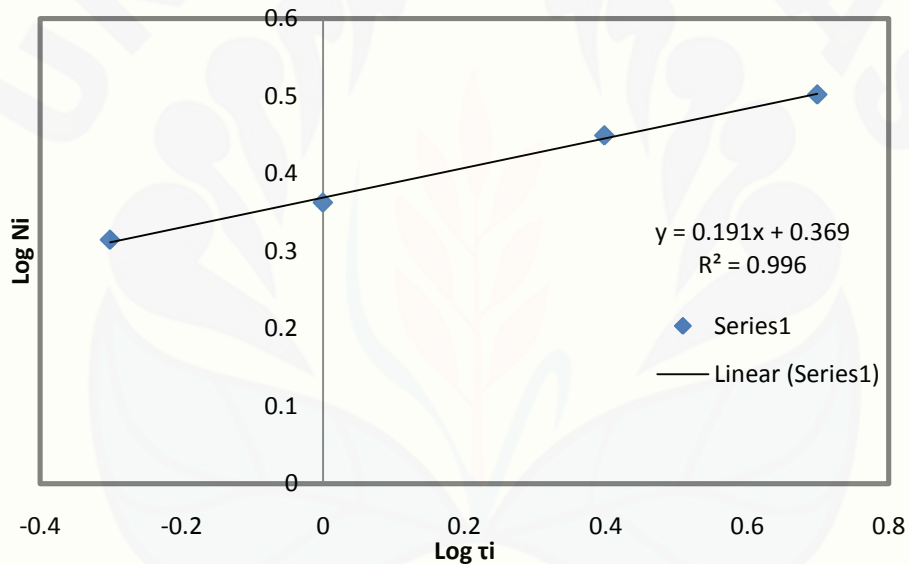
RPM	Ulangan	30°C			30°C			30°C		
		Viskositas (cP)	Torsi (%)	Suhu (°C)	Viskositas (cP)	Torsi (%)	Suhu (°C)	Viskositas (cP)	Torsi (%)	Suhu (°C)
0,5	1	8320	41,6	30	6740	33,7	30,1	4040	20,2	30,5
	2	9280	46,4	30,1	6600	33	29,9	4340	21,7	30,1
	Rata-Rata	8800	44	30,05	6670	33,35	30	4190	20,95	30,3
1	1	5340	53,4	30,1	3870	38,7	30,1	2370	23,7	30,1
	2	5360	53,6	30,1	3980	39,8	30,1	2080	20,8	30
	Rata-Rata	5350	53,5	30,1	3925	39,25	30,1	2225	22,25	30,05
2,5	1	2676	66,9	30	2012	50,3	30,1	1088	27,2	30,2
	2	2884	72,1	30,2	1972	49,3	29,5	1168	29,2	29,6
	Rata-Rata	2780	69,5	30,1	1992	49,8	29,8	1128	28,2	29,9
5	1	1516	75,8	30	1128	56,4	30,1	622	31,1	30,2
	2	1598	79,9	30,2	1126	56,3	29,6	666	33,3	29,6
	Rata-Rata	1557	77,85	30,1	1127	56,35	29,85	644	32,2	29,9

**LAMPIRAN C. Hasil Perhitungan *Shear Rate* dan *Shear Stress***

1. Hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate* pada konsentrasi 14% TS dan suhu 20°C

Ni (RPM)	$\alpha_i$ (% torque)	$K\alpha\tau$ (Spindel 1)	Ti	Log Ni	Log $\tau_i$
0,5	58,95	0,035	2,06325	-0,30103	0,314552
1	65,85	0,035	2,30475	0	0,362624
2,5	80,4	0,035	2,814	0,39794	0,449324
5	90,8	0,035	3,178	0,69897	0,502154

Hasil Plotting Log Ni dan Log  $\tau_i$

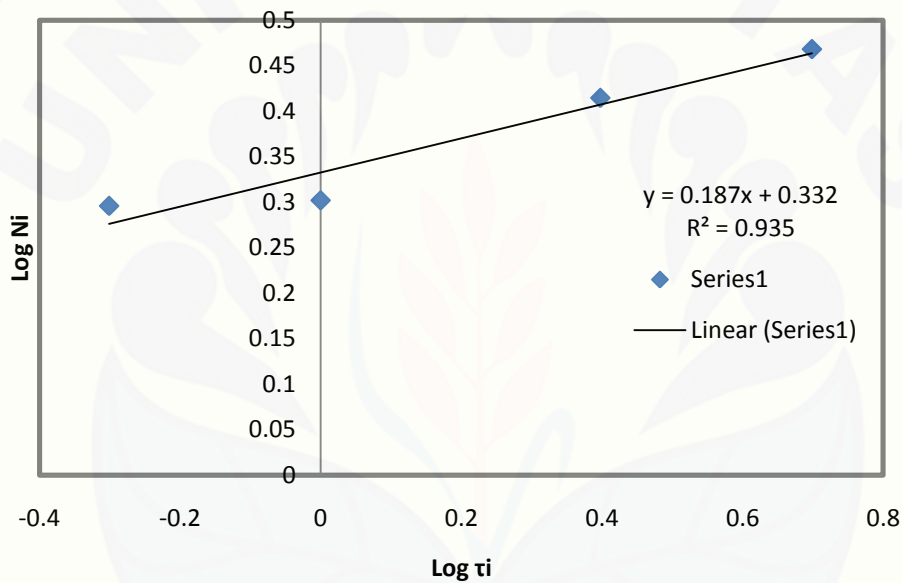


Persamaan garis	Ni	n	Kny	$\gamma$
$y = 0,191x + 0,369$	0,5	0,191	1,005	0,502441
	1	0,191	1,005	1,004882
	2,5	0,191	1,005	2,512204
	5	0,191	1,005	5,024408

2. Hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate* pada konsentrasi 14%TS dan suhu 25°C

Ni (RPM)	$\alpha_i$ (% torque)	Kar (spindel 1)	$\tau_i$	Log Ni	Log $\tau_i$
0,5	56,45	0,035	1,97575	-0,30103	0,295732
1	57,25	0,035	2,00375	0	0,301844
2,5	74,2	0,035	2,597	0,39794	0,414472
5	83,95	0,035	2,93825	0,69897	0,468089

Hasil Plotting Log Ni dan Log  $\tau_i$

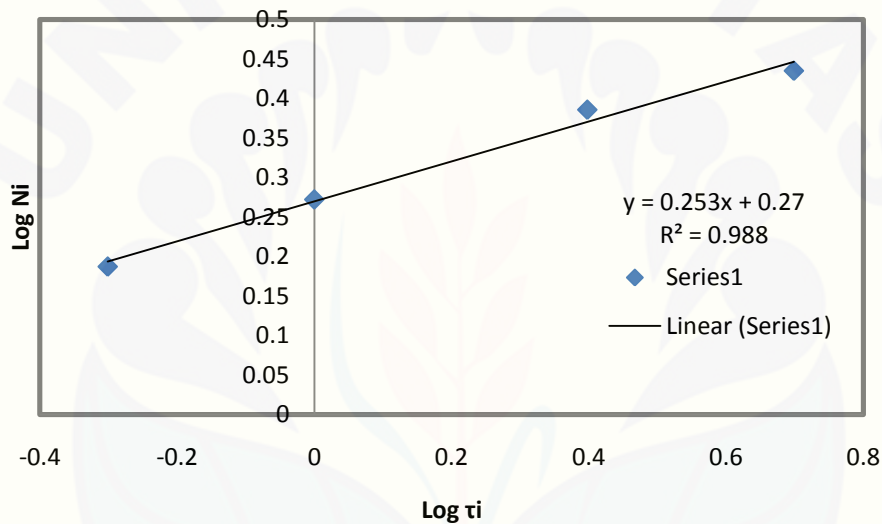


Persamaan garis	Ni	n	$Kn\gamma$	$\gamma$
$y = 0,187x + 0,332$	0,5	0,187	1,019	0,509724
	1	0,187	1,019	1,019449
	2,5	0,187	1,019	2,548621
	5	0,187	1,019	5,097243

3. Hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate* pada konsentrasi 14%TS dan suhu 30°C

Ni (RPM)	$\alpha_i$ (% torque)	K $\alpha\tau$ (spindel 1)	$\tau_i$	Log Ni	Log $\tau_i$
0,5	44	0,035	1,54	-0,30103	0,187521
1	53,5	0,035	1,8725	0	0,272422
2,5	69,5	0,035	2,4325	0,39794	0,386053
5	77,85	0,035	2,72475	0,69897	0,435327

Hasil Plotting Log Ni dan Log  $\tau_i$

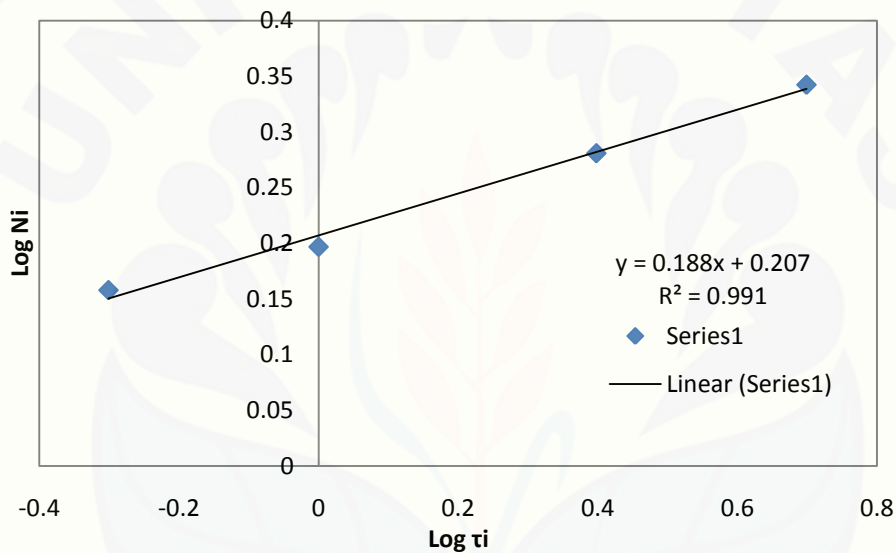


Persamaan garis	Ni	n	K $n\gamma$	$\gamma$
$y = 0,253x + 0,27$	0,5	0,253	0,830	0,415017
	1	0,253	0,830	0,830034
	2,5	0,253	0,830	2,075084
	5	0,253	0,830	4,150168

4. Hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate* pada konsentrasi 12%TS dan suhu 20°C

Ni (RPM)	$\alpha_i$ (% torque)	K $\alpha\tau$ (Spindel 1)	$\tau_i$	Log Ni	Log $\tau_i$
0,5	41,1	0,035	1,4385	-0,30103	0,15791
1	44,95	0,035	1,57325	0	0,196798
2,5	54,55	0,035	1,90925	0,39794	0,280863
5	62,85	0,035	2,19975	0,69897	0,342373

Hasil Plotting Log Ni dan Log  $\tau_i$



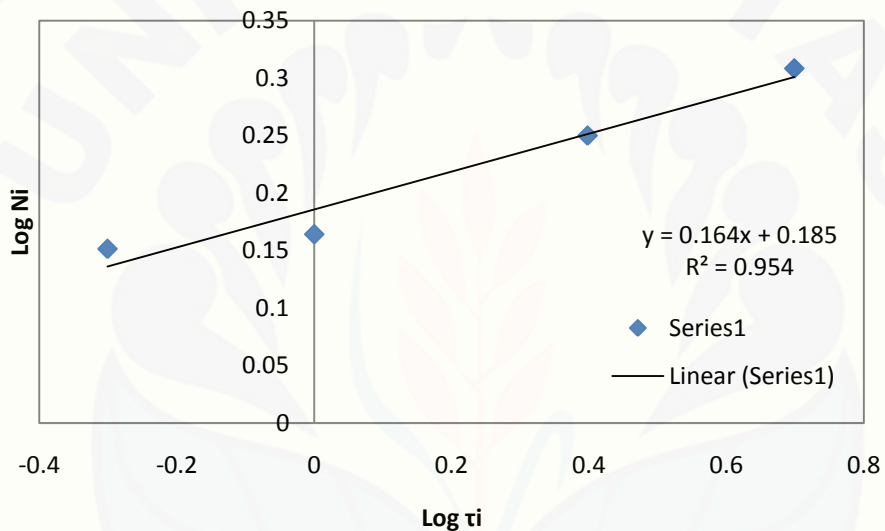
Persamaan garis	Ni	n	Kny	$\gamma$
$y = 0,188x + 0,207$	0,5	0,188	1,016	0,507879
	1	0,188	1,016	1,015758
	2,5	0,188	1,016	2,539395
	5	0,188	1,016	5,07879



5. Hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate* pada konsentrasi 12%TS dan suhu 25°C

Ni (RPM)	$\alpha_i$ (% torque)	Kar (Spindel 1)	$\tau_i$	Log Ni	Log $\tau_i$
0,5	40,5	0,035	1,4175	-0,30103	0,151523
1	41,7	0,035	1,4595	0	0,164204
2,5	50,8	0,035	1,778	0,39794	0,249932
5	58,1	0,035	2,0335	0,69897	0,308244

Hasil Plotting Log Ni dan Log  $\tau_i$

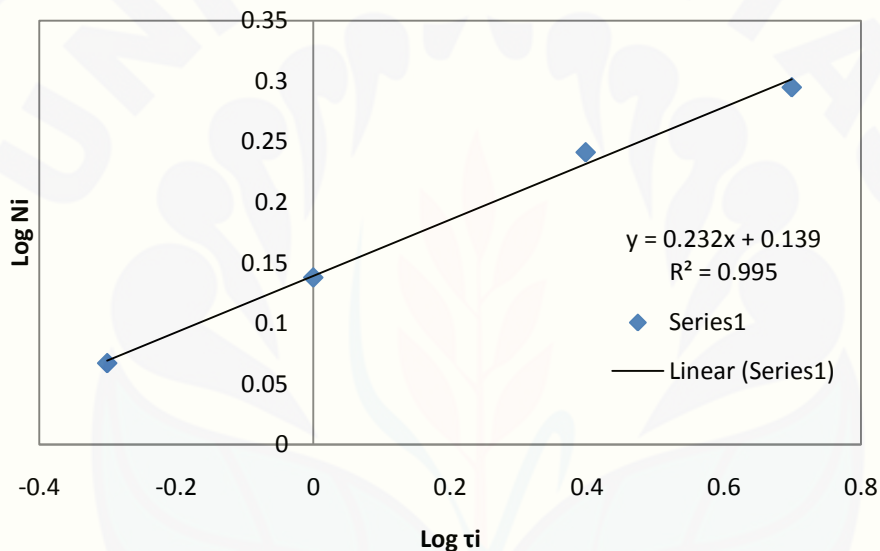


Persamaan garis	Ni	n	Kny	$\gamma$
$y = 0,164x + 0,185$	0,5	0,164	1,115	0,557306
	1	0,164	1,115	1,114612
	2,5	0,164	1,115	2,78653
	5	0,164	1,115	5,573061

6. Hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate* pada konsentrasi 12%TS dan suhu 30°C

Ni (RPM)	$\alpha_i$ (% torque)	Kar (Spindel 1)	$\tau_i$	Log Ni	Log $\tau_i$
0,5	33,35	0,035	1,16725	-0,30103	0,067164
1	39,25	0,035	1,37375	0	0,137908
2,5	49,8	0,035	1,743	0,39794	0,241297
5	56,35	0,035	1,97225	0,69897	0,294962

Hasil Plotting Log Ni dan Log  $\tau_i$

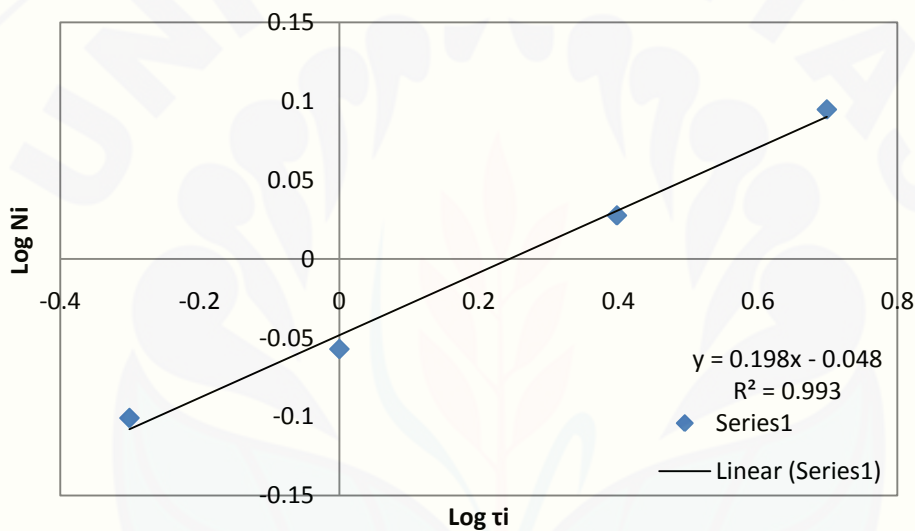


Persamaan garis	Ni	n (Gradien)	Kny	$\gamma$
$y = 0,232x + 0,139$	0,5	0,232	0,880	0,440206
	1	0,232	0,880	0,880412
	2,5	0,232	0,880	2,201029
	5	0,232	0,880	4,402058

7. Hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate* pada konsentrasi 10%TS dan suhu 20°C

Ni (RPM)	$\alpha_i$ (% torque)	Kar (Spindel 1)	$\tau_i$	Log Ni	Log $\tau_i$
0,5	22,65	0,035	0,79275	-0,30103	-0,10086
1	25,05	0,035	0,87675	0	-0,05712
2,5	30,45	0,035	1,06575	0,39794	0,027655
5	35,55	0,035	1,24425	0,69897	0,094908

Hasil Plotting Log Ni dan Log  $\tau_i$

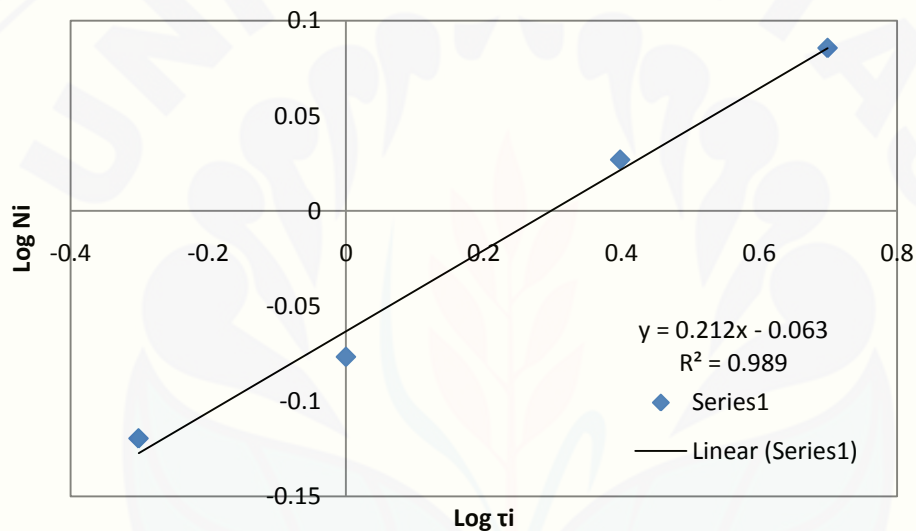


Persamaan garis	Ni	n	Kny	$\gamma$
$y = 0,198x - 0,048$	0,5	0,198	0,981	0,490293
	1	0,198	0,981	0,980585
	2,5	0,198	0,981	2,451463
	5	0,198	0,981	4,902925

8. Hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate* pada konsentrasi 10%TS dan suhu 25°C

Ni (RPM)	$\alpha_i$ (% torque)	$K_{\alpha\tau}$ (Spindel 1)	$\tau_i$	Log Ni	Log $\tau_i$
0,5	21,7	0,035	0,7595	-0,30103	-0,11947
1	23,95	0,035	0,83825	0	-0,07663
2,5	30,4	0,035	1,064	0,39794	0,026942
5	34,8	0,035	1,218	0,69897	0,085647

Hasil Plotting Log Ni dan Log  $\tau_i$

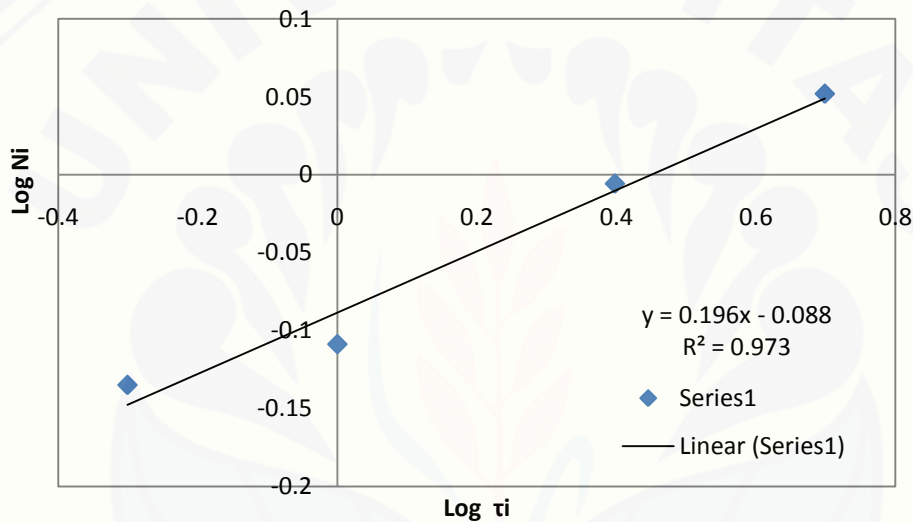


Persamaan garis	Ni	n	$Kn \gamma$	$\gamma$
$y = 0,212x - 0,063$	0,5	0,212	0,936	0,468036
	1	0,212	0,936	0,936072
	2,5	0,212	0,936	2,34018
	5	0,212	0,936	4,68036

9. Hasil perhitungan *shear stress* dan *shear rate* pada konsentrasi 10%TS dan suhu 30°C

Ni (RPM)	$\alpha_i$ (% torque)	$K_{\alpha\tau}$ (Spindel 1)	$\tau_i$	Log Ni	Log $\tau_i$
0,5	20,95	0,035	0,73325	-0,30103	-0,13475
1	22,25	0,035	0,77875	0	-0,1086
2,5	28,2	0,035	0,987	0,39794	-0,00568
5	32,2	0,035	1,127	0,69897	0,051924

Hasil Plotting Log Ni dan Log  $\tau_i$



Persamaan garis	Ni	n	$K_n\gamma$	$\gamma$
$y = 0,196x - 0,088$	0,5	0,196	0,987	0,493689
	1	0,196	0,987	0,987378
	2,5	0,196	0,987	2,468445
	5	0,196	0,987	4,93689

Konsentrasi	Suhu	Ni (RPM)	Ai (% torque)	$\tau_i$	$\gamma$	n	k
14	20	<b>0,5</b>	58,95	2,06325	0,502441	0,191	2,338837
		<b>1</b>	65,85	2,30475	1,004882		
		<b>2,5</b>	80,4	2,814	2,512204		
		<b>5</b>	90,8	3,178	5,024408		
	25	<b>0,5</b>	56,45	1,97575	0,509724	0,187	2,14783
		<b>1</b>	57,25	2,00375	1,019449		
		<b>2,5</b>	74,2	2,597	2,548621		
		<b>5</b>	83,95	2,93825	5,097243		
	30	<b>0,5</b>	44	1,54	0,415017	0,253	1,862087
		<b>1</b>	53,5	1,8725	0,830034		
		<b>2,5</b>	69,5	2,4325	2,075084		
		<b>5</b>	77,85	2,72475	4,150168		
12	20	<b>0,5</b>	41,1	1,4385	0,507879	0,188	1,610646

Lanjutan

		<b>1</b>	44,95	1,57325	1,015758		
		<b>2,5</b>	54,55	1,90925	2,539395		
		<b>5</b>	62,85	2,19975	5,07879		
	25	<b>0,5</b>	40,5	1,4175	0,557306	0,164	1,531087
		<b>1</b>	41,7	1,4595	1,114612		
		<b>2,5</b>	50,8	1,778	2,78653		
		<b>5</b>	58,1	2,0335	5,573061		
	30	<b>0,5</b>	33,35	1,16725	0,440206	0,232	1,377209
		<b>1</b>	39,25	1,37375	0,880412		
		<b>2,5</b>	49,8	1,743	2,201029		
		<b>5</b>	56,35	1,97225	4,402058		
10	20	<b>0,5</b>	22,65	0,79275	0,490293	0,198	0,895365
		<b>1</b>	25,05	0,87675	0,980585		
		<b>2,5</b>	30,45	1,06575	2,451463		
		<b>5</b>	35,55	1,24425	4,902925		

25	<b>0,5</b>	21,7	0,7595	0,468036	0,212	0,864968
	<b>1</b>	23,95	0,83825	0,936072		
	<b>2,5</b>	30,4	1,064	2,34018		
	<b>5</b>	34,8	1,218	4,68036		
30	<b>0,5</b>	20,95	0,73325	0,493689	0,196	0,816582
	<b>1</b>	22,25	0,77875	0,987378		
	<b>2,5</b>	28,2	0,987	2,468445		
	<b>5</b>	32,2	1,127	4,93689		



**LAMPIRAN D.** Hasil Perhitungan  $n$  dan  $k$ 

	<b>Persamaan Garis</b>	<b>Flow index (<math>n</math>)</b>	<b>Log <math>k</math></b>	<b><math>k</math></b>
14% T20	$y = 0,191x + 0,369$	0,191	0,369	2,338837
14% T25	$y = 0,187x + 0,332$	0,187	0,332	2,14783
14% T30	$y = 0,253x + 0,27$	0,253	0,27	1,862087
12% T20	$y = 0,188x + 0,207$	0,188	0,207	1,610646
12% T25	$y = 0,164x + 0,185$	0,164	0,185	1,531087
12% T30	$y = 0,232x + 0,139$	0,232	0,139	1,377209
10% T20	$y = 0,198x - 0,048$	0,198	-0,048	0,895365
10% T25	$y = 0,212x - 0,063$	0,212	-0,063	0,864968
10% T30	$y = 0,196x - 0,088$	0,196	-0,088	0,816582

**LAMPIRAN E.** Analisis Data RMSE, R<sup>2</sup>, dan P

Konsentrasi %TS	Suhu (°C)	$\tau$ obs	$\tau$ est	RMSE	R <sup>2</sup>	P		
20	14	2.0633	2.0059	0.2121	0.9600	13.5469		
	14	2.3048	2.1188					
	14	2.8140	2.2779					
	14	3.1780	2.4061					
	25	12	1.4385	1.3858	0.0170	0.9785	10.4932	
		12	1.5733	1.4925				
		12	1.9093	1.6462				
		12	2.1998	1.7730				
		30	10	0.7928	0.7785	0.0003	0.9915	6.2121
			10	0.8768	0.8596			
10			1.0658	0.9799				
10			1.2443	1.0820				
30			14	1.9758	2.0911	0.1557	0.9599	13.5522
			14	2.0038	2.1188			
	14		2.5970	2.1560				
	14		2.9383	2.1846				
	30		12	1.4175	1.4547	0.0146	0.9773	9.7880
			12	1.4595	1.4966			
		12	1.7780	1.5539				
		12	2.0335	1.5987				
		30	10	0.7595	0.7828	0.0004	0.9895	7.1721
			10	0.8383	0.8548			
10			1.0640	0.9603				
10			1.2180	1.0487				
30			14	1.5400	1.4626	0.5574	0.8884	17.3793
			14	1.8725	1.9582			
	14		2.4325	2.8800				
	14		2.7248	3.8560				
	30		12	1.1673	1.1135	0.0323	0.9604	12.3113
			12	1.3738	1.4241			
		12	1.7430	1.9716				
		12	1.9723	2.5216				
		30	10	0.7333	0.7069	0.0013	0.9778	11.5659
			10	0.7788	0.8589			
10			0.9870	1.1112				
10			1.1270	1.3501				