

Perjanjian No : III/LPPM/2015-02/14-P

Karakteristik Rheologi Petis Berbasis Kepala dan Kulit Udat



**Disusun Oleh:
Yansen Hartanto S.T.,M.T.**

**Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
Universitas Katolik Parahyangan
2015**

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	1
DAFTAR ISI.....	2
ABSTRAK.....	4
BAB I PENDAHULUAN	5
1.1. Latar Belakang	5
1.2 Identifikasi Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Target Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Rheologi.....	8
2.1.1 Pengantar Rheologi.....	8
2.1.2 Parameter Rheologi.....	8
2.2 Jenis-jenis Fluida	12
2.2.1 <i>Time Dependent</i>	12
2.2.2 <i>Time Independent</i>	13
2.3 Pemodelan Perilaku Rheokinetik	14
2.3.1 Pemodelan Fluida <i>Time Independent</i>	14
2.3.2 Pemodelan Fluida <i>Time Dependent</i>	15
2.4 Tinjauan Komposisi Bahan Baku	16
2.4.1 Komposisi pada Kepala dan Kulit Udang.....	16
2.4.2 Komposisi pada Petis Udang	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.2 Penelitian Pendahuluan.....	18
3.3 Penelitian Utama.....	19
BAB IV JADWAL PELAKSANAAN	22
BAB V HASIL dan PEMBAHASAN	23
5.1 Petis Berbahan Kepala dan Kulit Udang	23
5.2 Pengolahan Petis Sebagai Bahan Dasar Penelitian.....	23
5.3 Analisa Fluida Petis	24
5.4 Analisa nilai K dan n	27
5.4.1 Model <i>Power Law</i>	27
5.4.2 Model <i>Casson</i>	29
5.4.3 Model <i>Herschel Bulkley</i>	30

5.5	Analisa nilai <i>yield stress</i>	31
5.5.1	Model <i>Power Law</i>	31
5.5.2	Model <i>Casson</i>	32
5.5.3	Model <i>Herschel Bulkley</i>	33
5.6	Analisa nilai <i>Ea</i>	34
5.6.1	Model <i>Power Law</i>	34
5.6.2	Model <i>Casson</i>	35
5.6.3	Model <i>Herschel Bulkley</i>	36
5.7	Akurasi Model	36
5.7.1	Model <i>Power Law</i>	36
5.7.2	Model <i>Casson</i>	37
5.7.3	Model <i>Herschel Bulkley</i>	38
BAB VI KESIMPULAN		39
DAFTAR PUSTAKA		40

ABSTRAK

Rheologi adalah ilmu yang mempelajari perubahan bentuk dan aliran dari fluida serta bagaimana respon fluida tersebut terhadap penerimaan tekanan dan tegangan. Di dalam dunia industri, rheologi dimanfaatkan untuk pengembangan suatu produk. Dengan mempelajari sifat rheologi, struktur masing-masing produk dapat diketahui dan hal tersebut dapat digunakan dalam perancangan alat-alat produksi dalam industri petis. Mengingat pentingnya karakteristik rheologi, dilakukanlah penelitian tentang rheologi pada petis, karena untuk memproduksi suatu produk dalam skala industri perlu memperhatikan sifat atau karakteristik dari bahan yang hendak diproduksi tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan jenis fluida petis dan model yang paling tepat untuk mengkarakterisasi fluida petis serta untuk menentukan pengaruh berbagai macam kondisi operasi terhadap parameter rheologi pada model-model yang akan digunakan sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah untuk menambah pengetahuan mengenai rheologi pada petis sehingga dapat meningkatkan hasil produksi dan kualitas petis dalam skala industri.

Penelitian akan menghasilkan data rheologi petis pada berbagai variasi temperatur dan konsentrasi petis yang berupa nilai K (indeks konsistensi) dan n (indeks aliran) serta nilai yield stress dan Ea (sensitivitas viskositas). Variasi temperatur yang digunakan adalah 30°C , 50°C , 70°C sedangkan variasi konsentrasi yang digunakan adalah 60%, 55%, 50% (b/b). Penelitian dibagi menjadi dua tahap, penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan bertujuan untuk menentukan apakah petis termasuk ke dalam fluida *time-independent* atau *time-dependent* dengan melakukan pengukuran viskositas pada petis dengan bervariasi kecepatan putaran dari rendah ke tinggi dan sebaliknya. Apabila petis merupakan fluida *time-independent* maka model yang digunakan yaitu Model *Power Law*, *Casson* dan *Herschel Bulkley* sedangkan apabila petis merupakan fluida *time-dependent* maka model yang digunakan yaitu Model *Tiu-Boger*. Untuk penelitian utama dilakukan pengukuran viskositas petis pada rentang *shear rate* tertentu dengan variasi temperatur dan konsentrasi petis. Penelitian ini menggunakan alat utama yaitu Rheometer DV-III Ultra dengan *spindle* tipe RV-4.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa petis merupakan fluida *time-independent* dan termasuk ke dalam fluida *shear thinning*. Pada setiap model yaitu *Power Law*, *Casson* dan *Herschel Bulkley*, nilai K (indeks konsistensi) akan semakin menurun apabila dikenakan temperatur yang semakin besar dan konsentrasi petis yang semakin kecil sedangkan nilai n (indeks aliran) tidak menunjukkan perubahan yang signifikan terhadap temperatur dan penambahan konsentrasi. Selain itu, nilai *yield stress* dan Ea pada setiap model yang diterapkan, hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin besar temperatur dan semakin kecil konsentrasi petis maka nilai *yield stress* dan Ea akan semakin menurun. Untuk model yang paling akurat dan cocok dalam menganalisa atau mengkarakteristik fluida petis adalah model *Casson* dengan hasil R^2 yang mendekati bahkan mencapai angka 1.

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pangan memiliki peranan yang sangat penting untuk kehidupan sehari-hari. Perancangan alat pada setiap proses seperti pompa dan sistem perpipaan membutuhkan karakteristik rheologi dari fluida yang akan diproses. Hal tersebut perlu diketahui untuk menghindari dampak negatif bagi ekonomi serta proses industri itu sendiri.

Rheologi adalah ilmu yang mempelajari perubahan bentuk dan aliran dari fluida serta bagaimana respon fluida tersebut terhadap penerimaan tekanan dan tegangan. Di dalam dunia industri, rheologi dimanfaatkan untuk pengembangan suatu produk. Dengan mempelajari sifat rheologi, struktur masing-masing produk dapat diketahui dan hal tersebut dapat dikaitkan dengan proses yang menyangkut perpindahan massa, panas dan perpindahan momentum. Pada akhirnya, dengan mengetahui sifat rheologi dari suatu produk, maka akan memungkinkan untuk memproses produk tersebut (Ibarz and Barbosa-Cánovas 2010).

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sangat luas dengan hampir dua per tiga wilayah berupa lautan yang memiliki banyak kekayaan alam. Salah satu kekayaan alam tersebut adalah hasil laut yang diantaranya yaitu berbagai jenis ikan, udang, kerang dan alga yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pangan dan sumber energi (Semadi 2010).

Salah satu bahan pangan yang dapat diproduksi dari hasil laut tersebut yaitu petis. Berikut adalah data produksi perikanan di Indonesia :



Gambar 1.1 Produksi Perikanan Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2014)

Petis merupakan makanan tradisional yang bahan utamanya berasal dari kekayaan laut. Mengingat bahwa Indonesia merupakan negara penghasil laut yang cukup melimpah maka salah satu bahan baku yang digunakan adalah udang tetapi karena harga udang yang tinggi, bahan utama dapat diganti dengan pemanfaatan limbah dari kepala dan kulit udang.

Pembuatan petis secara umum dilakukan dengan mencuci bersih sisa-sisa kepala dan kulit udang lalu merebus semua bahan tersebut. Setelah itu, ke dalam hasil rebusan ditambahkan gula merah lalu dipanaskan hingga mengental dan berbentuk pasta yang berwarna coklat kehitaman.

Oleh karena banyak masyarakat Indonesia yang menyukai petis sebagai bumbu atau alternatif bahan dalam masakan, produksi petis dibuat dalam skala besar yaitu skala industri. Pembuatan petis dalam skala industri membutuhkan pengetahuan, data dan karakteristik rheologi dari petis itu sendiri. Hal tersebut dapat digunakan dalam perancangan alat-alat produksi dalam industri petis. Selain itu, karakteristik rheologi tidak terlepas dari beberapa parameter yang berpengaruh terhadap viskositas fluida diantaranya yaitu temperatur dan konsentrasi. Mengingat pentingnya karakteristik rheologi, dilakukanlah penelitian tentang rheologi pada petis, karena untuk memproduksi suatu produk dalam skala industri perlu memperhatikan sifat atau karakteristik dari bahan yang hendak diproduksi tersebut.

1.2 Identifikasi Masalah

1. Bagaimana pengaruh temperatur terhadap viskositas dan parameter rheologi petis?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi terhadap viskositas dan parameter rheologi petis?
3. Bagaimana pengaruh kecepatan pengadukan terhadap viskositas dan parameter rheologi petis?
4. Apakah petis termasuk jenis fluida *time-dependent* atau *time-independent*?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh temperatur terhadap viskositas dan parameter rheologi petis.
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi terhadap viskositas dan parameter rheologi petis.
3. Mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan terhadap viskositas dan parameter rheologi petis.
4. Menentukan jenis fluida dari petis.

1.4 Target Penelitian

Target penelitian ini yaitu dapat mengetahui jenis fluida dari petis pada berbagai rentang temperatur dan konsentrasi yang kemudian akan ditentukan parameter rheologinya. Parameter rheologi ini berguna di dalam perancangan perpipaian dan juga perancangan pompa. Hasil penelitian ini ditargetkan untuk dipublikasikan dalam sebuah seminar nasional selambat-lambatnya bulan Desember 2015.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rheologi

2.1.1 Pengantar Rheologi

Kata rheologi pertama kali diartikan oleh Eugene C. Bingham sebagai segala sesuatu yang mengalir. Sekarang ini rheologi lebih dikenal sebagai ilmu yang mempelajari perubahan bentuk dan aliran dari fluida serta bagaimana respon fluida tersebut terhadap penerimaan tekanan dan tegangan (Steffe 1996).

Di dalam dunia industri, rheologi dimanfaatkan untuk pengembangan suatu produk. Dengan mempelajari sifat rheologi, struktur dari masing-masing produk dapat diketahui dan hal tersebut dapat dikaitkan dengan proses teknik yang biasanya menyangkut perpindahan massa, panas dan perpindahan momentum. Pada akhirnya, dengan mengetahui sifat rheologi dari suatu produk atau benda, maka akan memungkinkan untuk memproses produk tersebut (Ibarz and Barbosa-Cánovas 2010).

Pada industri pangan, data rheologi dibutuhkan untuk (Steffe 1996) :

- a. menghitung proses engineering (perpipaan, pompa, pencampuran, pertukaran panas, pelapisan)
- b. mengontrol kualitas produk baik final maupun intermediet
- c. mengevaluasi tekstur makanan dengan mengkorelasi sensor data
- d. menetapkan fungsi bahan pada pengembangan produk

2.1.2 Parameter Rheologi

Dalam aplikasinya pengembangan rheologi tidak lepas dari beberapa parameter yaitu :

a) **Viskositas**

Viskositas adalah suatu kuantitas yang menjelaskan kemampuan suatu fluida untuk mengalir (Elert 2005). Viskositas digunakan dalam perhitungan parameter momentum dan energi serta digunakan juga di dalam industri sebagai kontrol kualitas dari beberapa produk. Oleh karena alasan tersebut, rheologi dalam industri dibutuhkan untuk model matematika dengan melakukan percobaan di setiap kasusnya.

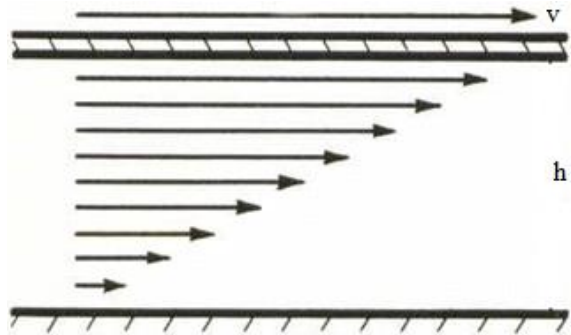
Karakteristik rheologi pada setiap fluida sangat penting kaitannya dengan industri makanan, begitu pula dengan viskositas yang diterapkan sebagai landasan dalam

pembuatan produk makanan seperti saus pasta, minuman bersoda, makanan olahan dari susu maupun telur serta jus buah (Ibarz and Barbosa-Cánovas 2010).

Viskositas dapat dibagi menjadi tiga macam :

a. Viskositas Dinamik atau Viskositas Absolut

Viskositas dinamik terjadi ketika suatu fluida menunjukkan ketahanannya terhadap aliran ketika dikenakan kecepatan yang berbeda. Viskositas dinamik merupakan viskositas yang umumnya dipakai untuk pengukuran. Ilustrasi yang terjadi dapat digambarkan dengan keadaan di mana suatu fluida yang berada di antara dua pelat dikenakan gaya yang menyebabkan bagian paling atas dari fluida tersebut bergerak dan diikuti oleh bagian bawah fluida yang bergerak secara perlahan.



Gambar 2.1 Pergerakan Viskositas Dinamik

Jika gaya yang diberikan di bagian atas pelat cukup besar, maka fluida akan bergerak paralel dari kecepatan tinggi pada bagian atas pelat hingga kecepatan rendah di bagian paling bawah pelat, sehingga setiap lapisan bagian dari fluida akan memberikan gesekan yang lebih besar untuk setiap gaya yang diberikan.

Persamaan viskositas dinamik adalah sebagai berikut :

$$F = \mu A \frac{u}{y} \quad (1)$$

μ : viskositas dinamik (Pa.s)

$$\frac{F}{A} = \frac{\text{Tekanan}}{\text{Luas Area}} = \sigma ; \text{ sehingga}$$

$$\sigma = \mu \frac{\partial u}{\partial y} \quad (2)$$

Di mana:

$$\sigma = \textit{shear stress}$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = \textit{shear rate}$$

b. Viskositas Kinematik

Viskositas kinematik merupakan rasio dari viskositas dinamik dibagi dengan densitas dan dilambangkan dengan ν yang memiliki satuan m^2/s atau Stokes dengan $1 \text{ Stokes} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Viskositas kinematik digunakan untuk mengukur ketahanan dari suatu fluida yang dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Semakin besar viskositas kinematik, semakin mudah suatu fluida mengalir sesuai arah gravitasi.

Persamaan viskositas kinematik adalah sebagai berikut :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (3)$$

Di mana:

μ : viskositas dinamik ($\text{Pa}\cdot\text{s} = \text{kg}/\text{m}\cdot\text{s}$)

ρ : densitas (kg/m^3)

c. Viskositas Nyata (*apparent viscosity*)

Apabila viskositas dipengaruhi oleh *shear rate*, perlu ditegaskan bahwa nilai viskositas yang diperoleh berbeda dari viskositas fluida ideal, nilai yg didapatkan tersebut merupakan viskositas nyata (*apparent viscosity*). Nilai dari viskositas nyata mewakili salah satu faktor yg mempengaruhi viskositas. Jadi, dapat disimpulkan bahwa viskositas nyata adalah viskositas yang dipengaruhi oleh *shear rate*.

b) *Shear Rate*

Shear rate adalah kecepatan deformasi aliran yang terjadi di antara lapisan pelat pada fluida. Untuk fluida Newtonian, *shear rate* sangat cocok untuk pola aliran yang memberikan bentuk geometris, pola aliran tersebut digunakan untuk menghitung nilai maksimum pada saat fluida mengalir di antara lapisan pelat. Untuk fluida non-

Newtonian, hubungan tersebut hanya digunakan untuk pendekatan suatu perhitungan.

Persamaan untuk *shear rate* adalah :

$$\dot{\gamma} = \frac{v}{h} \quad (4)$$

$\dot{\gamma}$ = *shear rate* (s^{-1})

v = kecepatan bergerak pelat (m/s)

h = jarak antara kedua pelat (m)

c) *Shear Stress*

Dalam ilmu fisika, *shear stress* diartikan sebagai perubahan bentuk dari suatu material yang bergantung pada keadaan tekanan. Persamaan untuk *shear stress* adalah :

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (5)$$

σ = *shear stress* (Pa)

F = gaya (N)

A = luas area (m^2)

d) *Yield Stress*

Yield stress adalah nilai *stress* minimum yang diperlukan untuk mengalirkan suatu fluida. Di atas nilai *yield stress* tertentu, nilai *shear stress* dan *shear rate* pada fluida Newtonian akan sebanding. Untuk fluida Newtonian, *shear thinning* dan *shear thickening* tidak memiliki nilai yield stress (Ibarz and Barbosa-Cánovas 2010).

Nilai *yield stress* dipengaruhi oleh konsentrasi dan temperatur, semakin tinggi temperatur maka semakin kecil nilai *yield stress*. Hal ini karena semakin rendahnya viskositas yang menyebabkan fluida akan semakin mudah untuk mengalir. Apabila konsentrasi bertambah besar, nilai *yield stress* akan semakin besar pula karena fluida akan semakin sulit untuk mengalir (Ibarz and Barbosa-Cánovas 2010).

Persamaan *yield stress* terdapat di dalam persamaan viskositas nyata (*apparent viscosity*) yang dituliskan sebagai berikut :

$$\eta = \frac{\sigma - \sigma_0}{\dot{\gamma}} \quad (6)$$

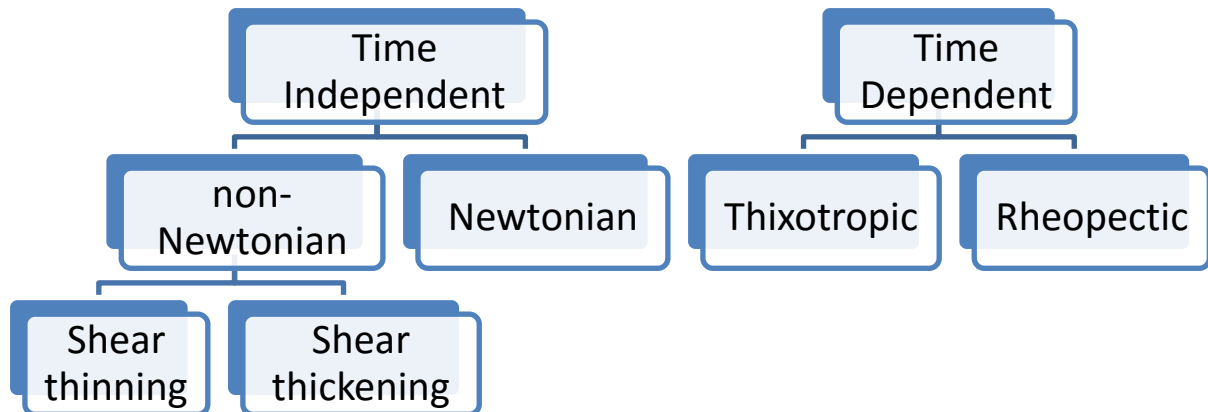
σ_0 = yield stress (Pa)

η = *apparent viscosity* (Pa.s = 1000 cP)

$\dot{\gamma}$ = shear rate (s^{-1})

2.2 Jenis - jenis Fluida

Fluida dapat dibagi menjadi dua kategori sesuai ketergantungan waktu terhadap kecepatan putaran yaitu :

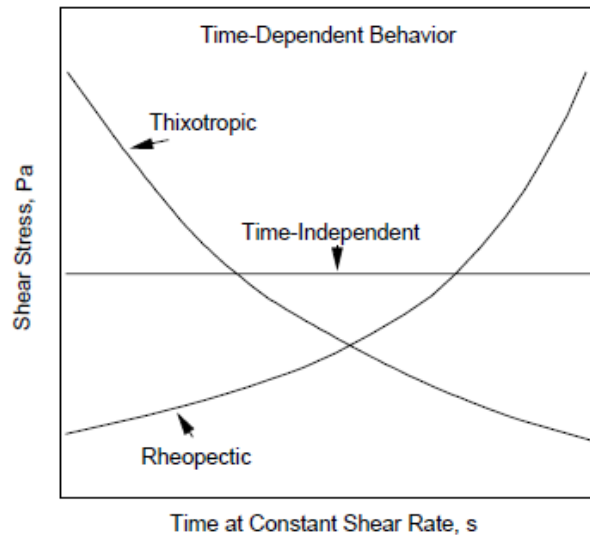


Gambar 2.2 Jenis - jenis Fluida

2.2.1 *Time Dependent*

- a. Fluida *time thinning* atau dikenal dengan fluida *thixotropic* merupakan fluida yang viskositasnya menurun terhadap waktu saat dikenakan kecepatan putaran yang konstan, contoh dari fluida *thixotropic* : yoghurt dan krim. Kekentalan dari yoghurt dan krim akan semakin encer apabila dilakukan pengadukan yang konstan secara terus menerus.

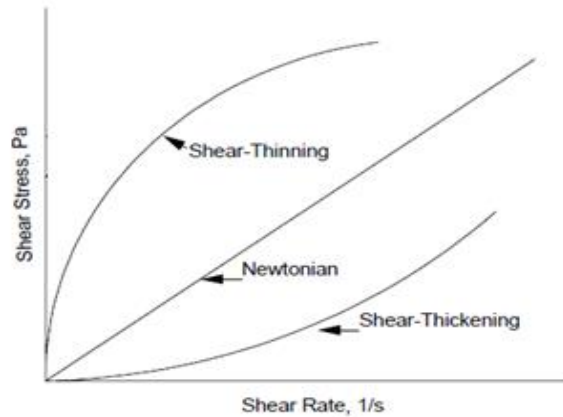
- b. Fluida *time thickening* atau dikenal dengan fluida *rheopectic* merupakan fluida yang viskositasnya akan meningkat terhadap waktu saat dikenakan kecepatan putaran yang konstan, contoh dari fluida *rheopectic* : selai pasta dengan konsentrat tinggi. Viskositas selai pasta akan meningkat apabila dilakukan pengadukan konstan secara terus menerus (Mardianti).



Gambar 2.3 Fluida Time Dependent

2.2.2 Time Independent

- a. Fluida Newtonian adalah fluida yang mengikuti hukum Newton di mana viskositasnya konstan saat *shear rate* mengalami perubahan. Fluida Newtonian memiliki hubungan garis lurus diantara *shear stress* dan *shear rate* dengan intersep 0. Contoh dari fluida Newtonian adalah air, air tidak akan mengental ataupun menjadi lebih encer apabila dikenakan kecepatan putaran atau pengadukan yang besar (Steffe 1996).
- b. Fluida non-Newtonian adalah fluida yang tidak menunjukkan sifat fluida Newtonian. Fluida yang termasuk non-Newtonia yaitu fluida shear thinning dan shear thickening.
 - i. *Shear thickening* adalah fluida yang viskositasnya semakin tinggi apabila dikenakan *shear rate* yang semakin besar. Contoh dari fluida *shear thickening* adalah pasir basah, pasir basah akan semakin keras atau akan membentuk endapan saat dilakukan pengadukan yang cukup besar.
 - ii. *Shear thinning* adalah fluida yang viskositasnya semakin rendah apabila dikenakan *shear rate* yang semakin besar. Contoh dari fluida *shear thinning* adalah cat, shampo, kecap. Bahan-bahan tersebut akan semakin encer apabila dikenakan kecepatan putaran besar yang dalam hal ini merupakan pengadukan.



Gambar 2.4 Fluida *Time Independent* (Steffe 1996)

2.3 Pemodelan Perilaku Rheokinetik

2.3.1 Pemodelan Fluida *Time-Independent* (Rao 2014)

a) Model *Power Law*

$$\sigma = K (\dot{\gamma})^n \quad (7)$$

Model *Power Law* menjelaskan hubungan dari *shear thinning* dan *shear thickening* dengan informasi data K dan n. Karena hanya memuat data K dan n, maka model *Power Law* digunakan untuk karakteristik makanan yang berbahan dasar cair. K dan n pada rumus *Power Law* merupakan indeks konsistensi dan indeks aliran yang didapatkan melalui percobaan grafik dengan memplot $\log \sigma$ vs $\log \dot{\gamma}$. Hasil nilai K merupakan intersep dan nilai n merupakan slop dari grafik tersebut. Untuk kasus fluida Newtonian di mana $n = 1$, nilai K akan setara dengan viskositas dari cairan tersebut. Fluida dengan $n > 1$ termasuk ke dalam fluida *shear thickening* sedangkan fluida dengan $n < 1$ termasuk ke dalam fluida *shear thinning*.

Model *Power Law* banyak digunakan karena model tersebut dapat dipakai untuk batasan *shear rate* di antara $10^1 - 10^4 \text{ s}^{-1}$, batas tersebut dapat digunakan oleh berbagai macam viskometer. Salah satu kekurangan dari model *Power Law* yaitu tidak dapat menjelaskan batasan *shear rate* yang rendah dan tinggi dari data fluida *shear thinning*.

b) Model *Herschel-Bulkley*

$$\sigma - \sigma_{OH} = K_H (\dot{\gamma})^{n_H} \quad (8)$$

Nilai *yield stress* pada fluida yang dapat ditentukan termasuk ke dalam model *Power Law* dan dapat juga dikelompokkan ke dalam model *Herschel–Bulkley*. Nilai σ pada model *Herschel–Bulkley* merupakan *shear stress* (Pa), $\dot{\gamma}$ adalah *shear rate* (s^{-1}), nH = indeks aliran, KH = indeks konsistensi dan σ_H adalah *yield stress*. Nilai *yield stress* pada industri makanan memegang peran yang penting karena suatu fluida dapat berubah bentuk dengan cepat pada nilai *shear stress* yang lebih rendah daripada nilai *yield stress*.

c) Model Quemada

$$\frac{\eta}{\eta_{\infty}} = \frac{1}{\{1 - [1 - (\frac{\eta_{\infty}}{\eta_0})^{0.5}] \lambda\}^2} \quad (9)$$

di mana

$$\lambda = \frac{1}{[1 + (t_c \dot{\gamma})^{0.5}]} \quad (10)$$

λ merupakan parameter struktural, η_0 = *zero-shear*, η_{∞} = *infinite-shear* dan t_c adalah waktu konstan. Model Quemada dapat digunakan untuk menguji fluida yang mempunyai sifat diantara *shear thinning* dan *shear thickening* dengan nilai *yield stress*.

2.3.2 Pemodelan Fluida Time Dependent (Rao 2014)

a) Model Weltman

$$\sigma = A - B \log t \quad (11)$$

Model Weltman telah digunakan untuk menganalisa sifat fluida *thixotropic* dan fluida *antithixotropic* di mana A adalah nilai dari tegangan pada $t = 1$ sekon dan B merupakan suatu konstanta. Pada fluida *thixotropic*, B bernilai negatif dan pada fluida *antithixotropic*, B bernilai positif.

b) Model Tiu-Boger

$$\sigma = \lambda [\sigma_{OH} + K_H (\dot{\gamma})^{nH}] \quad (12)$$

Tiu-Boger merupakan suatu model pengembangan dari model *Herschel-Bulkley* untuk mempelajari sifat fluida *thixotropic* yang menunjukkan hubungan dengan nilai *yield*

stress. Nilai λ (parameter struktural dari *time dependent*) mengikuti hukum orde dua di mana :

$$\frac{\partial \lambda}{\partial t} = -k_1(\lambda - \lambda_e)^2 \quad (13)$$

Konstanta k_1 merupakan fungsi dari *shear rate* yang diperoleh melalui suatu perobaan. Estimasi k_1 dan λ membutuhkan nilai dari viskositas nyata (η_a) yang dinyatakan dalam :

$$\lambda = \frac{\eta_a \dot{\gamma}}{\sigma_{OH} + K_H (\dot{\gamma})^{nH}} \quad (14)$$

2.4 Tinjauan Komposisi Bahan Baku

2.4.1 Komposisi pada Kepala dan Kulit Udang

Udang merupakan salah satu produk perikanan yang istimewa karena memiliki aroma yang khas dan nilai gizi yang cukup tinggi. Kepala udang merupakan bagian terbesar dari seluruh bobot udang yang dapat mencapai 36 - 49%, bagian daging dapat mencapai 24 - 41% dan bagian kulit serta ekor yang dapat mencapai 17 - 23%. Proses pengolahan udang dapat menghasilkan limbah padat, antara lain kepala, kulit udang, kaki dan ekor (Nurkhalish).

Di Indonesia, limbah padat tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran ransum ternak, pupuk, bahan campuran dalam pembuatan terasi, petis dan kerupuk udang. Dibandingkan dengan kepala udang, kulit udang merupakan sumber yang potensial sebagai bahan baku pembuatan kitin. Kitin adalah senyawa pembentuk kitosan, senyawa kitosan memiliki manfaat di bidang industri pangan diantaranya sebagai pengawet bahan makanan yang tidak berbahaya (non toksik). Berikut adalah komposisi yang terdapat di dalam kepala dan kulit udang :

Tabel 2.1 Komposisi pada Kepala dan Kulit Udang (Juhairi 1982 ; 1986)

Unsur	Kepala udang (%)	Kulit udang (%)
Air	78,51	-
Protein	12,28	34,9
Lemak	1,27	19,4
Kalsium	-	26,7
Kitin	-	18,1

2.4.2 Komposisi pada Petis Udang

Petis adalah komponen dalam masakan Indonesia yang dibuat dari produk sampingan pengolahan hasil laut seperti pindang, kupang atau udang. Petis berbentuk saus kental berwarna coklat kehitaman dan memiliki rasa manis. Di Jawa Timur, petis biasanya dipakai untuk campuran makanan tradisional sebagai penyedap atau bumbu. Berikut adalah tabel komposisi pada petis udang :

Tabel 2.2 Komposisi Petis Udang (Suprapti 2011)

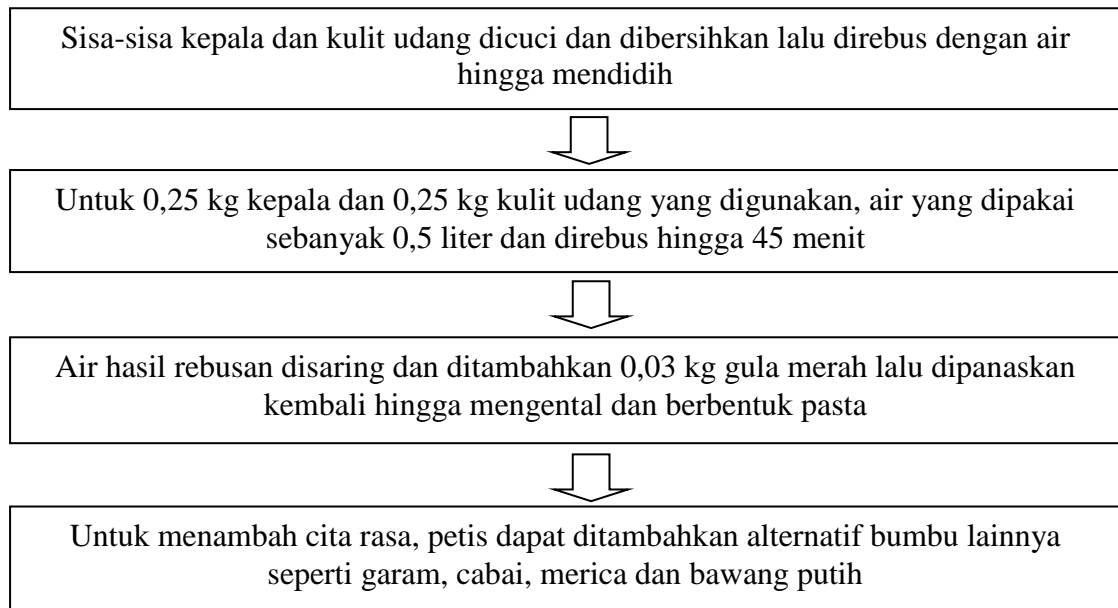
Unsur gizi	Petis udang
Energi (gr)	220
Air (gr)	39
Protein (gr)	15
Lemak (gr)	0,1
Karbohidrat (gr)	40
Kalsium (mg)	37
Fosfor (mg)	36
Besi (mg)	2,8

BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Penelitian Pendahuluan

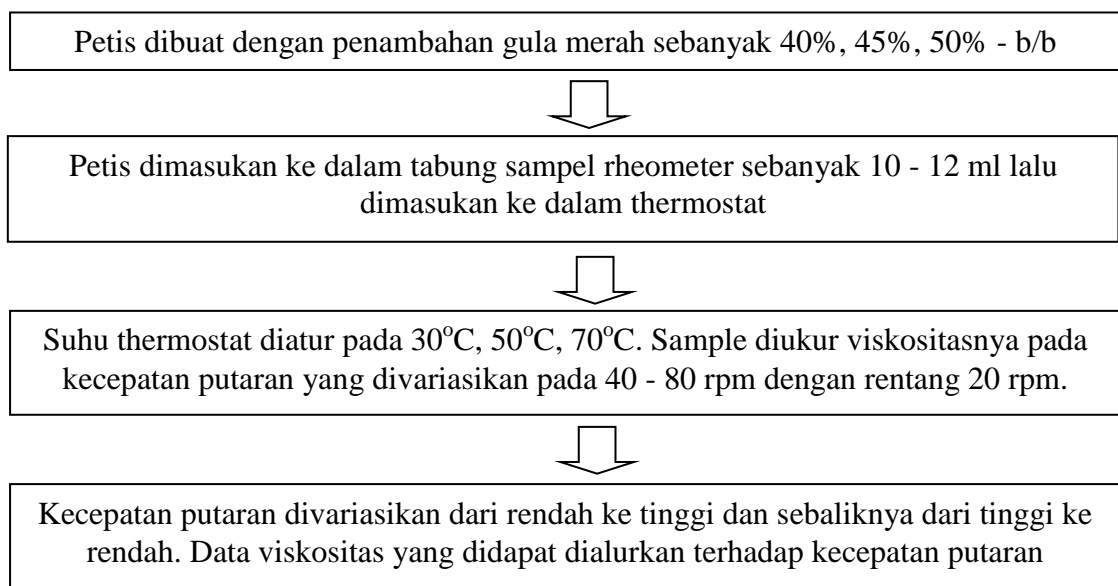
Penelitian pendahuluan terdiri dari pembuatan petis dan penentuan fluida *time-dependent* atau *time-independent*.

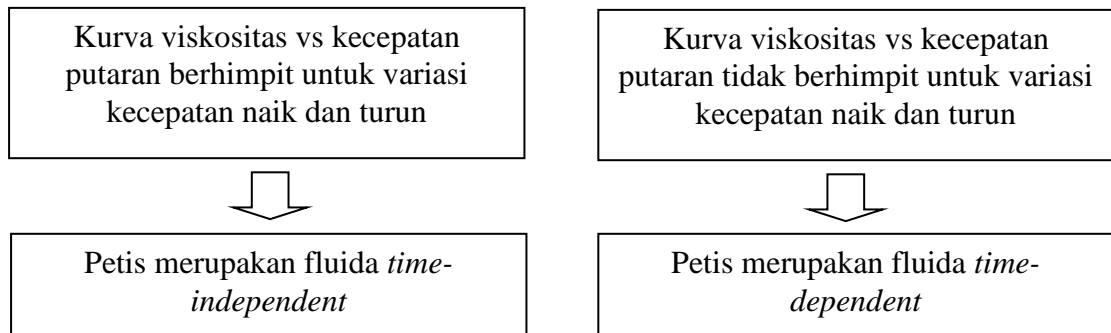
a. Pembuatan petis



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan petis

b. Penentuan fluida *time-dependent* atau *time-independent*



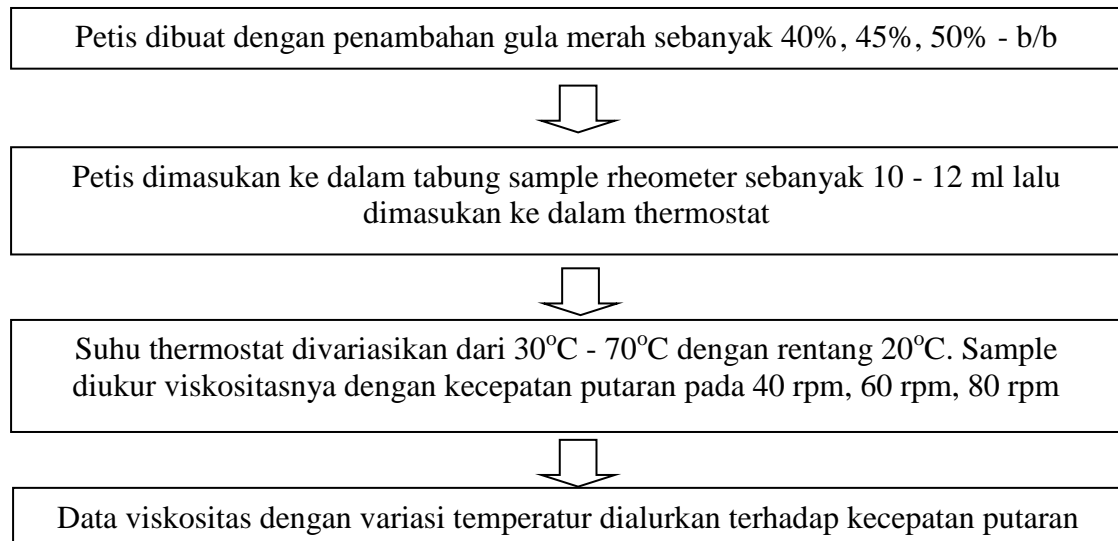


Gambar 3.2 Diagram alir penentuan fluida *time-dependent* atau *time-independent*

3.2 Penelitian Utama

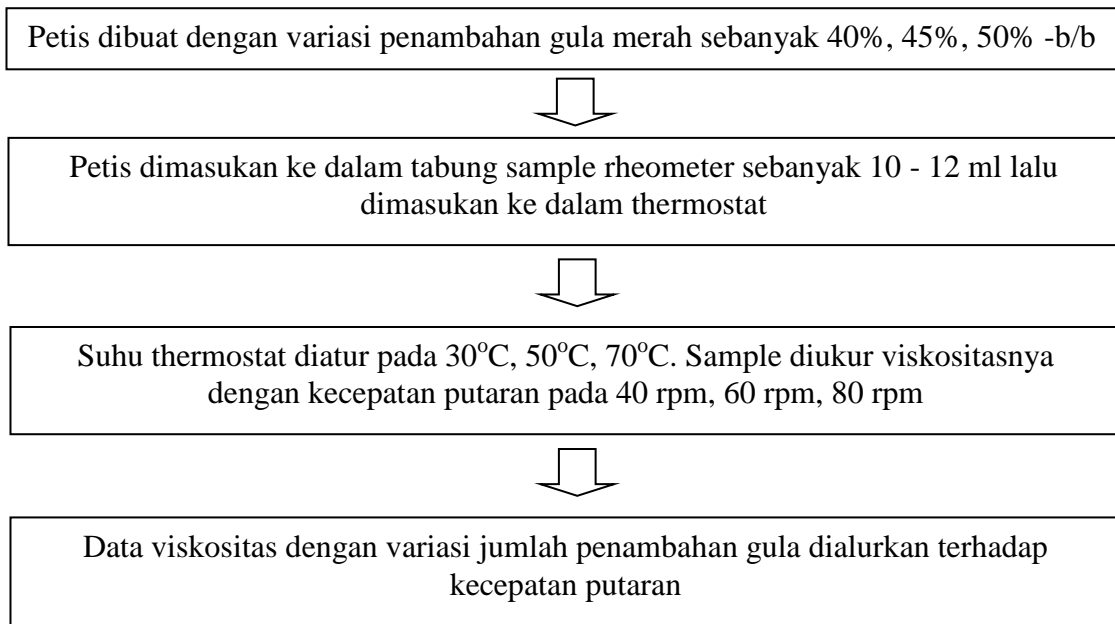
Penelitian utama bertujuan untuk mendapatkan data viskositas sampel petis pada rentang *shear rate* dan waktu tertentu dengan variasi temperatur dan penambahan gula. Alat yang digunakan pada penelitian utama maupun pendahuluan adalah Rheometer DV-III Ultra. Penelitian utama terdiri dari pengaruh temperatur, jumlah penambahan gula dan *shear rate* terhadap *time dependency* serta analisis nilai K dan n apabila petis termasuk fluida *time-dependent* ataupun *time-independent*.

a. Pengaruh temperatur terhadap *time dependency*



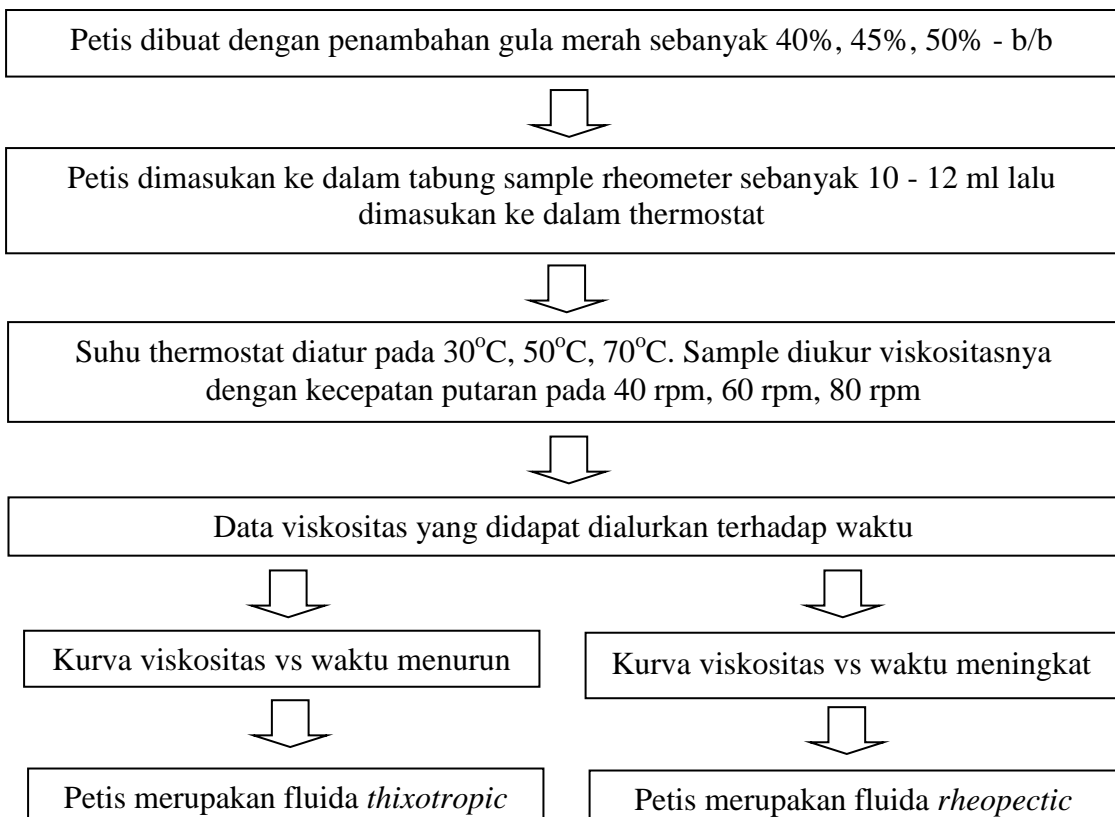
Gambar 3.3 Diagram alir pengaruh temperatur terhadap *time dependency*

b. Pengaruh jumlah penambahan gula terhadap *time dependency*



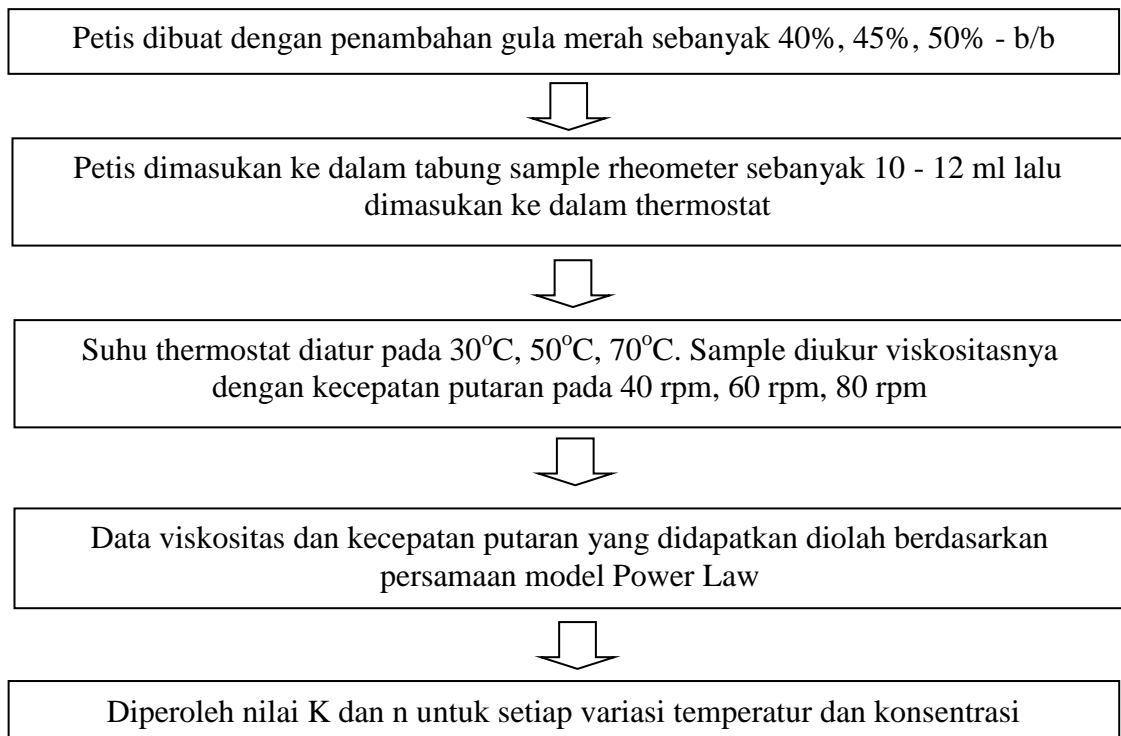
Gambar 3.4 Diagram alir pengaruh jumlah penambahan gula terhadap *time dependency*

c. Pengaruh *shear rate* terhadap *time dependency*



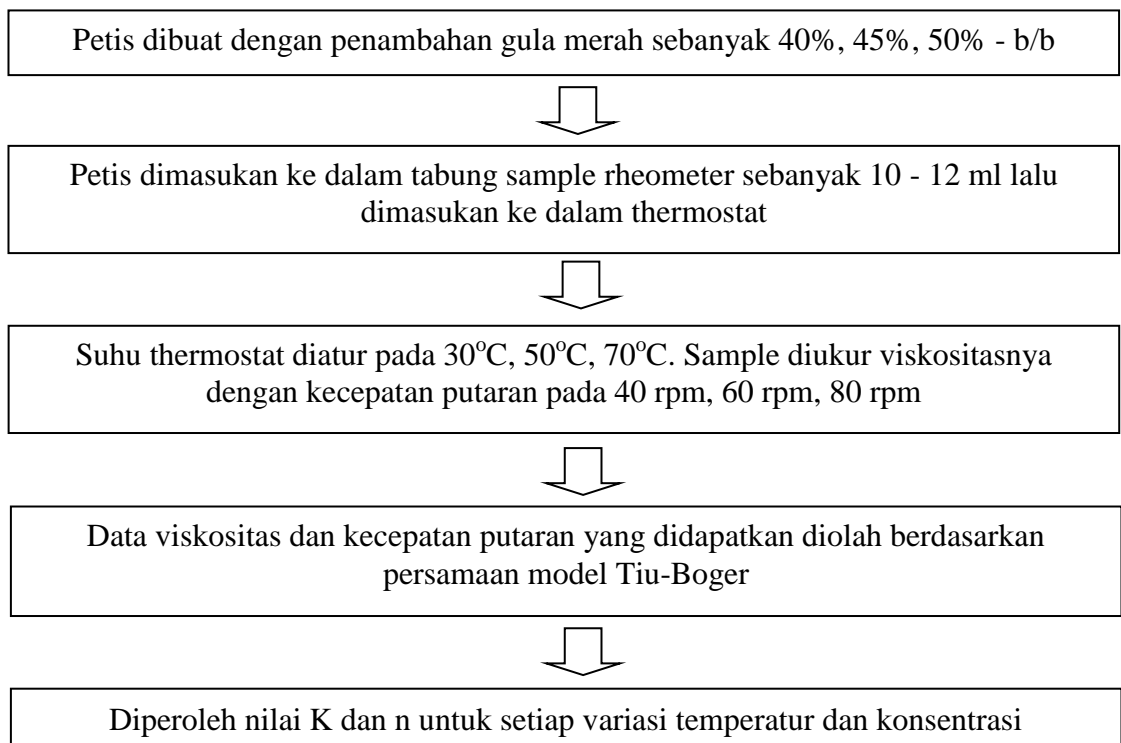
Gambar 3.5 Diagram alir penentuan fluida *thixotropic* atau *rheopectic*

d. Analisis nilai K dan n apabila petis merupakan fluida *time-independent*



Gambar 3.6 Diagram alir penentuan model rheokinetik fluida *time-independent*

e. Analisis nilai K dan n apabila petis merupakan fluida *time-dependent*



Gambar 3.7 Diagram alir penentuan model rheokinetik fluida *time-dependent*

BAB IV JADWAL PELAKSANAAN

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Polimer dan Membran pada bulan Februari - Agustus 2015 bertempat di Universitas Katolik Parahyangan, Bandung, Jawa Barat. Jadwal kerja untuk penelitian ini disajikan dalam gambar berikut ini :

Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Persiapan alat dan bahan																												
Penelitian pendahuluan																												
Penelitian utama																												
Analisis hasil penelitian																												
Penyelesaian laporan																												

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan baku penelitian ini adalah petis komersial siap pakai yang dicampurkan dengan air sesuai dengan variasi konsentrasi petis yang telah ditentukan. Analisa yang akan dilakukan yaitu penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Penelitian pendahuluan bertujuan untuk menentukan fluida petis apakah termasuk ke dalam fluida *time dependent* atau *time independent* selanjutnya penelitian utama bertujuan untuk mencari nilai K (indeks konsistensi) dan n (indeks aliran) serta nilai *yield stress* dan Ea (sensitivitas viskositas terhadap temperatur) pada fluida petis yaitu menggunakan model yang sesuai dengan jenis fluida yang telah ditentukan di penelitian pendahuluan.

5.1 Petis Berbahan Baku Udang

Petis yang digunakan untuk penelitian ini adalah petis udang yang diproduksi di Surabaya dan dapat ditemukan di supermarket besar di Kota Bandung. Tujuan menggunakan petis yang sudah jadi yaitu untuk meminimalkan kesalahan dalam pembuatan petis itu sendiri karena apabila petis dibuat dan diolah sendiri, kemungkinan tidak seragamnya bahan baku yang digunakan lebih besar. Adapun kandungan nutrisi yang terdapat di dalam petis yang digunakan pada penelitian ini yaitu sodium 200 mg, kolestrol 95 mg, gula 8 gram, protein 5 gram, karbohidrat 12 gram dan kalsium sebanyak 18%.



Gambar 5.1 Petis Udang

5.2 Pengolahan Petis Sebagai Bahan Dasar Penelitian

Petis yang sudah jadi dimasukkan ke dalam gelas kimia 600 ml masing-masing sebanyak 260,5 gram dan ditambahkan air sesuai variasi konsentrasi petis yang

berbeda-beda. Setelah petis dicampurkan dengan air sesuai variasi, petis diaduk hingga homogen.

Tabel 5.1 Variasi konsentrasi petis

Variasi konsentrasi petis	Banyak air yang ditambahkan
60 %	111,5 gram
55 %	145,3 gram
50 %	185,9 gram



Gambar 5.2 Pengolahan Petis Sebagai Bahan Penelitian

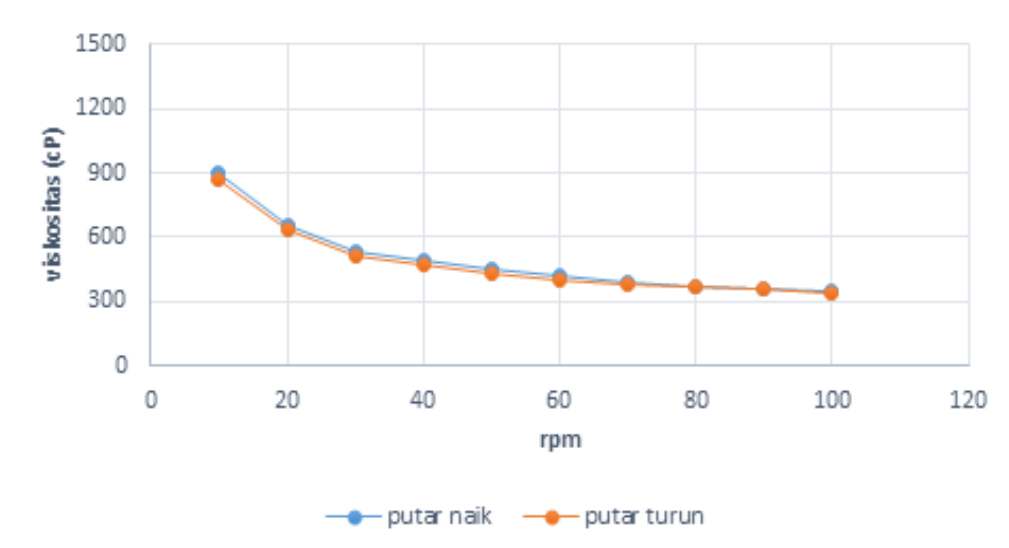
5.3 Analisa Fluida Petis

Analisa dilakukan dengan variasi konsentrasi petis dan variasi temperatur yang berbeda-beda. Variasi temperatur yaitu 30°C, 50°C, 70°C dilakukan terhadap fluida petis untuk masing-masing konsentrasi sedangkan untuk pengontrolan temperatur dilakukan dengan menggunakan *thermocouple* yang diletakan di dalam gelas kimia. Penerapan variasi temperatur dilakukan dengan menggunakan *hot plate* yang dilengkapi dengan wadah logam berisi air, tujuan penggunaan wadah logam berisi air adalah agar fluida petis di dalam gelas kimia tidak gosong hanya di bagian bawah saja dan temperatur dapat merata di seluruh bagian fluida petis. Temperatur pada *hot plate* diset hingga temperatur fluida di dalam gelas kimia sesuai dengan variasi temperatur yang telah ditentukan.



Gambar 5.3 Rangkaian alat utama

Setelah melakukan percobaan dengan menguji fluida petis dari kecepatan tinggi ke rendah dan sebaliknya menggunakan *spindle* RV 4, didapatkan bahwa fluida petis untuk semua variasi konsentrasi petis dan variasi temperatur adalah fluida *time independent*. Fluida *time independent* adalah fluida yang viskositasnya tidak bergantung terhadap waktu, dengan kata lain viskositasnya akan tetap sama seiring berjalannya waktu. Oleh karena itu, model yang digunakan di dalam penelitian ini akan menggunakan model untuk fluida *time independent* yaitu *Power Law*, *Casson* dan *Herschel Bulkley*.



Gambar 5.4 Grafik fluida *time independent*

Gambar 5.4 adalah salah satu contoh data yang menghasilkan grafik dengan fluida *time independent*. Dapat dilihat bahwa grafik yang dihasilkan menunjukkan

data-data dengan jarak yang rapat saat dikenakan kecepatan tinggi ke rendah dan sebaliknya. Kecenderungan data viskositas fluida petis akan menurun pada kecepatan putaran yang semakin besar dan sebaliknya, viskositas fluida petis akan meningkat pada kecepatan putaran yang semakin kecil. Hal tersebut dikarenakan semakin besar kecepatan putaran yang dikenakan, akan membuat molekul pada fluida tersebut semakin signifikan untuk saling bertumbukan satu dengan yang lainnya. Oleh karena itu, viskositas fluida petis akan semakin menurun saat dikenakan kecepatan putaran yang semakin besar. Hal yang serupa telah dibuktikan melalui penelitian oleh (Keshani, Chuah et al. 2012) pada viskositas *pomelo juice* yang menurun seiring bertambah besarnya kecepatan putaran.

Tabel 5.2 Hasil Analisa Fluida Petis

Petis 60%	
Temperatur 30°C	Time Independent
Temperatur 50°C	Time Independent
Temperatur 70°C	Time Independent
Petis 55%	
Temperatur 30°C	Time Independent
Temperatur 50°C	Time Independent
Temperatur 70°C	Time Independent
Petis 50%	
Temperatur 30°C	Time Independent
Temperatur 50°C	Time Independent
Temperatur 70°C	Time Independent

Selain itu, kecenderungan data viskositas pada fluida petis menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur yang dikenakan pada fluida petis, maka viskositasnya akan semakin menurun. Begitu pula sebaliknya saat temperatur semakin rendah, maka viskositas fluida petis akan semakin meningkat. Hasil tersebut telah sesuai dengan persamaan Arrhenius di mana temperatur berbanding terbalik dengan viskositas, berikut adalah persamaan Arrhenius :

$$\mu = A.\exp\left(\frac{Ea}{R.T}\right) \quad (1)$$

Penelitian lain yang memberikan hasil yang serupa adalah penelitian pada *tamarind juice concentrate* (Ahmed et al. 2007) dan penelitian pada *pomelo juice*

(Keshani, Chuah et al. 2012). Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur maka viskositas semakin menurun. Untuk pengaruh konsentrasi petis, data viskositas menunjukkan semakin kecil konsentrasi petis maka viskositas fluida petis semakin menurun. Hal ini dapat disebabkan semakin tersebarnya molekul-molekul yang mempengaruhi fluida itu sendiri seperti salah satu contohnya yaitu gula yang terdapat di dalam petis sehingga daya ikat antar molekul gula semakin lemah dan hal tersebut menyebabkan viskositas fluida tersebut menurun (Haminiuk et al. 2006). Penelitian lain yang menunjukkan kecenderungan yang sama adalah penelitian yang dilakukan oleh (Bayindirli 1993 and Ibarz et al. 1994) pada jus jeruk dan jus anggur.

5.4 Analisa nilai K dan n

5.4.1 Model *Power Law*

Hasil analisis model *Power Law* disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 5.3 Hasil nilai K dan n Model *Power Law*

Petis 60%	n	K (Pa.s)
Temperatur 30°C	0,6025	0,2471
Temperatur 50°C	0,5890	0,0924
Temperatur 70°C	0,5647	0,0131
Petis 55%	n	K (Pa.s)
Temperatur 30°C	0,5982	0,0338
Temperatur 50°C	0,6398	0,0243
Temperatur 70°C	0,6088	0,0113
Petis 50%	n	K (Pa.s)
Temperatur 30°C	0,5154	0,0008
Temperatur 50°C	0,5545	0,0005
Temperatur 70°C	0,5643	0,0004

Menurut hasil data pada model *Power Law* di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar temperatur dan semakin kecil konsentrasi petis maka nilai K akan semakin menurun. Hal ini ditunjukkan karena nilai K berbanding lurus dengan nilai *shear stress* di dalam *shear rate* tertentu (Rao 2014). *Shear stress* sendiri memiliki pengertian sebagai perubahan bentuk suatu material yang bergantung pada keadaan tekanan, oleh karena itu tekanan yang berbeda yang ditimbulkan dari *shear rate* yang berbeda-beda pula menyebabkan perubahan bentuk dari fluida petis semakin signifikan. Sedangkan untuk nilai n pada model *Power Law* di atas, dapat dilihat bahwa tidak adanya perubahan yang signifikan dari nilai n itu sendiri terhadap perubahan temperatur maupun variasi konsentrasi petis. Kecenderungan data dari nilai n yang tidak dipengaruhi oleh temperatur dapat dikarenakan nilai n yang bukan merupakan fungsi dari temperatur dan konsentrasi. Hasil penelitian yang serupa di mana nilai n tidak dipengaruhi oleh temperatur dan konsentrasi adalah penelitian pada jus manga (Dak et al. 2007) dan jus nanas (Dak et al. 2008).

Nilai n pada model *Power Law* menunjukkan hasil yang berada dalam rentang antara 0,5 hingga 0,6 sehingga dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa fluida petis merupakan fluida *shear thinning* karena nilai n yang dihasilkan menunjukkan nilai $n < 1$ (Steffe 1996). Fluida *shear thinning* adalah fluida yang viskositasnya semakin rendah apabila dikenakan *shear rate* yang semakin besar. Hal serupa ditemukan pada penelitian *pomelo juice* di mana nilai K pada model *Power Law* memiliki kecenderungan data yang sama yaitu semakin besar temperatur dan semakin kecil konsentrasi petis maka nilai K akan semakin menurun sedangkan untuk nilai n berada dalam rentang 0,65 hingga 0,89 sehingga *pomelo juice* pun termasuk ke dalam fluida *shear thinning* (Keshani, Chuah et al. 2012). Perbedaan nilai K dan n yang dihasilkan dari penelitian fluida petis dengan penelitian *pomelo juice* dapat dikarenakan perbedaan komposisi fluida di mana fluida petis lebih banyak mengandung molekul-molekul lain seperti adanya gula, garam, dll sehingga mempengaruhi kekentalan fluida petis itu sendiri.

5.4.2 Model Casson

Hasil analisis model Casson disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 5.4 Hasil nilai K dan n Model Casson

Petis 60%	n	K (Pa.s)
Temperatur 30°C	0,2059	0,5366
Temperatur 50°C	0,1890	0,4552
Temperatur 70°C	0,1888	0,3488
Petis 55%	n	K (Pa.s)
Temperatur 30°C	0,2861	0,3993
Temperatur 50°C	0,2289	0,3681
Temperatur 70°C	0,2532	0,3128
Petis 50%	n	K (Pa.s)
Temperatur 30°C	0,3004	0,2624
Temperatur 50°C	0,2436	0,2221
Temperatur 70°C	0,2009	0,2195

Pada model Casson, data yang dihasilkan memiliki kecenderungan yang sama dengan model Power Law yaitu semakin besar temperatur dan semakin kecil konsentrasi petis maka nilai K akan semakin menurun. Serupa dengan model Power Law, hal tersebut disebabkan nilai K yang sebanding dengan nilai *shear stress* di dalam *shear rate* tertentu (Rao 2014) sehingga perubahan bentuk fluida petis semakin signifikan pada tekanan yang berbeda yang ditimbulkan dari *shear rate* yang berbeda-beda.

Untuk nilai n yang didapatkan pada model ini berada di dalam rentang 0,18 hingga 0,28 yang menunjukkan bahwa pada model Casson, fluida petis pun termasuk ke dalam fluida *shear thinning*. Di samping itu, penelitian *pomelo juice* pada model Casson yang di lakukan oleh (Keshani, Chuah et al. 2012) tidak mencari nilai n tetapi nilai K yang dihasilkan memiliki kecenderungan sama dengan model Casson pada fluida petis. Perbedaan nilai K yang dihasilkan dari penelitian fluida petis dengan penelitian *pomelo juice* pada model Casson dapat dikarenakan perbedaan komposisi

fluida di mana komposisi fluida petis lebih banyak mengandung molekul-molekul lain seperti adanya gula, garam, dll sehingga mempengaruhi kekentalan fluida petis itu sendiri.

5.4.3 Model *Herschel Bulkley*

Hasil analisis model *Herschel Bulkley* disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 5.5 Hasil nilai K dan n Model *Herschel Bulkley*

Petis 60%	n	K (Pa.s)
Temperatur 30°C	0,7052	1,2513
Temperatur 50°C	0,6524	1,2347
Temperatur 70°C	0,5578	0,9956
Petis 55%	n	K (Pa.s)
Temperatur 30°C	0,7066	0,6941
Temperatur 50°C	0,6783	0,6138
Temperatur 70°C	0,6332	0,5944
Petis 50%	n	K (Pa.s)
Temperatur 30°C	0,5902	0,5717
Temperatur 50°C	0,4777	0,5205
Temperatur 70°C	0,5116	0,4990

Untuk model *Herschel Bulkley*, nilai K yang dihasilkan memiliki nilai yang semakin menurun seiring bertambah besarnya temperatur dan semakin kecilnya konsentrasi petis. Hal tersebut serupa dengan penelitian pada model *Power Law* dan *Casson* di mana kecenderungan data disebabkan nilai K yang sebanding dengan nilai *shear stress* pada *shear rate* tertentu (Rao 2014) yang menyebabkan perubahan bentuk pada fluida petis semakin signifikan dikarenakan tekanan yang ditimbulkan oleh *shear rate* yang berbeda-beda sehingga menyebabkan nilai K semakin menurun.

Hasil serupa dibuktikan pada penelitian *pomelo juice* yang menghasilkan nilai K yang semakin menurun pula saat dikenakan temperatur yang semakin besar dan konsentrasi yang semakin kecil. Sedangkan untuk nilai n fluida petis pada model

Herschel Bulkley ini berada di antara rentang 0,47 hingga 0,7 yang menandakan bahwa fluida petis termasuk ke dalam fluida *shear thinning*. Tidak ada perubahan secara signifikan untuk nilai n terhadap perubahan temperatur dan konsentrasi (Ahmed et al. 2007). Untuk nilai n pada *pomelo juice* dengan model *Herschel Bulkley* dihasilkan nilai n yang berada di dalam rentang 0,66 hingga 0,9 sehingga termasuk ke dalam fluida *shear thinning* karena nilai $n < 1$. Perbedaan nilai K dan n yang dihasilkan dari penelitian fluida petis dengan penelitian *pomelo juice* pada model *Herschel Bulkley* ini dapat dikarenakan perbedaan komposisi fluida. Fluida petis lebih banyak mengandung molekul-molekul lain seperti adanya gula, garam, dll sehingga hal tersebut mempengaruhi komposisi fluida petis itu sendiri yang ditandai dengan lebih kentalnya fluida petis.

5.5 Analisa nilai *yield stress*

5.5.1 Model *Power Law*

Tabel 5.6 Hasil nilai *yield stress* model *Power Law*

Petis 60%	σ_o (Pa)
Temperatur 30°C	3,9865
Temperatur 50°C	3,4309
Temperatur 70°C	2,4863

Petis 55%	σ_o (Pa)
Temperatur 30°C	2,2769
Temperatur 50°C	1,8796
Temperatur 70°C	1,4504

Petis 50%	σ_o (Pa)
Temperatur 30°C	2,1808
Temperatur 50°C	1,4282
Temperatur 70°C	1,1848

Dari hasil data *yield stress* yang diperoleh, dapat dilihat bahwa seiring meningkatnya temperatur, nilai *yield stress* pada model *Power Law* semakin menurun. Di samping itu, untuk konsentrasi petis paling besar, nilai *yield stress* menunjukkan nilai yang semakin meningkat. *Yield stress* adalah nilai *stress* minimum yang diperlukan untuk mengalirkan suatu fluida (Ibarz and Barbosa-Cánovas 2010). Nilai *yield stress* yang semakin menurun menunjukkan bahwa nilai *stress* minimum yang diperlukan fluida untuk mengalir semakin kecil.

Dari pengertian tersebut, hasil percobaan telah menunjukkan kesesuaian yaitu dengan meningkatnya temperatur maka pergerakan molekul semakin cepat dan kemungkinan molekul untuk bertumbukan pun semakin besar sehingga viskositas fluida petis semakin encer dan nilai *stress* minimum yang diperlukan untuk mengalirkan fluida semakin kecil. Selain itu, konsentrasi petis yang paling besar menyebabkan viskositas fluida petis lebih kental dan nilai *stress* minimum yang diperlukan untuk mengalirkan fluida semakin besar (Keshani, Chuah et al. 2012).

5.5.2 Model Casson

Tabel 5.7 Hasil nilai *yield stress* model Casson

Petis 60%	σ_o (Pa)
Temperatur 30°C	4,4114
Temperatur 50°C	4,2090
Temperatur 70°C	3,1194

Petis 55%	σ_o (Pa)
Temperatur 30°C	1,8214
Temperatur 50°C	1,4060
Temperatur 70°C	1,3703

Petis 50%	σ_o (Pa)
Temperatur 30°C	1,7710
Temperatur 50°C	1,3864
Temperatur 70°C	1,3596

Hasil data *yield stress* pada model *Casson*, dapat dilihat bahwa seiring meningkatnya temperatur, nilai *yield stress* semakin menurun dan untuk konsentrasi petis paling besar, nilai *yield stress* menunjukkan nilai yang paling besar pula, hal tersebut dikarenakan *yield stress* adalah nilai minimum yang diperlukan suatu fluida untuk mengalir maka kecenderungan data yang didapatkan telah sesuai dengan pengertian tersebut di mana viskositas fluida petis semakin menurun karena bertambah besarnya temperatur sehingga pergerakan molekul pada fluida petis semakin cepat dan kemungkinan untuk saling bertumbukan semakin besar. Hal tersebut yang menyebabkan nilai *yield stress* semakin menurun karena fluida petis semakin encer sehingga nilai minimum yang diperlukan untuk mengalirkan suatu fluida semakin kecil. Kecenderungan data *yield stress* model *Casson* ini memiliki kecenderungan yang serupa dengan penelitian pada *pomelo juice* yang dilakukan oleh (Keshani, Chuah et al. 2012) di mana hasil data *yield stress* menunjukkan nilai yang semakin menurun seiring bertambah besarnya temperatur dan mengecilnya konsentrasi.

5.5.3 Model *Herschel Bulkley*

Tabel 5.8 Hasil nilai *yield stress* model *Herschel Bulkley*

Petis 60%	σ_o (Pa)
Temperatur 30°C	1,0953
Temperatur 50°C	0,1421
Temperatur 70°C	0,1321

Petis 55%	σ_o (Pa)
Temperatur 30°C	0,6509
Temperatur 50°C	0,1562
Temperatur 70°C	0,1423

Petis 50%	σ_0 (Pa)
Temperatur 30°C	0,1532
Temperatur 50°C	0,1223
Temperatur 70°C	0,1113

Untuk hasil data *yield stress* pada model *Herschel Bulkley*, hasil yang didapatkan memiliki kecenderungan yang sama dengan nilai *yield stress* pada model *Power Law* dan *Casson* yaitu seiring meningkatnya temperatur dan mengecilnya konsentrasi petis, nilai *yield stress* semakin menurun. Serupa dengan yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa semakin besar temperatur maka pergerakan molekul pada fluida petis semakin cepat sehingga kemungkinan antar molekul untuk saling bertumbukan semakin besar dan hal tersebut lah yang menyebabkan nilai *yield stress* semakin menurun karena viskositas fluida petis yang semakin encer.

Penelitian lain yang menunjukkan hasil yang sama adalah penelitian pada model *Herschel Bulkley* oleh (Marcottea, Hoshahilia et al. 2001) yang melakukan pengujian terhadap nilai *yield stress xanthan gum*. Hasil yang diperoleh yaitu nilai *yield stress* semakin menurun seiring mengecilnya konsentrasi *xanthan gum* dan seiring bertambah besarnya temperatur.

5.6 Analisa nilai *Ea*

5.6.1 Model *Power Law*

Tabel 4.9 Hasil nilai *Ea* model *Power Law*

Petis 60%	<i>Ea</i> (J/mol)
	62858,8
Petis 55%	<i>Ea</i> (J/mol)
	23314,1
Petis 50%	<i>Ea</i> (J/mol)
	12471

Hubungan antara viskositas dan temperatur dinyatakan dengan persamaan Arrhenius yang memuat nilai E_a di dalamnya. Nilai E_a sendiri menunjukkan sensitivitas viskositas fluida terhadap temperatur, besarnya nilai E_a menyebabkan perubahan viskositas terhadap temperatur yang semakin signifikan (Juszczak and Fortuna 2004).

Berdasarkan hasil dari model *Power Law*, nilai E_a menunjukkan nilai yang semakin menurun seiring mengecilnya konsentrasi petis. Semakin banyak air yang ditambahkan ke dalam petis menyebabkan sensitivitas viskositas fluida petis terhadap temperatur semakin menurun dikarenakan semakin enceranya fluida sehingga viskositasnya pun semakin kecil dan nilai E_a yang dihasilkan akan semakin menurun. Hal serupa ditemukan pada penelitian jus ceri oleh (Juszczak and Fortuna 2004) yang menghasilkan nilai E_a yang semakin menurun seiring mengecilnya konsentrasi jus ceri itu sendiri.

5.6.2 Model Casson

Tabel 5.10 Hasil nilai E_a model Casson

Petis 60%	E_a (J/mol)
	9.249,3
Petis 55%	E_a (J/mol)
	5.230,1
Petis 50%	E_a (J/mol)
	3.915,4

Pada model Casson, nilai E_a memiliki kecenderungan yang sama dengan nilai E_a pada model *Power Law* yaitu nilai E_a menunjukkan nilai yang semakin menurun seiring mengecilnya konsentrasi petis. Semakin enceranya fluida petis akibat penambahan air yang dilakukan pada variasi konsentrasi petis menyebabkan daya ikat molekul-molekul lain seperti gula semakin lama semakin berkurang sehingga sensitivitas viskositas fluida petis terhadap temperatur menurun (Nindo et al. 2007). Semakin besar nilai E_a pada suatu fluida, menandakan bahwa semakin sensitif fluida tersebut terhadap perubahan temperatur (Haminiuk et al. 2006).

5.6.3 Model *Herschel Bulkley*

Tabel 5.11 Hasil nilai E_a model *Herschel Bulkley*

Petis 60%	E_a (J/mol)
	4.841,9
Petis 55%	E_a (J/mol)
	3.385,8
Petis 50%	E_a (J/mol)
	2.956,3

Dari hasil nilai E_a pada model *Herschel Bulkley*, dapat dilihat bahwa nilai E_a yang dihasilkan memiliki kecenderungan yang sama dengan nilai E_a pada model *Power Law* dan *Casson* yaitu nilai E_a menunjukkan nilai yang semakin menurun seiring mengecilnya konsentrasi petis. Kecenderungan nilai E_a yang didapatkan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya dikarenakan semakin banyak air yang ditambahkan ke dalam fluida petis menyebabkan fluida petis semakin encer sehingga sensitivitas viskositas fluida terhadap temperatur semakin berkurang (Nindo et al. 2007).

5.7 Akurasi Model

5.7.1 *Power Law*

Tabel 5.12 Hasil nilai R^2 model *Power Law*

Komposisi	Temperatur	R^2
60%	30°C	0,9978
	50°C	0,9996
	70°C	0,9971

55%	30°C	0,9967
	50°C	0,993
	70°C	0,9722
50%	30°C	0,9762
	50°C	0,9344
	70°C	0,984

Hasil yang didapatkan pada model *Power Law* di atas dapat dikatakan memiliki keakuratan yang tinggi karena nilai *R square* yang dihasilkan lebih besar dari 0,9. Umumnya suatu model dapat dikatakan memiliki keakuratan yang tinggi apabila nilai *R square* > 0,9. Dengan kata lain model *Power Law* cocok digunakan untuk menganalisa atau mengkarakteristik fluida petis.

5.7.2 Casson

Tabel 5.13 Hasil nilai R^2 model *Casson*

Komposisi	Temperatur	R^2
60%	30°C	1,0000
	50°C	1,0000
	70°C	0,9999
55%	30°C	1,0000
	50°C	0,9999
	70°C	0,9987
50%	30°C	0,9996
	50°C	0,9978
	70°C	0,9991

Dari hasil *R square* yang dihasilkan pada model *Casson*, dapat dilihat bahwa model *Casson* lebih akurat bila dibandingkan dengan model *Power Law*. Hal tersebut ditandai dengan nilai *R square* yang mendekati, bahkan mencapai angka 1. Selain itu, *fitting* parameter pada model *Casson* lebih banyak daripada model *Power Law*, *fitting* parameter yang dimaksudkan yaitu nilai *Koc* dan *Kc* yang ikut diperhitungkan. Oleh karena itu, model *Casson* lebih akurat bila dibandingkan dengan model *Power Law*. Disamping kelebihan model *Casson* yang memiliki *fitting* parameter yang lebih banyak, adapun kekurangan model ini yaitu lebih rumitnya menentukan nilai *K* dan *n* apabila dibandingkan dengan model *Power Law*.

5.7.3 Herschel Bulkeley

Tabel 5.14 Hasil nilai R^2 model *Herschel Bulkeley*

Komposisi	Temperatur	R^2
60%	30°C	0.9999
	50°C	0.9981
	70°C	0.9993
55%	30°C	0.9997
	50°C	0.9995
	70°C	0.9942
50%	30°C	0.9934
	50°C	0.9852
	70°C	0.9903

Untuk model *Herschel Bulkeley*, dapat dilihat bahwa nilai R square yang didapatkan lebih besar dari 0,9 dan lebih besar dari nilai R square pada model *Power Law*. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa model *Herschel Bulkeley* lebih cocok digunakan untuk mengkararakteristik fluida petis daripada model *Power Law* karena selain nilai R square yang lebih besar, *fitting* parameter pada model *Herschel Bulkeley* lebih banyak daripada model *Power Law* yaitu terdapat nilai K_H dan σ_{oH} yang ikut diperhitungkan. *Fitting* parameter tersebut ikut mempengaruhi nilai R square pada model *Herschel Bulkeley* sehingga lebih besar bila dibandingkan dengan model *Power Law*. Selain kelebihan model *Herschel Bulkeley* yang memiliki *fitting* parameter yang lebih banyak, adapun kekurangan dari model ini yaitu lebih rumit dalam menentukan nilai K dan n bila dibandingkan dengan model *Power Law*.

Dari seluruh hasil nilai R square pada ketiga model yang telah didapatkan, model yang memberikan hasil paling akurat dan cocok untuk mengkararakteristik fluida petis adalah model *Casson*. Hal tersebut dikarenakan data yang diperoleh pada model *Casson* memberikan nilai R^2 paling mendekati, bahkan mencapai angka 1.

BAB VI KESIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini yaitu:

1. Petis merupakan fluida *time-independent*
2. Petis termasuk ke dalam fluida *shear thinning*
3. Nilai n tidak dipengaruhi oleh temperatur dan konsentrasi
4. Untuk setiap model, semakin besar temperatur dan semakin kecil konsentrasi, nilai K fluida petis semakin menurun
5. Untuk setiap model, semakin besar temperatur dan semakin kecil konsentrasi, nilai *yield stress* semakin menurun
6. Untuk setiap model, semakin besar temperatur dan semakin kecil konsentrasi, nilai Ea fluida petis semakin menurun
7. Model yang paling akurat untuk mengkarakterisasi atau menganalisa fluida petis adalah model *Casson*

DAFTAR PUSTAKA

1. Abu-Jdayil, B. (2003). "Modelling the time-dependent rheological behavior of semisolid foodstuffs." Journal of Food Engineering 57(1): 97-102.
2. Dak, Manish, Radha Charan Verma, and Manoj Kumar Jain. "Mathematical models for prediction of rheological parameters of pineapple juice." *International Journal of Food Engineering* 4.3 (2008).
3. Elert, G. (2005). "Viscosity." The Physics Hypertextbook. Retrieved 18 September, 2014, from <http://physics.info/viscosity/>.
4. Ibarz, A. and G. V. Barbosa-Cánovas (2010). Unit operations in food engineering, Crc Press.
5. Juhairi, C. e. a. (1982 ; 1986). "Komposisi pada Kepala dan Kulit Udang." Retrieved 20 November, 2014, from <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/29148/4/Chapter%20II.pdf>.
6. Juszczak, L. and T. Fortuna (2004). "Effect of temperature and soluble solids content on the viscosity of cherry juice concentrate." International Agrophysics 18(1): 17-22.
7. Keshani, S., et al. (2012). "Effect of temperature and concentration on rheological properties pomelo juice concentrates." International Food Research Journal 19(2): 553-562.
8. Mardianti, W. Retrieved 5 September, 2014, from <http://www.scribd.com/doc/77333200/Viskositas-Adalah-Gesekan-Internal-Fluida>.
9. Nindo, C., et al. (2005). "Viscosity of blueberry and raspberry juices for processing applications." Journal of Food Engineering 69(3): 343-350.
10. Nurkhalish, S. "Komposisi Udang." Retrieved 20 November, 2014, from http://www.academia.edu/5065722/BAB_II.
11. Rao, M. A. (2014). Flow and functional models for rheological properties of fluid foods. Rheology of Fluid, Semisolid, and Solid Foods, Springer: 27-61.
12. Steffe, J. F. (1996). Rheological methods in food process engineering, Freeman press.
13. Wira, H. (2010). "analisis instrumental menggunakan viscometer, rheometer, refraktometer serta tegangan permukaan." Retrieved 24 September, 2014, from <http://www.scribd.com/doc/93979481/analisis-instrumental-menggunakan-viscometer-rheometer-refraktometer-serta-tegangan-permukaan>.