

**STUDI TENTANG PENGARUH PENAMBAHAN AVISEL  
TERHADAP KESTABILAN SUSPENSI ANTASIDA  
YANG MENGANDUNG BAHAN PENSUSPENSI  
NATRIUM KARBOKSIMETILSELULOSA**



JUNITA EUNIKE LEBANG ✓

86 03 091



PERPUSTAKAAN PUSAT UNIV. HASANUDDIN	
Tgl. terima	16-02-93
Asal dari	-
banyaknya	2 Lembar
Harga	Hadiah
No. Inventaris	93 20 08 0879
No. Klas	

JURUSAN FARMASI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1992

2x

# SKRIPSI

JUNITA FUNIKE LEBANG

86 03 091



JURUSAN FARMASI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
1992

**STUDI TENTANG PENGARUH PENAMBAHAN AVISEL  
TERHADAP KESTABILAN SUSPENSI ANTASIDA  
YANG MENGANDUNG BAHAN PENSUSPENSI  
NATRIUM KARBOKSIMETILSELULOSA**

*Skripsi*

*Untuk melengkapi tugas-tugas dan  
memenuhi syarat-syarat untuk  
mencapai gelar sarjana*

**JUNITA EUNIKE LEBANG**

**86 03 091**

**JURUSAN FARMASI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
1992**

STUDI TENTANG PENGARUH PENAMBAHAN AVISEL  
TERHADAP KESTABILAN SUSPENSI ANTASIDA  
YANG MENGANDUNG BAHAN PENSUSPENSI  
NATRIUM KARBOKSIMETILSELULOSA

Disetujui oleh :

*pembimbing utama*



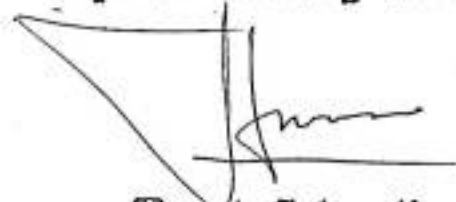
(Drs. Iskandar Sudirman)

*pembimbing pertama*



(Dra. Ny. Aldar HESSANG)

*pembimbing kedua*



(Drs. A. Suhardjono)

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Pengasih, oleh karena berkat dan kasih setiaNya lah sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa segala daya upaya yang telah penulis lakukan untuk menyelesaikan skripsi ini, belum dapat mencapai kesempurnaan karena keterbatasan dan kekurangan-kekurangan yang ada pada penulis. Tetapi berkat bantuan dari berbagai pihak, sehingga skripsi ini dapat penulis selesaikan.

Untuk itu, dengan ungkapan hati yang paling dalam, penulis menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada Bapak Drs. Iskandar Sudirman selaku pembimbing utama, Ibu Dra. Aidar Ressayang selaku pembimbing pertama dan Bapak Drs. A. Suhardjono selaku pembimbing kedua, yang telah meluangkan waktunya selama ini untuk memberi petunjuk, menyumbangkan pikiran dan tenaga dalam membimbing penulis selama melakukan penelitian hingga selesainya skripsi ini.

Pada kesempatan ini pula tak lupa penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin
2. Bapak DR. Muchsin Darise, MSc, selaku Ketua Jurusan Farmasi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dan selaku Penasehat Akademik penulis

3. Bapak/Ibu Pimpinan Laboratorium di lingkungan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam khususnya di Jurusan Farmasi.
4. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam serta rekan-rekan mahasiswa khususnya kepada rekan-rekan Angkatan '86 Farmasi

atas segala bantuan, fasilitas, partisipasi dan bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.

Rasa terima kasih dan hormat yang paling dalam penulis tujukan kepada Ayahanda J. Lebang dan Ibunda A. Palamba yang telah banyak berkorban dan bersusah payah mendidik, mengasuh penulis dengan penuh kasih sayang sejak dari kecil hingga penulis dapat menyelesaikan studi sampai pada tingkat Perguruan Tinggi.

Kepada kakak-kakakku terkasih Ery, Ones dan Annie beserta keluarga, penulis juga mengucapkan terima kasih atas segala dorongan, bantuan serta doa restu yang telah diberikan selama ini.

Kepada keluarga Bapak Prof. Dr. J. Salusu, MA dan seluruh keluarga dimana saja berada, yang telah banyak memberikan bantuan baik moril maupun material selama penulis dalam bangku kuliah, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya.

Penulis tidak dapat membalas segala budi baik dari semua pihak, hanya penulis dapat berdoa semoga Tuhanlah yang dapat membalas semuanya itu.

Akhirnya, penulis mengharapkan semoga skripsi yang sederhana ini dapat bermanfaat untuk pengembangan bidang farmasi.

Ujung Pandang, Pebruari 1992

P e n u l i s

## A B S T R A K

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan bahan tiksotropik avisel ("Avicel") pada kestabilan suspensi antasida yang mengandung pensuspensi natrium karboksimetilselulosa (natrium CMC). Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi avisel yang menghasilkan suspensi antasida paling stabil.

Pada penelitian ini dibuat 3 suspensi antasida yaitu kombinasi aluminium hidroksida dan magnesium hidroksida yang dibuat dengan pensuspensi natrium CMC yang konsentrasinya tetap yaitu 0,8% dan avisel yang konsentrasinya divariasikan masing-masing 1,1, 2,1, dan 3,1%. Sebagai pembandingan dibuat suspensi tanpa avisel.

Evaluasi kestabilan suspensi dilakukan dengan mengukur volume sedimentasi sebelum dan sesudah tiap siklus kondisi dipaksakan, yaitu penyimpanan pada siklus suhu 5° dan 35°C bergantian masing-masing selama 12 jam, yang dilakukan selama 10 siklus. Kemudahan terdispersi maupun parameter reologi yaitu tingkat tiksotropik, luas daerah histeresis dan nilai 'yield', dievaluasi sebelum dan sesudah siklus ke-10.

Hasil analisis statistik dengan menggunakan rancangan faktorial terhadap data volume sedimentasi, kemudahan terdispersi, tingkat tiksotropik, luas daerah histeresis dan nilai 'yield', memperlihatkan adanya pengaruh sangat nyata penambahan avisel terhadap kestabilan suspensi.



Analisis selanjutnya dengan uji Duncan untuk volume sedimentasi, kemudahan terdispersi dan tingkat tiksotropik memperlihatkan bahwa suspensi yang mengandung bahan pensuspensi natrium CMC 0,8% dan avisel 2,1%, merupakan suspensi paling stabil.

## A B S T R A C T

The influence of Avicel as a thixotropic agent on the stability of antacid suspensions which were suspended by sodium carboxymethylcellulose has been investigated. The aim of this investigation was to determine the concentration of Avicel which produced the most stable antacid suspension.

Three suspensions which contained aluminium hydroxide and magnesium hydroxide as antacid were prepared using 0.8% sodium carboxymethylcellulose and Avicel with various concentrations 1.1 , 2.1 and 3.1% respectively. A suspension without Avicel was prepared as a blank.

The stability of the suspensions were evaluated by measuring the sedimentation volume before and every cycle of stress condition, that was conducted between 5<sup>0</sup> and 35<sup>0</sup>C alternately every 12 hours for 10 cycles. The ease of redispersion, thixotropic index, hysteresis area and yield value were evaluated before and after tenth cycle.

The results of these investigations were analysed statistical using factorial design, showed a significantly effect of the addition of Avicel on the suspensions stability.

Duncan test on sedimentation volume, ease of redispersion and thixotropic index showed that the addition of Avicel in concentration of 2.1% produced the most stable antacid suspensions which were suspended with 0.8% sodium carboxymethylcellulose.

## DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
ABSTRAK .....	viii
ABSTRACT .....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
BAB II POLA PENELITIAN .....	4
BAB III TINJAUAN PUSTAKA .....	6
III.1 Uraian Umum Suspensi .....	6
III.1.1 Bahan Pensuspensi .....	6
III.1.2 Bahan Pembasah .....	7
III.2 Aliran Pseudoplastik .....	8
III.3 Tikotropik .....	10
III.4 Evaluasi Kestabilan Suspensi .....	12
III.4.1 Volume Sedimentasi .....	12
III.4.2 Kemudahan Terdispersi Kem- bali .....	13
III.4.2 Metode Reologi .....	13
III.5 Uraian Bahan .....	15
III.5.1 Aluminium Hidroksida .....	15
III.5.2 Magnesium Hidroksida .....	15

	III.5.3 Natrium CMC .....	15
	III.5.4 Mikrokrystal Selulosa ....	16
	III.5.5 Sorbitol .....	17
	III.5.6 Metil Paraben .....	18
	III.5.7 Minyak Permen .....	18
BAB IV	PELAKSANAAN PENELITIAN .....	19
	IV.1 Alat-alat yang Digunakan .....	19
	IV.2 Bahan-bahan yang Digunakan .....	19
	IV.3 Rancangan Formula .....	20
	IV.4 Pembuatan Suspensi .....	20
	IV.5 Evaluasi Kestabilan Suspensi .....	21
	IV.5.1 Volume Sedimentasi .....	21
	IV.5.2 Kemudahan Terdispersi Kembali .....	21
	IV.5.3 Penentuan Tingkat Tikсотropik, Luas Daerah Histeresis dan Nilai 'Yield' .....	22
BAB V	HASIL PENELITIAN .....	23
BAB VI	PEMBAHASAN HASIL .....	26
BAB VII	KESIMPULAN DAN SARAN .....	31
	VII.1 Kesimpulan .....	31
	VII.2 Saran .....	31
	DAFTAR PUSTAKA .....	32
	LAMPIRAN	

## DAFTAR TABEL

TABEL		Halaman
I	Rancangan Formula Suspensi Antasida.....	34
II	Hasil Perhitungan Volume Sedimentasi (F) Suspensi Sebelum Kondisi Dipaksakan.....	35
III	Hasil Perhitungan Volume Sedimentasi (F) Suspensi Sesudah Kondisi Dipaksakan.....	37
IV	Hasil Pengamatan Kemudahan Terdispersi Sebelum dan Sesudah Kondisi Dipaksakan...	39
V	Data Perhitungan Perputaran 'Bob' (rpm) Pada Pemberian Beban Untuk Suspensi I Se- belum dan Sesudah Kondisi Dipaksakan....	40
VI	Data Perhitungan Perputaran 'Bob' (rpm) Pada Pemberian Beban Untuk Suspensi II Sebelum dan Sesudah Kondisi Dipaksakan...	41
VII	Data Perhitungan Perputaran 'Bob' (rpm) Pada Pemberian Beban Untuk Suspensi III Sebelum dan Sesudah Kondisi Dipaksakan...	42
VIII	Data Perhitungan Perputaran 'Bob' (rpm) Pada Pemberian Beban Untuk Suspensi IV Sebelum dan Sesudah Kondisi Dipaksakan...	43
IX	Hasil Perhitungan Tingkat Tikotropik (M) Suspensi Sebelum dan Sesudah Kondisi Di- paksakan.....	44

X	Data Perhitungan Luas Daerah Histeresis Pada Beban Maksimum I Sebelum dan Sesudah Kondisi Dipaksakan.....	45
XI	Data Perhitungan Luas Daerah Histeresis Pada Beban Maksimum II Sebelum dan Sesudah Kondisi Dipaksakan.....	46
XII	Data Nilai 'Yield' Suspensi Sebelum dan Sesudah Kondisi Dipaksakan.....	47

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman	
A	Analisis Statistik Data Volume Sedimentasi (F) Menggunakan Percobaan Faktorial 4 * 2 Replikasi 3 x .....	48
B	Analisis Statistik Data Kemudahan Terdispersi Kembali Menggunakan Percobaan Faktorial 4 * 2 Replikasi 3 x .....	53
C	Analisis Statistik Tingkat Tikotropik (M) Menggunakan Percobaan Faktorial 4 * 2 Replikasi 3 x .....	58
D	Analisis Statistik Luas Daerah Histeresis Untuk Maksimum I Menggunakan Percobaan Faktorial 4 * 2 Replikasi 3 x .....	62
E	Analisis Statistik Luas Daerah Histeresis Untuk Maksimum II Menggunakan Percobaan Faktorial 4 * 2 Replikasi 3 x .....	67
F	Analisis Statistik Nilai 'Yield' Menggunakan Percobaan Faktorial 4 * 2 Replikasi 3 x .....	72
G	Perhitungan Konstanta Alat .....	77
H	Contoh Perhitungan Kekentalan dan Tingkat Tikotropik .....	78
I	Contoh Perhitungan Luas Daerah Histeresis .....	79

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR		Halaman
1	Kurva hubungan volume sedimentasi dengan siklus penyimpanan pada kondisi dipaksakan .....	81
2	Kurva alir suspensi II pada beban maksimum I sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan .....	82
3	Kurva alir suspensi II pada beban maksimum II sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan .....	83
4	Kurva alir suspensi III pada beban maksimum I sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan .....	84
5	Kurva alir suspensi III pada beban maksimum II sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan .....	85
6	Kurva alir suspensi IV pada beban maksimum I sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan .....	86
7	Kurva alir suspensi IV pada beban maksimum II sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan .....	87



## B A B I

### PENDAHULUAN



Antasida adalah obat yang dapat bereaksi dengan asam klorida dari lambung untuk menurunkan keasaman lambung (1). Pilihan pertama untuk obat yang berkhasiat antasida adalah senyawa magnesium dan aluminium karena sifat netralisasinya yang baik (2). Senyawa aluminium yang berefek konstipasi biasanya dikombinasi dengan senyawa magnesium yang berefek pencahar (1).

Antasida merupakan obat yang tersedia sebagai suspensi dan tablet (3). Antasida dalam bentuk suspensi merupakan sediaan yang efisien, karena umumnya lebih cepat bekerja dalam saluran cerna dibandingkan bentuk tablet dan sangat membantu penderita terutama anak-anak yang mengalami kesulitan menelan tablet (3, 4).

Tiksotropik adalah sifat yang diinginkan dalam sediaan farmasi cair yang idealnya mempunyai kekentalan yang tinggi di dalam wadah, namun jika dituang akan mudah mengalir. Suspensi tiksotropik yang diformulasikan dengan baik, padatnya tidak akan segera mengendap di dalam wadahnya, akan menjadi cair jika dikocok dan hal ini berlangsung cukup lama sehingga memungkinkan untuk pemberian takaran yang seragam. Dalam hal kestabilan suspensi, maka ada hubungan antara derajat tiksotropik dengan kecepatan pengendapan yaitu semakin besar tingkat tiksotropik, semakin kecil kecepatan pengendapan (5).

Selulosa mikrokristal dengan nama dagang "Avisel" (avisel) merupakan pensuspensi yang pada konsentrasi di atas 1 % membentuk gel tiksotropik (3). Pensuspensi yang tiksotropik bila digabungkan dengan pensuspensi pseudoplastis, misalnya natrium karboksimetilselulosa (natrium CMC) akan menghasilkan medium pensuspensi yang sangat baik karena memberikan karakteristik tiksotropik dan pseudoplastis. Rantai polimer natrium CMC akan bertindak sebagai koloid pelindung dan teradsorpsi pada partikel-partikel avisel sehingga menghasilkan struktur seperti jaring (5).

Permasalahan yang timbul adalah pada konsentrasi berapa avisel dapat menghasilkan suspensi antasida yang paling stabil.

Berdasarkan hal tersebut, maka telah dibuat suspensi yang mengandung kombinasi antasida yaitu aluminium hidroksida dan magnesium hidroksida disuspensikan dengan natrium CMC yang konsentrasinya dibuat tetap dan avisel yang konsentrasinya divariasikan. Suspensi yang paling stabil ditetapkan dengan mengukur volume sedimentasi, kemudahan terdispersi, tingkat tiksotropik, luas daerah histeresis dan nilai 'yield' sediaan, sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan pada siklus suhu 5° dan 35°C bergantian masing-masing 12 jam selama 10 siklus.

Maksud penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan pensuspensi avisel yang divariasikan konsentrasinya terhadap kestabilan suspensi antasida

yang disuspensikan dengan natrium CMC, dengan hipotesis ada pengaruh nyata dalam peningkatan kestabilan suspensi. Penelitian ini bertujuan menentukan konsentrasi avisel yang menghasilkan suspensi antasida paling stabil.

## BAB II

### POLA PENELITIAN

#### II.1. Rancangan Formula

Formula suspensi dirancang mengandung aluminium hidroksida, magnesium hidroksida, avisel yang konsentrasinya divariasikan yaitu 1,1 , 2,1, 3,1%, natrium CMC yang konsentrasinya tetap yaitu 0,8%, sorbitol, metil paraben, minyak permen dan air suling.

#### II.2. Pembuatan Suspensi

Suspensi dibuat dengan metode dispersi.

#### II.3. Evaluasi Kestabilan Suspensi

Evaluasi kestabilan suspensi dilakukan dengan mengukur volume sedimentasi sebelum dan sesudah tiap siklus kondisi dipaksakan, yaitu penyimpanan pada siklus suhu 5<sup>o</sup> dan 35<sup>o</sup>C secara bergantian masing-masing selama 12 jam, yang dilakukan selama 10 siklus. Sedangkan kemudahan terdispersi, tingkat tiksotropik, luas daerah histeresis dan nilai 'yield', dievaluasi sebelum dan sesudah siklus ke-10.

#### II.4. Pengumpulan dan Analisis Data

Data dari hasil evaluasi dikumpulkan dan dianalisa secara statistik dengan menggunakan rancangan faktorial kemudian dilanjutkan dengan uji Duncan.

## II.5. Pembahasan Hasil

Hasil pengamatan dan hasil analisis data dibahas.

## II.6. Pengambilan Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dianalisis statistik dan setelah dibahas, dapat disimpulkan ada tidaknya pengaruh penambahan avisel yang divariasikan konsentrasinya terhadap kestabilan suspensi antasida yang disuspensikan dengan natrium CMC, dan selanjutnya disimpulkan konsentrasi avisel yang menghasilkan suspensi antasida paling stabil.

karena kekentalannya tidak konstan pada suhu yang konstan, seperti yang disyaratkan hukum Newton, tetapi menurun dengan peningkatan tekanan geser (1).

Penyebab aliran pseudoplastik adalah pecahnya struktur secara bertahap dan teratur dalam medium cair karena meningkatnya geseran dan penyusunan struktur kembali oleh gerakan Brown (1). Aliran pseudoplastik ditunjukkan polimer rantai panjang atau lurus yang pada keadaan istirahat, akan terdispersi secara acak ke dalam medium dispersi, dan bila diberi tekanan geser, molekul-molekulnya cenderung lurus dengan sumbu panjangnya sejajar dengan arah aliran, sehingga mempermudah aliran. Jika tekanan geser diturunkan, susunan makromolekul menjadi lebih acak, dan besarnya perlawanan terhadap aliran ditunjukkan oleh meningkatnya kekentalan (5).



Gambar 1. Kurva alir bahan pseudoplastik

## BAB III

### TINJAUAN PUSTAKA

#### III.1. Uraian Umum Suspensi

Suspensi adalah sediaan yang mengandung bahan obat padat dalam bentuk halus dan tidak larut. Zat yang terdispersi harus halus dan tidak boleh cepat mengendap. Jika dikocok perlahan-lahan, endapan harus segera terdispersi kembali. Dapat mengandung zat tambahan untuk menjamin stabilitas suspensi. Kekentalan suspensi tidak boleh terlalu tinggi agar sediaan mudah dikocok dan dituang (6).

Suspensi memungkinkan dispersi yang lebih baik dalam saluran cerna dibandingkan dengan bentuk sediaan yang dikempa, karena partikelnya kecil berkisar antara 1 - 50 dan terdistribusi merata. Umumnya kandungan bahan padat dalam suspensi oral berkisar dari 250 mg hingga 500 mg setiap satu sendok teh, 5 ml (3).

##### III.1.1. Bahan Pensuspensi

Bahan pensuspensi yang digunakan dalam pembuatan suspensi untuk pengobatan dapat bertindak sebagai koloid pelindung untuk melindungi partikel dari 'caking', sebagai bahan penflokula untuk menghasilkan derajat flokusai yang diinginkan, atau

untuk memberikan suatu pembawa terstruktur untuk menunjang flokula, dan tidak menghambat aliran apabila dikocok dan dituang dari wadah (7).

Natrium CMC merupakan salah satu bahan pensuspensi yang bersifat anionik, dapat dikombinasi dengan Avicel sebagai bahan pensuspensi. Bila natrium CMC ditambahkan ke dalam dispersi selulosa mikrokristal (Avicel), maka polimer-polimer dapat bertindak sebagai koloid pelindung dan teradsorpsi pada partikel selulosa. Suatu jaringan akan terbentuk dari partikel padat yang dihubungkan oleh rantai polimer untuk menghasilkan sistem yang tiksotropik (5).

#### III.1.2. Bahan Pembasah

Dispersi dari serbuk yang tidak larut dalam pembawanya merupakan tahap penting dalam pembuatan suspensi. Sering sulit untuk mendispersikan serbuk karena adanya lapisan udara, lemak atau kontaminan lainnya yang teradsorpsi. Serbuk tidak segera terbasahi walaupun mempunyai berat jenis yang tinggi, dan akan terapung



di permukaan cairan. Bahan dalam bentuk serbuk halus khususnya dapat mengalami efek tersebut walaupun didesak masuk ke bawah permukaan medium pensuspensi (5).

Surfakatan sangat bermanfaat dalam mengurangi tegangan antar muka antara partikel padat dan pembawa dalam pembuatan suspensi. Karena tegangan antar muka yang dihasilkan berkurang, maka sudut kontak akan turun dan udara dipindahkan dari permukaan partikel sehingga mempermudah terbasahnya padatan (5).

Gliserin, propilen glikol dan bahan aktif permukaan yang cocok, berfungsi sebagai pembasah yang akan berpenetrasi ke celah-celah partikel sehingga mendesak udara, dan selama proses pencampuran terjadi ikatan hidrogen antara air dan gliserin, sehingga air dapat masuk dan segera membasahi partikel (3, 5).

### III.2. Aliran Pseudoplastik

Banyak sistem koloid, khususnya larutan polimer dan dispersi padatan atau cairan yang flokulasinya menjadi lebih encer dengan bertambahnya pengocokan. sifat ini disebut pseudoplastisitas yang merupakan contoh sifat aliran non-Newtonian,

Bahan pseudoplastik seperti algin, natrium CMC dan tragakan, merupakan bahan pensuspensi yang sangat bermanfaat dalam farmasi (3).

### III.3. Tiksotropik

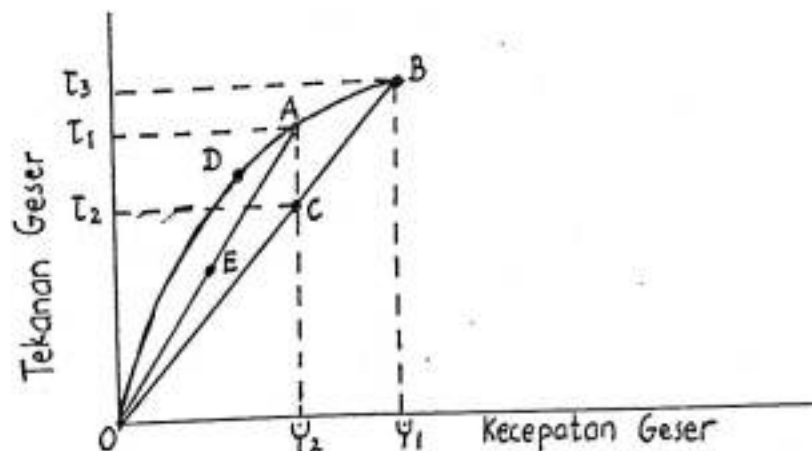
Tiksotropik sangat berguna dalam formulasi suspensi dan emulsi karena sediaan ini harus mudah dituangkan dari wadahnya yang berarti kekentalan sediaan harus rendah. Tetapi kekentalan yang rendah dapat menyebabkan partikel padat cepat mengendap di dalam suspensi. Partikel padat yang telah mengendap ini sering saling melekat, menghasilkan endapan yang sulit didispersikan kembali ('caking'). Tiksotropik dapat digunakan untuk mengatasi masalah ini, karena bahan tiksotropik seperti selulosa mikrokristal apabila ditambahkan ke dalam suspensi akan memberikan kekentalan yang tinggi yang dapat mencegah pengendapan (1).

Sistem tiksotropik biasanya mengandung partikel asimetrik yang saling mengadakan kontak membentuk suatu jaringan tiga dimensi yang longgar. Dalam keadaan diam, terbentuk sistem yang kaku sehingga sistem menyerupai gel. Jika tekanan diberikan pada sistem dan sistem mulai mengalir, maka struktur tersebut mulai pecah karena kontak antar partikel diputuskan, sehingga partikel-partikelnya menjadi lurus. Sistem mengalami perubahan dari gel



ke sol. Jika tekanan dihilangkan, struktur tersebut akan kembali ke bentuk semula (5).

Pada gambar 2, perbedaan antara kurva naik dan turun menggambarkan fenomena yang umum terjadi dan disebut 'hysteresis'. Daerah ini dibatasi oleh dua kurva yaitu ODAEO dan ODABCO, disebut 'hysteresis loop'. Luas daerah histerisis merupakan ukuran besarnya pemecahan struktur sistem tiksotropik. Dimulai dalam keadaan diam (titik 0) dan secara bertahap meningkatkan kecepatan geseran akan menghasilkan aliran dengan kurva ODAB. Setelah mencapai titik maksimum pada kecepatan geser  $\psi_1$  dan tekanan geser  $\tau_3$  yang ditunjukkan oleh titik B, kecepatan viskometer dikurangi. Jika tidak cukup waktu untuk mengembalikan strukturnya secara lengkap dengan gerakan Brown, maka sediaan akan menjadi kurang kental dan kurva aliran yang turun BCO akan lebih rendah dari kurva naiknya (1).



Gambar 2. Kurva alir bahan bersifat tiksotropik

Jika kecepatan tidak diberikan sampai  $\Psi_1$ , tetapi hanya sampai  $\Psi_2$  yaitu titik A, kemudian dikurangi maka kurva turunnya adalah AEO. Karena kecepatan maksimumnya lebih rendah dari sebelumnya, maka struktur yang dipecah lebih sedikit dan berkurangnya kekentalan tidak sebesar sebelumnya (1).

Jika sediaan pada viskometer didiamkan untuk waktu tertentu sehabis diperlakukan terhadap geseran ODABCO, struktur akan dibentuk kembali oleh gerakan Brown membentuk konsistensi semula yang tinggi (1).

### III.4. Evaluasi Kestabilan Suspensi

#### III.4.1. Volume Sedimentasi

Volume sedimentasi (F), didefinisikan sebagai perbandingan dari volume akhir sedimen ( $V_u$ ) terhadap volume awal dari suspensi ( $V_o$ ).

Jadi :

$$F = \frac{V_u}{V_o}$$

Volume sedimentasi mempunyai batas batas nilai antara 0 - 1. Jika harga  $F = 1$  berarti tidak terjadi sedimentasi, dan merupakan suspensi yang ideal (1). Bila volume sedimentasi yang diperoleh

digambarkan sebagai ordinat dan waktu sebagai absis, maka formula yang berbeda dapat dibandingkan dengan mengamati kurva volume sedimentasi. Formula yang lebih baik akan menghasilkan kurva yang lebih horisontal atau kurang curam (8).

#### III.4.2. Kemudahan Terdispersi Kembali

Kemampuan terdispersi kembali merupakan salah satu pertimbangan utama dalam menilai kestabilan suatu suspensi. Sedimen yang berbentuk harus mudah didispersikan kembali dengan sedikit pengocokan untuk menghasilkan sistem yang homogen. Agar pengocokan lebih kuantitatif maka digunakan "shaker" (8).

#### III.4.3. Metode Reologi

Pada metode reologi ini, digunakan viskometer Stormer. Cara penggunaannya adalah suspensi ditempatkan di dalam wadah ("cup") kemudian "bob" diturunkan sehingga terendam dalam suspensi, dan suhu diatur sehingga konstan. Beban diletakkan pada penggantungnya dan waktu yang dibutuhkan oleh 'bob' untuk berputar 100 kali, dicatat. Data ini kemudian diubah menjadi rpm. Setelah itu beban ditambah dan seluruh percobaan diulangi lagi. Dengan cara demikian, dapat digambarkan, suatu reogram antara rpm dan

digambarkan sebagai ordinat dan waktu sebagai absis, maka formula yang berbeda dapat dibandingkan dengan mengamati kurva volume sedimentasi. Formula yang lebih baik akan menghasilkan kurva yang lebih horisontal atau kurang curam (8).

#### III.4.2. Kemudahan Terdispersi Kembali

Kemampuan terdispersi kembali merupakan salah satu pertimbangan utama dalam menilai kestabilan suatu suspensi. Sedimen yang berbentuk harus mudah didispersikan kembali dengan sedikit pengocokan untuk menghasilkan sistem yang homogen. Agar pengocokan lebih kuantitatif maka digunakan "shaker" (8).

#### III.4.3. Metode Reologi

Pada metode reologi ini, digunakan viskometer Stormer. Cara penggunaannya adalah suspensi ditempatkan di dalam wadah ("cup") kemudian "bob" diturunkan sehingga terendam dalam suspensi, dan suhu diatur sehingga konstan. Beban diletakkan pada penggantungnya dan waktu yang dibutuhkan oleh 'bob' untuk berputar 100 kali, dicatat. Data ini kemudian diubah menjadi rpm. Setelah itu beban ditambah dan seluruh percobaan diulangi lagi. Dengan cara demikian, dapat digambarkan, suatu reogram antara rpm dan

beban yang ditambahkan ( $\dot{\delta}$ ).

Ada dua pendekatan yang digunakan untuk memperkirakan derajat tiksotropik, yaitu menentukan pecahnya struktur sistem terhadap waktu pada suatu kecepatan geser yang tetap dan yang kedua pada kecepatan geser yang bertambah.

Tingkat tiksotropik (M), pada kecepatan geser yang bertambah, diperoleh dari:

$$M = \frac{2 ( U_1 - U_2 )}{\ln (V_2/V_1)^2}$$

dimana :

M dinyatakan dalam dyne det  $\text{cm}^{-2}$

$U_1$  = kekentalan plastis dengan kecepatan geser  $V_1$

$U_2$  = kekentalan plastis dengan kecepatan geser  $V_2$

Persamaan untuk kekentalan plastis adalah :

$$U = K_v \frac{w - w_f}{v}$$

dimana :

U = kekentalan plastis dalam poise (p)

$K_v$  = konstanta alat

w = berat beban dalam gram

wf = nilai 'yield' dalam gram

V = kecepatan putar dalam rpm (5)

### III.5. Uraian Bahan

#### III.5.1. Aluminium Hidroksida

Rumus molekul :  $\text{Al}(\text{OH})_3$

Pemerian : serbuk halus, putih, tidak berbau, tidak berasa. Kelarutan : tidak larut dalam air dan alkohol, larut dalam larutan alkali. Suspensi 4 % dalam air mempunyai pH tidak lebih dari 10 (11).

Kegunaan : sebagai antasida (1).

Aluminium hidroksida pada kontak yang lama dengan air akan membentuk gel (12).

#### III.5.2. Magnesium Hidroksida

Rumus molekul :  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

Pemerian : serbuk putih, tidak berbau atau hampir tidak berbau, tidak berasa (11).

Kelarutan : praktis tidak larut dalam air dan alkohol, larut dalam larutan asam (1).

Bereaksi sedikit alkali, pH dari larutan: 9,5 - 10,5 (12).

Kegunaan : sebagai antasida (1)

#### III.5.3. Natrium CMC (CMC)

Natrium CMC adalah garam natrium dari polimer selulosa yang diubah menjadi



senyawa larut air dengan mensubsitusi atom hidrogen pada gugus karboksi metil ( $-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ) dan bersifat tidak toksik (13). Pemerian : berwarna putih sampai krem tidak berbau atau hampir tidak berbau, merupakan serbuk higroskopik dengan rasa musilago yang lembut. Kelarutan : larut dalam air pada semua suhu, menghasilkan larutan jernih, tidak larut dalam pelarut-pelarut organik. Larutan 1% dalam air mempunyai pH 6 - 8. Kekentalan air musilago menurun pada pH dibawah 5 atau diatas 15 (11). Kekentalan dari natrium CMC menurun dengan naiknya suhu, bersifat anionik dan mempunyai aliran pseudoplastis (3). Kegunaan : sebagai bahan pensuspensi untuk serbuk yang tidak larut dan dapat dikombinasi dengan Avicel sebagai bahan pensuspensi (11).

#### III.5.4. Mikrokrystal Selulosa

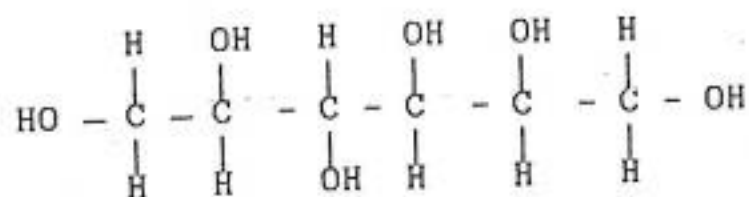
Nama dagang : "Avicel"

Avicel merupakan koloid yang dapat terdispersi dalam air, dan mengandung 8% natrium CMC untuk membantu mendispersikannya (3). Pemerian : serbuk

halus, putih, tidak berbau atau hampir tidak berbau merupakan serbuk kristal yang terdepolimerisasi. Kelarutan : tidak larut dalam air, tetapi membentuk koloid pada konsentrasi rendah dan tiksotropik gel pada konsentrasi tinggi. Sebagian larut dalam pelarut alkali dengan mengembang, tidak larut dalam banyak pelarut organik. Dispersi 12,5 % dalam air mempunyai pH 5,5 - 7. Kegunaan : digunakan sendiri atau dalam hubungannya dalam derivat-derivat selulosa yang lain seperti natrium CMC sebagai bahan pensuspensi untuk sediaan-sediaan farmasi (11).

### III.5.5. Sorbitol

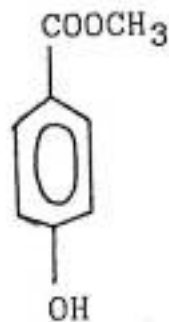
Rumus kimia :  $C_6H_{14}O_6$



Pemerian : putih, serbuk higroskopik, granul atau kepingan, rasanya manis. Kelarutan : 1 gram dalam 0,45 ml air, sedikit larut dalam alkohol, metanol dan asam asetat. Kegunaan : sebagai pembasah (1).

### III.5.6. Metil Paraben

Rumus kimia :  $C_8H_8O_3$



Metil para hidroksi benzoat (nipagin)

Pemerian : serbuk hablur putih atau tidak berwarna, baunya khas. Kelarutan : 1 gram dalam 400 ml air, 20 ml air mendidih, 3 ml alkohol, 10 ml eter, larutan dalam gliserin, minyak-minyak dan lemak-lemak. Kegunaan : sebagai pengawet (1), dengan konsentrasi : 0,05 - 0,25% (6).

### III.5.6. Minyak Permen

Pemerian : cairan tidak berwarna, kuning pucat atau kuning kehijauan, bau aromatik, rasa pedas dan hangat, kemudian dingin. Kelarutan : 1 volume minyak permen larut dalam 3 volume etanol 70%. Kegunaan : sebagai karminatif, antiseptik, anestetik lokal dan pengaroma (1); dengan konsentrasi 0,1 - 0,5% (9).

**BAB IV**  
**PELAKSANAAN PENELITIAN**

**IV.1. Alat-alat yang digunakan**

1. Timbangan analitik (Sartorius)
2. Inkubator
3. Lemari Pendingin (Nasional)
4. 'Stop watch' (Hanhart)
5. Pengaduk elektronik (Philips)
6. Tangas Air (Memmert)
7. Timbangan gram
8. Lumpang dan alu
9. 'Shaker'
10. Viskometer "Stormer" (Fisher)
11. Termometer
12. Gelas ukur 25, 50, 100 ml
13. Gelas piala 250, 500, 600 ml
14. Alat-alat lainnya : batang pengaduk, botol, tabung reaksi, pipet, bunsen, kaki tiga, kasa, sikat tabung.

**IV.2. Bahan-bahan yang digunakan**

1. Aluminium Hidroksida (E. Merck)
2. Magnesium Hidroksida (E. Merck)
3. Avisel (E. Merck)
4. Natrium CMC
5. Sorbitol (E. Merck)
6. Metil Paraben
7. Minyak Permen

8. Air suling

9. Gliserin

#### IV.3. Rancangan Formula Suspensi Antasida

Dirancang 3 formula suspensi mengandung antasida aluminium hidroksida dan magnesium hidroksida yang suspensikan dengan kombinasi persuspensi yaitu avisel dan natrium CMC. Konsentrasi avisel divariasikan yaitu 1,1, 2,1 dan 3,1%, sedangkan konsentrasi natrium CMC dibuat tetap yaitu 0,8%. Sebagai pembandingan dibuat suspensi tanpa avisel. Rancangan formula yang lengkap dapat dilihat pada Tabel I.

#### IV.4. Pembuatan Suspensi

Prinsip pembuatan suspensi untuk masing-masing formula adalah sama. Cara pembuatan suspensi antasida dengan persuspensi avisel 1,1% dan natrium CMC 0,8% adalah sebagai berikut :

1. Masing-masing bahan ditimbang sesuai kebutuhan.
2. Persuspensi dibuat dengan memanaskan 30 ml air suling sampai 70°C, lalu avisel 1,1 gram didispersikan sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan pengaduk elektrik hingga terdispersi homogen. Setelah itu ditambahkan natrium CMC 0,8 gram sedikit demi sedikit sambil diaduk dengan pengaduk elektrik sampai kental.
3. Metil paraben dilarutkan di dalam 30 ml air suling panas dan setelah dingin digunakan untuk melarutkan sorbitol.
4. Aluminium hidroksida dan magnesium hidroksida

digerus di dalam lumpang dan dibasahi dengan larutan sorbitol sampai semuanya terbasahi, kemudian dipindahkan ke dalam gelas piala dan ditambahkan 30 ml pensuspensi sambil diaduk dengan pengaduk elektrik sampai terdispersi homogen.

5. Minyak permen ditambahkan sambil diaduk dengan pengaduk elektrik. Terakhir volumenya dicukupkan dengan air suling hingga 100 ml dan diaduk kembali.

#### IV.5. Evaluasi Kestabilan Suspensi

Evaluasi kestabilan suspensi dilakukan sebelum dan sesudah suspensi diberi kondisi dipaksakan yaitu penyimpanan pada siklus suhu 5<sup>o</sup> dan 35<sup>o</sup>C bergantian masing-masing 12 jam selama 10 siklus.

##### IV.5.1. Volume Sedimentasi (11)

Suspensi yang telah dibuat dimasukkan ke dalam gelas ukur 25 ml, kemudian diamati volume sedimennya sebelum dan sesudah tiap siklus penyimpanan. Hasil pengamatan ini digunakan untuk menghitung volume sedimentasi. Hasil pengukuran sedimen dapat dilihat pada Tabel II dan III.

##### IV.5.2. Kemudahan Terdispersi Kembali (11)

Suspensi sebanyak 50 ml dimasukkan ke dalam botol. Kemudahan terdispersi sedimen yang terbentuk diamati sebelum dan sesudah siklus ke-10 dengan menggunakan

'shaker'. Titik akhir diperoleh bila pada dasar botol tidak terdapat lagi sedimen. Hasil pengamatan ditabulasi dilihat pada Tabel IV.

#### IV.5.3. Penentuan Tingkat Tikotropik, Luas Daerah Histeresis dan Nilai 'Yield' (5)

Tingkat tikotropik, luas daerah histeresis dan nilai 'yield' suspensi ditentukan sebelum dan sesudah siklus ke-10 menggunakan viskometer Stormer. Nilai 'yield' diperoleh dengan mengukur jumlah beban minimum yang dapat memutar 'bob'. Tingkat tikotropik diperoleh dengan cara mencatat waktu yang dibutuhkan oleh 'bob' untuk berputar 100 kali pada penambahan beban secara teratur sampai mencapai beban maksimum I, kemudian beban diturunkan kembali dengan cara yang sama. Prosedur ini diulangi dengan penambahan beban sampai mencapai maksimum II, kemudian beban diturunkan kembali. Pengamatan ini dilakukan pada suhu 30°C. Dari data tersebut dapat ditentukan tingkat tikotropik dari suspensi dengan menggunakan rumus. Luas daerah histeresis diperoleh dengan menghitung daerah yang dibatasi oleh kurva naik dan kurva turun dari reogram. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel V-XI dan Lampiran G sampai dengan Lampiran I.

## BAB V

### HASIL PENELITIAN

Pengujian terhadap kestabilan fisis 4 suspensi antasida yaitu suspensi I atau suspensi pembanding (pensuspensi natrium CMC 0,8% ), suspensi II (kombinasi pensuspensi natrium CMC 0,8% dan avisel 1,1%), suspensi III (kombinasi pensuspensi natrium CMC 0,8% dan avisel 2,1%), suspensi IV (kombinasi pensuspensi natrium CMC 0,8% dan avisel 3,1%), memberikan hasil sebagai berikut :

#### V.1. Perhitungan Volume Sedimentasi

1. Hasil perhitungan volume sedimentasi (F) sebelum kondisi dipaksakan, memperlihatkan F paling besar pada suspensi IV yaitu 0,42, sedangkan F paling kecil pada suspensi I (pembanding), yaitu 0,34.
2. Sesudah kondisi dipaksakan tetap memperlihatkan F paling besar pada suspensi IV yaitu 0,41. Juga F paling kecil tetap pada suspensi I yaitu 0,34. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel II dan III.

#### V.2. Kemudahan Terdispersi Kembali

1. Hasil pengamatan kemudahan terdispersi sebelum kondisi dipaksakan memperlihatkan bahwa suspensi III paling cepat terdispersi dengan waktu 190 detik, sedangkan suspensi I memerlukan waktu paling lama untuk terdispersi kembali yaitu 423,3 detik.



2. Hasil pengamatan kemudahan terdispersi sesudah kondisi dipaksakan, memperlihatkan bahwa suspensi III tetap paling cepat terdispersi dengan waktu 268,3 detik, sedangkan suspensi I memerlukan waktu paling lama untuk terdispersi kembali yaitu 501,6 detik. Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel IV.

### V.3. Perhitungan Tingkat Tikotropik

1. Hasil perhitungan tingkat tikotropik sebelum kondisi dipaksakan, memperlihatkan tingkat tikotropik paling tinggi pada suspensi III yaitu  $0,108 \text{ dyne detik/cm}^2$ , sedangkan tingkat tikotropik paling rendah pada suspensi II yaitu  $0,053 \text{ dyne detik/cm}^2$ .
2. Sesudah kondisi dipaksakan, tingkat tikotropik paling rendah diperlihatkan suspensi IV yaitu  $0,018 \text{ dyne detik/cm}^2$ , sedang tikotropik paling tinggi tetap pada suspensi III yaitu  $0,064 \text{ dyne detik/cm}^2$ . Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel IX, sedangkan contoh perhitungan tingkat tikotropik dapat dilihat pada Lampiran H.

### V.4. Perhitungan Luas Daerah Histeresis

1. Hasil perhitungan luas daerah histeresis sebelum kondisi dipaksakan, memperlihatkan bahwa suspensi III mempunyai luas daerah histeresis paling besar pada beban maksimum I dan II, yaitu  $2425,1 \text{ mm}^2$



dan  $7565,7 \text{ mm}^2$ , sedangkan suspensi IV mempunyai luas daerah histeresis paling kecil pada beban maksimum I yaitu  $2266,0 \text{ mm}^2$  dan suspensi II pada beban maksimum II yaitu  $4195,2 \text{ mm}^2$ .

2. Hasil perhitungan luas daerah histeresis sesudah kondisi dipaksakan, memperlihatkan bahwa suspensi III tetap mempunyai luas daerah histeresis paling besar pada beban maksimum I dan II, yaitu  $1973,4 \text{ mm}^2$  dan  $4641,7 \text{ mm}^2$ , sedang suspensi IV mempunyai luas daerah histeresis paling kecil pada beban maksimum I dan II yaitu  $1524,3 \text{ mm}^2$  dan  $4247,6 \text{ mm}^2$ . Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel X dan XI, sedangkan contoh perhitungan luas daerah histeresis dapat dilihat pada Lampiran I.

#### V.5. Pengukuran Nilai 'Yield'

1. Hasil pengukuran nilai 'yield' sebelum kondisi dipaksakan, memperlihatkan bahwa nilai 'yield' paling besar pada suspensi IV yaitu  $4,796 \text{ gram}$ , sedangkan nilai 'yield' paling kecil pada suspensi II, yaitu  $1,913 \text{ gram}$ .
2. Sesudah kondisi dipaksakan, memperlihatkan bahwa nilai 'yield' paling besar tetap pada suspensi IV, yaitu  $3,263 \text{ gram}$ , sedangkan nilai 'yield' paling kecil pada suspensi III, yaitu  $2,480 \text{ gram}$ . Hasil selengkapnya dapat dilihat pada Tabel XII.

## BAB VI

### PEMBAHASAN HASIL

VI.1. Hasil analisis statistik terhadap data volume sedimentasi (F) sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan (hasil penelitian V.1.), memperlihatkan adanya adanya perbedaan sangat nyata pada volume sedimentasi antara suspensi pembanding dengan suspensi lainnya yaitu dengan melihat bahwa harga F hitung lebih besar dari F daftar pada taraf signifikansi 1 % atau  $H_1$  diterima. Ini berarti bahwa penambahan bahan tiksotropik avisel dapat memberikan pengaruh yang sangat nyata pada volume sedimentasi atau penambahan avisel sangat meningkatkan volume sedimen. Analisis selanjutnya dengan uji Duncan memperlihatkan adanya perbedaan sangat nyata antara suspensi II dengan III dan IV, sedangkan antara suspensi III dan IV tidak ada beda nyata. Ini berarti volume sedimentasi suspensi III sama dengan volume sedimentasi suspensi IV (dapat dilihat pada Lampiran A). Volume sedimen suspensi IV walaupun lebih tinggi sesudah penyimpanan, tetapi ternyata tidak homogen pada bagian atas, sehingga suspensi IV tidak dapat dikatakan stabil. Jadi suspensi III merupakan suspensi paling stabil. Hal ini kemungkinan disebabkan karena perbandingan antara natrium CMC dan avisel pada suspensi III dapat memberikan kekentalan yang lebih tinggi dan tingkat tiksotropik yang besar

besar (dapat dilihat pada Tabel IX), sehingga menyebabkan sedimentasi berlangsung lebih lambat. Hal ini sesuai dengan pustaka yang mengatakan bahwa semakin besar tingkat tiksotropik, kecepatan pengendapan semakin berkurang (5).

VI.2. Hasil analisis statistik terhadap data kemudahan terdispersi sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan (hasil penelitian V.2.), memperlihatkan perbedaan waktu sangat nyata untuk mendispersikan kembali sedimen antara suspensi I dengan suspensi lainnya, yaitu dengan melihat bahwa harga  $F$  hitung lebih besar dari harga  $F$  daftar pada taraf signifikansi 1 % atau  $H_1$  diterima. Ini berarti penambahan avisel memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kemudahan terdispersi suspensi atau avisel sangat mempercepat terdispersinya padatan. Analisis selanjutnya dengan uji Duncan memperlihatkan adanya perbedaan sangat nyata antara suspensi II, III dan IV (dapat dilihat pada Lampiran B). Suspensi III merupakan suspensi paling stabil karena membutuhkan waktu yang paling singkat untuk terdispersi kembali dibandingkan suspensi lainnya baik sebelum maupun sesudah kondisi dipaksakan. Ini kemungkinan disebabkan karena kombinasi avisel 2,1% dan natrium CMC 0,8% menghasilkan sedimen yang cukup tinggi atau sedimen yang partikel-partikelnya tersusun longgar sehingga lebih mudah didispersikan (8).

VI.3. Hasil analisis statistik terhadap data tingkat tiksotropik atau indeks tiksotropik sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan (hasil penelitian V.3.) memperlihatkan adanya perbedaan sangat nyata antara suspensi I dengan suspensi lainnya, yaitu dengan melihat bahwa harga F hitung lebih besar dari harga F daftar pada taraf signifikansi 1 % atau  $H_1$  diterima. Ini berarti penambahan avisel memberikan pengaruh sangat nyata pada tingkat tiksotropik suspensi. Analisis selanjutnya dengan uji Duncan memperlihatkan adanya perbedaan sangat nyata antara suspensi III dengan II dan IV, sedangkan antara suspensi IV dengan II tidak ada beda nyata (dapat dilihat pada Lampiran C). Ini berarti suspensi III paling stabil karena memiliki tingkat tiksotropik paling tinggi dibandingkan suspensi lainnya baik sebelum maupun sesudah kondisi dipaksakan atau struktur yang dipecah paling besar pada pemberian geseran. Besarnya tingkat tiksotropik ini kemungkinan disebabkan karena avisel 2,1 % yang dikombinasi dengan natrium CMC 0,8% memberikan kekentalan optimal yang menyebabkan waktu untuk membentuk strukturnya kembali lebih lama dibandingkan suspensi lainnya setelah pemberian geseran (14).

VI.4. Hasil analisis statistik terhadap data luas daerah histeresis untuk beban maksimum I dan II baik

sebelum maupun sesudah kondisi dipaksakan (hasil penelitian V.4.), memperlihatkan adanya perbedaan sangat nyata antara suspensi I dengan suspensi lainnya, yaitu dengan melihat bahwa harga F hitung lebih besar dari harga F daftar pada taraf signifikansi 1 % atau  $H_1$  diterima. Ini berarti penambahan avisel memberikan pengaruh sangat nyata pada luas daerah histeresis suspensi. Analisis selanjutnya dengan uji Duncan terhadap luas daerah histeresis untuk beban maksimum I memperlihatkan tidak ada beda nyata antara suspensi II, III dan IV (dapat dilihat pada Lampiran D). Waktu yang dibutuhkan untuk membangun strukturnya kembali setelah pemberian geseran, untuk ketiga suspensi tidak berbeda. Uji Duncan untuk luas daerah histeresis pada beban maksimum II memperlihatkan adanya perbedaan sangat nyata antara suspensi II dengan III dan IV, sedangkan antara suspensi III dan IV tidak ada beda nyata (dapat dilihat pada Lampiran E). Ini berarti suspensi III dan IV mempunyai kemampuan yang tidak berbeda untuk berubah dari struktur gel ke sol dan kemampuan ini lebih besar dibandingkan dengan suspensi II. Dari data luas daerah histeresis tidak dapat menentukan suspensi yang paling stabil.

VI.5. Hasil analisis statistik terhadap data nilai 'yield' sebelum dan sesudah kondisi dipaksakan (hasil penelitian V.5.), memperlihatkan perbedaan

sangat nyata pada nilai 'yield' antara suspensi I dengan suspensi lainnya, yaitu dengan melihat bahwa harga F hitung lebih besar dari harga F daftar pada taraf signifikansi 1% atau  $H_1$  diterima (dapat dilihat pada Lampiran G). Ini berarti penambahan avisel memberikan pengaruh sangat nyata pada nilai 'yield' suspensi. Analisis selanjutnya dengan uji Duncan memperlihatkan perbedaan sangat nyata antara suspensi IV dengan II dan III, sedangkan antara suspensi II dengan III tidak ada beda nyata. Ini berarti suspensi II dan III mempunyai nilai 'yield' tidak berbeda dan lebih kecil dibandingkan suspensi IV sehingga untuk mengalirkannya dibutuhkan tekanan geser yang lebih kecil (5). Penyimpangan ini kemungkinan disebabkan karena adanya perlakuan yang sama pada penambahan beban untuk masing-masing suspensi, sehingga pada suspensi III diperoleh nilai 'yield' yang lebih besar dari nilai 'yield' yang sebenarnya.

## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### VII.1. Kesimpulan

Setelah hasil penelitian dianalisis statistik dan dibahas, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Penambahan bahan tiksotropik avisel memberikan pengaruh sangat nyata pada kestabilan suspensi antasida yaitu sangat meningkatkan volume sedimentasi, kemudahan terdispersi kembali dan meningkatkan indeks tiksotropik suspensi antasida yang mengandung aluminium hidroksida dan magnesium hidroksida.
2. Suspensi antasida yang mengandung aluminium hidroksida dan magnesium hidroksida paling stabil adalah suspensi yang mengandung avisel 2,1% dan pensuspensi natrium CMC 0,8%.

#### VII.2. Saran

Disarankan untuk melakukan penelitian terhadap suspensi antasida yang mengandung aluminium hidroksida dan magnesium hidroksida yang mengandung avisel 2,1 % dan natrium CMC yang konsentrasinya divariasikan yaitu : 0,4, 0,8, 1,2 dan 1,6 % dengan kondisi dipaksakan yang sama.



## DAFTAR PUSTAKA

1. Gennaro, A.R., et al. (Eds.) (1985), "Remington's Pharmaceutical Sciences", Seventeenth Edition, Mack Publishing Company, Easton, Pennsylvania, 333-338, 343, 792-796, 1167, 1289-1290.
2. Tjay, T.H. dan Rahardjo, K. (1987), "Obat-obat Penting", Edisi IV, Jakarta, 180.
3. Parrott, E. L. (1971), "Pharmaceutical Technology" Fundamental Pharmaceutics, Third Revision, Burgess Publishing Company, Minneapolis, 341-344, 353-354.
4. Gan, S. (Ed.) (1983), "Farmakologi dan Terapi", Edisi II, Bagian Farmakologi Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Jakarta, 381.
5. Martin, A., Swarbrick, J., Cammarata, A., dan Chun, A. H.C. (1983), "Physical Pharmacy", Third Edition, Lea and Febiger, Philadelphia, 526-530, 534-535, 549-552.
6. Departemen Kesehatan Republik Indonesia (1979), "Farmakope Indonesia", Edisi III, 32, 80, 378, 458, 581.
7. Sprowls, J.B. (1970), "Prescription Pharmacy", Second ed., J.B. Lippincott Co., Philadelphia, Toronto, 213.
8. Lachman, L., Lieberman, H.A., dan Kanig, J.L. (Eds.) (1986), "The Theory and Practice of Industrial Pharmacy" Third Edition, Lea And Febiger, Philadelphia, 492.

9. Jenkins, G.L., Francke, D.E., Brecht, E.A., dan Sperandio, G.L. (1957), "The Art of Compounding", Ninth ed., The Blakiston Div., Mc.Graw Hill Co., Inc., New York, 330.
10. Banker, G.S., dan Rhodes, Ch.T. (1979), "Modern Pharmaceutics", Volume 7, Marcel Dekker, Inc., New York, Bassel, 335, 348.
11. Reynolds, J.E.F. (Ed.) (1982), "Martindale The Extra Pharmacopeia", Twenty-Eight Edition, The Pharmaceutical Press, London, 89-91, 920, 931.
12. Windholz, M. (1976), "The Merck Index", Ninth ed., Merck and Co., Inc., Rahway, NJ., USA, 366, 737.
13. Martin, E.W. (Ed.) (1971), "Dispensing of Medication" Seventh ed., Mack Publishing Company, Easton, Pennsylvania, 547.
14. Yuwono, Tedjo dan Goewin, Agoes (1978) "Kombinasi Veegum - CMC Sebagai Bahan Pengental Untuk Stabilitas Sediaan Suspensi", Proceeding Kongres Ilmiah Farmasi III, Yogyakarta, 247.

TABEL I  
RANCANGAN FORMULA SUSPENSI ANTASIDA  
YANG MENGANDUNG ALUMINIUM HIDROKSIDA DAN MAGNESIUM HIDROKSIDA

B A H A N	FORMULA ( berat / volume )			
	I	II	III	IV
Aluminium hidroksida	6 g	6 g	6 g	6 g
Magnesium hidroksida	4 g	4 g	4 g	4 g
Avisel	-	1,1 g	2,1 g	3,1 g
Natrium CMC	0,8 g	0,8 g	0,8 g	0,8 g
Sorbitol	10 g	10 g	10 g	10 g
Metil paraben	0,2 g	0,2 g	0,2 g	0,2 g
Minyak permen	0,2 g	0,2 g	0,2 g	0,2 g
Air suling sampai	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml

Keterangan :

Formula I : Formula pembandingan  
 Formula II, III, IV : Formula dengan konsentrasi avisel yang divariasikan.

TABEL II  
HASIL PERHITUNGAN VOLUME SEDIMENTASI (F) SUSPENSI  
SEBELUM KONDISI DIPAKSAKAN

Kondisi	F O R M U L A								
	I		II		III		IV		
	Vu	F	Vu	F	Vu	F	Vu	F	
Hari ke-1	a	7,50		9,50		9,50		10,00	
	b	7,50		9,50		10,00		10,00	
	c	8,00		9,50		10,00		10,25	
Jumlah Rata-rata		23,00		28,50		29,50		30,25	
		7,66	0,30	9,50	0,38	9,83	0,39	10,08	0,40
Hari ke-2	a	7,50		9,50		9,75		10,00	
	b	7,50		9,50		10,00		10,00	
	c	8,00		9,50		10,00		10,25	
Jumlah Rata-rata		23,00		28,50		29,75		30,25	
		7,66	0,30	9,50	0,38	9,92	0,40	10,08	0,40
Hari ke-3	a	8,00		9,50		9,75		10,00	
	b	8,00		9,50		10,00		10,00	
	c	9,00		10,00		10,00		10,25	
Jumlah Rata-rata		25,00		29,00		29,75		30,25	
		8,33	0,33	9,67	0,39	9,92	0,40	10,08	0,40
Hari ke-4	a	8,50		9,50		9,75		10,25	
	b	8,50		9,50		10,00		10,00	
	c	9,00		10,00		10,50		10,25	
Jumlah Rata-rata		26,00		29,00		30,25		30,50	
		8,66	0,34	9,67	0,39	10,08	0,40	10,16	0,41
Hari ke-5	a	8,50		10,00		9,75		10,25	
	b	8,50		10,00		10,00		10,00	
	c	9,00		10,00		10,50		10,25	
Jumlah Rata-rata		26,00		30,00		30,25		30,50	
		8,66	0,34	10,00	0,40	10,08	0,40	10,16	0,41

Lanjutan Tabel II

Hari ke-6	a	8,50		10,00		10,00		10,50	
	b	8,50		10,00		10,25		10,00	
	c	9,00		10,00		10,50		10,25	
Jumlah Rata-rata		26,00		30,00		30,75		30,75	
		8,66	0,34	10,00	0,40	10,25	0,41	10,25	0,41
Hari ke-7	a	8,50		10,00		10,00		10,50	
	b	8,50		10,00		10,25		10,00	
	c	9,00		10,00		10,50		10,25	
Jumlah Rata-rata		26,00		30,00		30,75		30,75	
		8,66	0,34	10,00	0,40	10,25	0,41	10,25	0,41
Hari ke-8	a	8,50		10,00		10,25		10,50	
	b	8,50		10,00		10,25		10,25	
	c	9,00		10,00		10,50		10,50	
Jumlah Rata-rata		26,00		30,00		31,00		31,25	
		8,66	0,34	10,00	0,40	10,33	0,41	10,41	0,42
Hari ke-9	a	8,50		10,00		10,25		10,50	
	b	8,50		10,00		10,25		10,25	
	c	9,00		10,00		10,50		10,50	
Jumlah Rata-rata		26,00		30,00		31,00		31,25	
		8,66	0,34	10,00	0,40	10,33	0,41	10,41	0,42
Hari ke-10	a	8,50		10,00		10,25		10,50	
	b	8,50		10,00		10,25		10,50	
	c	9,00		10,00		10,50		10,50	
Jumlah Rata-rata		26,00		30,00		31,00		31,25	
		8,66	0,34	10,00	0,40	10,33	0,41	10,41	0,42

Keterangan :  $V_o$  = volume total suspensi sebelum sedimentasi (25 ml)  
 $V_u$  = volume sedimen untuk tiap siklus (ml)  
 $F$  = volume sedimentasi =  $V_u/V_o$   
a, b, c = replikasi

TABEL III  
HASIL PERHITUNGAN VOLUME SEDIMENTASI (F) SUSPENSI  
SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Kondisi	F O R M U L A							
	I		II		III		IV	
	Vu	F	Vu	F	Vu	F	Vu	F
Siklus ke-1	7,50		9,00		9,50		10,00	
	7,50		9,50		9,50		10,00	
	7,50		9,50		10,00		10,00	
Jumlah Rata-rata	22,50		28,00		29,00		30,00	
	7,50	0,30	9,33	0,37	9,66	0,38	10,00	0,40
Siklus ke-2	7,50		9,50		9,50		10,00	
	7,50		9,50		9,50		10,00	
	7,50		1,50		10,00		10,00	
Jumlah Rata-rata	22,50		28,50		29,00		30,00	
	7,50	0,30	9,50	0,38	9,66	0,38	10,00	0,40
Siklus ke-3	8,00		9,50		9,50		10,00	
	8,00		9,50		10,00		10,00	
	8,50		9,50		10,00		10,00	
Jumlah Rata-rata	25,50		28,50		29,50		30,00	
	8,16	0,33	9,50	0,38	9,83	0,39	10,00	0,40
Siklus ke-4	8,25		9,50		9,50		10,00	
	8,50		10,00		10,00		10,00	
	8,50		9,50		10,00		10,00	
Jumlah Rata-rata	25,25		29,00		29,50		30,00	
	8,41	0,34	9,66	0,39	9,83	0,39	10,00	0,40
Siklus ke-5	8,25		9,50		9,50		10,00	
	8,50		10,00		10,00		10,00	
	8,50		9,50		10,00		10,25	
Jumlah Rata-rata	25,25		29,00		29,50		30,25	
	8,41	0,34	9,66	0,39	9,83	0,39	10,08	0,40

Lanjutan Tabel III

Siklus ke-6	8,25	9,50	9,50	10,00
	8,50	10,00	10,00	10,00
	8,50	9,50	10,25	10,25
Jumlah Rata-rata	25,25 8,41 0,34	29,00 9,66 0,39	29,75 9,91 0,40	30,25 10,08 0,40
Siklus ke-7	8,25	9,50	9,50	10,25
	8,50	10,00	10,00	10,00
	8,50	9,50	10,25	10,25
Jumlah Rata-rata	25,25 8,41 0,34	29,00 9,66 0,39	29,75 9,91 0,40	30,50 10,16 0,41
Siklus ke-8	8,25	9,50	10,00	10,25
	8,50	10,00	10,00	10,00
	8,50	9,50	10,25	10,25
Jumlah Rata-rata	25,25 8,41 0,34	29,00 9,66 0,39	30,25 10,08 0,40	30,50 10,16 0,41
Siklus ke-9	8,25	9,50	10,00	10,25
	8,50	10,00	10,00	10,00
	8,50	9,50	10,25	10,25
Jumlah Rata-rata	25,25 8,41 0,34	29,00 9,66 0,39	30,25 10,08 0,40	30,50 10,16 0,41
Siklus ke-10	8,25	9,50	10,00	10,25
	8,50	10,00	10,00	10,25
	8,50	9,50	10,25	10,25
Jumlah Rata-rata	25,25 8,41 0,34	29,00 9,66 0,39	30,25 10,08 0,40	30,50 10,16 0,41

Keterangan :  $V_o$  = volume total suspensi sebelum sedimentasi (25 ml)  
 $V_u$  = volume sedimen untuk tiap siklus (ml)  
 $F^u$  = volume sedimentasi =  $V_u/V_o$   
a, b, c = replikasi

TABEL IV  
HASIL PENGAMATAN KEMUDAHAN TERDISPERSI  
SEBELUM DAN SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Perlakuan	Kondisi dipaksakan	
	Sebelum (detik)	Sesudah (detik)
I a b c	415 435 420	495 510 500
Rata-rata	423,3	501,6
II a b c	340 335 325	440 425 415
Rata-rata	333,3	426,6
III a b c	195 195 180	275 270 260
Rata-rata	190,0	268,3
IV a b c	245 260 275	340 350 365
Rata-rata	260,0	351,6

Keterangan :

Formula I : Formula pembanding  
 Formula II, III, IV : Formula dengan konsentrasi avisel yang divariasikan  
 a, b, c : Replikasi.



TABEL V  
 DATA PERHITUNGAN PERPUTARAN 'BOB' (rpm)  
 PADA PEMBERIAN BEBAN UNTUK SUSPENSI I  
 SEBELUM DAN SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Perlakuan	Kondisi Dipaksakan							
	Sebelum				Sesudah			
Beban								
(Gram)	a	b	c	d	a	b	c	d
<b>A</b>								
Penambahan								
21,858	85,47	85,96	87,08	86,17	86,33	85,35	85,11	85,60
41,858	172,41	172,91	171,43	172,25	168,07	169,01	168,54	168,54
61,858	243,90	242,92	244,59	243,80	233,46	239,04	237,15	236,55
81,858	300,00	322,58	320,86	314,48	309,28	314,14	306,12	309,85
101,858	434,78	444,44	441,18	440,13	428,57	402,69	400,00	410,42
Pengurangan								
81,858	340,90	323,67	317,46	329,34	292,69	303,03	297,03	297,58
61,858	259,74	241,94	241,94	247,87	232,56	233,46	229,89	231,97
41,858	173,91	171,43	169,97	171,77	167,13	166,67	165,29	166,34
21,858	84,74	84,99	84,15	84,36	85,59	83,92	83,33	84,28
<b>B</b>								
Penambahan								
21,858	90,90	82,19	81,63	84,82	79,47	78,53	72,99	76,80
41,858	199,36	167,60	168,54	178,50	161,29	162,60	158,31	160,73
61,858	285,71	243,90	248,96	259,52	244,90	240,96	240,00	241,95
81,858	375,00	322,58	329,67	342,42	319,15	315,79	317,46	317,47
101,858	461,54	389,61	405,41	418,85	382,17	392,16	394,74	389,69
121,858	540,54	447,76	472,44	486,91	454,55	461,54	458,02	458,04
141,858	689,66	582,52	618,56	630,25	555,56	560,75	576,92	564,41
Pengurangan								
121,858	600,00	504,20	535,71	546,64	512,82	521,74	535,71	523,42
101,858	517,72	441,12	461,54	473,46	451,13	454,55	465,12	456,93
81,858	451,13	355,03	394,74	400,30	375,00	382,17	400,00	305,72
61,858	365,85	269,06	319,19	318,03	307,69	319,15	324,32	317,05
41,858	186,34	164,38	165,75	172,16	163,04	163,49	160,43	162,32
21,858	147,06	104,53	110,50	120,70	117,19	114,94	112,15	114,76

Keterangan : A = Pemberian beban sampai maksimum I  
 B = Pemberian beban sampai maksimum II

a, b, c = Replikasi rpm  
 d = rata-rata rpm

TABEL VI  
 DATA PERHITUNGAN PERPUTARAN 'BOB' (rpm)  
 PADA PEMBERIAN BEBAN UNTUK SUSPENSI II  
 SEBELUM DAN SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Perlakuan	Kondisi Dipaksakan							
	Sebelum				Sesudah			
	a	b	c	d	a	b	c	d
<b>A</b>								
Penaambahan								
21,858	87,59	89,29	87,85	88,24	85,35	87,85	86,08	86,43
41,858	176,47	179,64	177,51	177,87	170,94	172,41	171,45	171,59
61,858	256,41	256,41	259,74	257,52	247,90	247,90	248,96	248,25
81,858	337,08	342,86	335,20	338,38	333,33	331,49	320,86	328,56
101,858	458,02	447,76	444,44	450,07	408,16	422,54	410,96	413,89
Pengurangan								
81,858	370,37	375,00	363,36	369,58	350,88	344,83	333,33	343,01
61,858	314,14	319,15	310,86	314,72	306,12	306,12	304,57	305,60
41,858	196,72	193,55	194,81	195,03	182,93	181,18	187,50	183,87
21,858	113,64	106,14	103,62	107,80	95,24	102,74	100,00	99,33
<b>B</b>								
Penaambahan								
21,858	85,59	87,21	88,75	87,18	83,33	84,38	78,84	82,18
41,858	187,50	175,95	182,37	181,94	169,97	167,13	161,72	116,27
61,858	260,87	255,32	264,32	260,17	244,89	250,00	248,96	247,95
81,858	331,49	352,94	342,86	309,10	319,15	331,49	319,15	323,63
101,858	400,00	441,17	416,67	419,28	405,40	394,74	397,35	399,19
121,858	535,71	517,24	500,00	520,68	458,02	454,54	450,82	454,46
141,858	666,67	681,18	631,18	652,80	576,92	594,06	582,52	584,50
Pengurangan								
121,858	550,46	530,97	545,45	542,29	521,74	530,97	521,74	524,82
101,858	444,44	454,55	480,00	459,66	425,53	454,54	461,54	447,21
81,858	392,16	375,10	402,68	389,95	363,64	375,00	394,74	377,79
61,858	319,15	272,72	300,00	297,29	254,92	256,41	248,96	253,43
41,858	254,24	187,50	253,16	231,63	186,92	198,68	215,83	200,48
21,858	120,00	114,72	109,09	114,60	119,28	114,72	109,09	114,36

Keterangan : A = Pemberian beban sampai maksimum I  
 B = Pemberian beban sampai maksimum II  
 a, b, c = Replikasi rpm  
 d = rata-rata rpm

TABEL VII  
 DATA PERHITUNGAN PERPUTARAN 'BOB' (rpm)  
 PADA PEMBERIAN BEBAN UNTUK SUSPENSII III  
 SEBELUM DAN SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Perlakuan	Kondisi Dipaksakan							
	Sebelum				Sesudah			
	a	b	c	d	a	b	c	d
<b>A</b>								
Penambahan								
21,858	80,21	81,41	80,40	80,54	76,92	73,08	72,38	74,13
41,858	164,84	167,13	163,49	165,15	155,84	154,24	139,21	149,76
61,858	241,94	242,92	240,00	241,62	229,89	227,27	229,01	228,72
81,858	309,28	310,88	306,12	308,76	281,69	284,36	273,97	280,01
101,858	422,59	413,79	428,57	421,63	394,74	400,00	400,00	398,25
Pengurangan								
81,858	335,20	340,90	338,98	338,36	320,86	315,79	317,46	318,04
61,858	309,28	303,03	304,57	305,63	255,32	250,00	252,10	252,47
41,858	189,87	184,62	180,72	185,07	179,64	179,10	176,47	178,40
21,858	92,60	94,64	93,90	93,71	89,15	88,50	88,88	88,84
<b>B</b>								
Penambahan								
21,858	79,47	74,53	84,99	79,66	76,33	72,38	73,08	73,89
41,858	164,38	162,60	174,93	167,30	153,85	155,44	138,89	149,39
61,858	241,94	233,46	252,10	242,50	225,56	214,29	227,73	222,52
81,858	319,15	359,28	335,19	337,87	273,97	275,23	306,12	285,11
101,858	392,16	384,62	408,16	394,98	303,03	350,88	337,08	330,33
121,858	451,13	441,18	472,44	454,92	361,45	392,15	379,75	337,78
141,858	612,24	606,06	631,58	616,63	566,03	576,92	582,52	575,15
Pengurangan								
121,858	521,74	530,97	550,46	534,39	444,44	480,00	512,82	479,08
101,858	444,44	454,55	465,12	454,70	359,28	375,00	375,00	369,76
81,858	377,36	422,54	400,00	399,97	295,57	297,03	315,66	302,75
61,858	315,79	319,15	342,86	325,93	231,66	233,46	231,66	232,26
41,858	236,22	258,62	250,00	248,28	208,33	211,26	189,27	202,95
21,858	100,00	101,35	113,21	104,85	91,74	107,14	107,14	102,01

Keterangan : A = Pemberian beban sampai maksimum I  
 B = Pemberian beban sampai maksimum II  
 a, b, c = Replikasi rpa  
 d = rata-rata rpa



TABEL VIII  
 DATA PERHITUNGAN PERPUTARAN 'BOB' (rpm)  
 PADA PEMBERIAN BEBAN UNTUK SUSPENSI IV  
 SEBELUM DAN SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Perlakuan	Kondisi Dipaksakan							
	Sebelum				Setelah			
Beban								
(Gram)	a	b	c	d	a	b	c	d
<b>A</b>								
Penambahan								
21,858	67,27	66,67	66,23	66,72	66,45	64,52	66,30	65,76
41,858	152,67	151,90	150,75	151,77	148,15	146,70	145,28	146,71
61,858	227,27	225,56	224,72	225,85	219,78	215,83	220,59	218,73
81,858	284,36	295,56	285,71	288,54	269,06	273,97	272,72	271,92
101,858	394,74	384,62	389,61	389,66	375,00	375,00	382,17	377,39
Pengurangan								
81,858	310,88	314,14	307,69	310,90	300,00	288,16	298,51	295,56
61,858	292,68	288,46	285,71	288,95	220,59	272,72	266,67	253,33
41,858	170,46	171,43	169,49	170,46	158,73	156,25	155,84	156,94
21,858	85,60	84,99	84,51	85,03	81,63	80,97	81,19	81,26
<b>B</b>								
Penambahan								
21,858	73,71	70,75	72,90	72,45	71,34	63,16	63,76	66,08
41,858	150,00	148,15	145,98	148,04	145,63	145,28	146,34	145,75
61,858	226,42	223,15	222,22	223,90	202,70	208,33	210,52	207,18
81,858	306,12	300,00	288,46	298,19	275,23	263,16	275,23	271,21
101,858	363,64	372,67	361,14	365,82	307,69	303,03	300,00	303,57
121,858	437,96	437,96	428,57	434,83	375,00	379,75	375,00	376,58
141,858	566,03	566,03	555,56	562,54	530,97	540,54	540,54	537,35
Pengurangan								
121,858	480,00	495,87	476,19	484,02	431,65	431,65	447,76	437,02
101,858	434,78	451,13	434,78	441,23	357,14	372,67	370,37	366,73
81,858	363,64	365,85	348,84	359,44	301,51	292,68	301,50	298,56
61,858	288,46	294,12	272,72	285,10	229,00	226,41	226,41	227,27
41,858	229,88	215,05	214,28	219,74	187,50	171,43	176,47	178,47
21,858	92,30	94,94	91,88	93,04	85,71	82,98	81,60	83,43

Keterangan : A = Pemberian beban sampai maksimum I  
 B = Pemberian beban sampai maksimum II

a, b, c = Replikasi rpa  
 d = rata-rata rpa

TABEL IX  
 HASIL PERHITUNGAN TINGKAT TIKSOTROPIK (M) SUSPENSI  
 SEBELUM DAN SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Perlakuan	Kondisi	
	Sebelum (dyne.detik/cm <sup>2</sup> )	Sesudah (dyne.detik/cm <sup>2</sup> )
I		
a	0,000	0,000
b	0,000	0,000
c	0,000	0,000
Rata-rata	0,000	0,000
II		
a	0,083	0,097
b	0,040	0,038
c	0,035	0,003
Rata-rata	0,053	0,026
III		
a	0,111	0,057
b	0,099	0,044
c	0,108	0,091
Rata-rata	0,106	0,064
IV		
a	0,037	0,022
b	0,101	0,015
c	0,023	0,018
Rata-rata	0,054	0,018

Keterangan :

Formula I : Formula pembanding  
 Formula II, III, IV : Formula dengan konsentrasi avisel yang di-  
 variasikan  
 a, b, c : Replikasi.

TABEL X  
 DATA PERHITUNGAN LUAS DAERAH HISTERESIS  
 PADA BEBAN MAKSIMUM I  
 SEBELUM DAN SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Perlakuan	Kondisi	
	Sebelum (mm <sup>2</sup> )	Sesudah (mm <sup>2</sup> )
Formulasi		
I a	0,0	0,0
I b	0,0	0,0
I c	0,0	0,0
Rata-rata	0,0	0,0
II a	2485,9	1854,1
II b	2344,3	1875,5
II c	2089,3	1849,0
Rata-rata	2306,5	1859,5
III a	2489,7	1890,3
III b	2357,5	1788,0
III c	2428,2	2241,8
Rata-rata	2425,1	1973,4
IV a	2377,7	998,4
IV b	2203,4	1777,1
IV c	2217,0	1797,5
Rata-rata	2266,0	1524,3

Keterangan :

- Formulasi I : Formulasi pembandingan
- Formulasi II, III, IV : Formulasi dengan konsentrasi avisel yang divariasikan
- a, b, c : Replikasi.

TABEL XI  
 DATA PERHITUNGAN LUAS DAERAH HISTERESIS  
 PADA BEBAN MAKSIMUM II  
 SEBELUM DAN SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Perlakuan	Kondisi Dipaksakan	
	Sebelum (mm <sup>2</sup> )	Sesudah (mm <sup>2</sup> )
Formula		
I a	0,0	0,0
I b	0,0	0,0
I c	0,0	0,0
Rata-rata	0,0	0,0
II a	5221,3	3465,9
II b	1659,5	4657,4
II c	5704,8	5598,7
Rata-rata	4195,2	4574,0
III a	6740,6	4582,5
III b	8362,0	4504,8
III c	7594,6	4837,7
Rata-rata	7565,7	4641,7
IV a	6438,3	4154,7
IV b	7043,7	4101,3
IV c	6198,6	4486,8
Rata-rata	6560,2	4247,6

Keterangan :

Formula I : Formula pembandingan  
 Formula II, III, IV : Formula dengan konsentrasi avisel yang di -  
 variasikan  
 a, b, c : Replikasi.

TABEL XII  
 DATA NILAI 'YIELD' SUSPENSI  
 SEBELUM DAN SESUDAH KONDISI DIPAKSAKAN

Perlakuan	Kondisi	Dipaksakan
Formula	Sebelum (gram)	Sesudah (gram)
I	a	0,000
	b	0,000
	c	0,000
Rata-rata	0,000	0,000
II	a	1,763
	b	2,113
	c	1,863
Rata-rata	1,913	2,580
III	a	2,113
	b	2,463
	c	2,263
Rata-rata	2,280	2,480
IV	a	4,963
	b	4,363
	c	5,063
Rata-rata	4,796	3,263

Keterangan :

Formula I : Formula pembandingan  
 Formula II, III, IV : Formula dengan konsentrasi avisel yang divariasikan  
 a, b, c : Replikasi.



LAMPIRAN A  
 ANALISIS STATISTIK DATA VOLUME SEDIMENTASI (F)  
 MENGGUNAKAN PERCOBAAN FAKTORIAL 4 \* 2  
 REPLIKASI 3 x

Kondisi Formula	Sebelum kon - disi dipaksa- kan	Sesudah kon - disi dipaksa- kan	Jumlah	Rata-rata
I	0,34 0,34 0,36	0,33 0,34 0,34		
Jumlah	1,04	1,01	2,05	0,3416
II	0,40 0,40 0,40	0,38 0,40 0,38		
Jumlah	1,20	1,16	2,36	0,3933
III	0,41 0,41 0,42	0,40 0,40 0,41		
Jumlah	1,24	1,21	2,45	0,4083
IV	0,42 0,42 0,42	0,41 0,41 0,41		
Jumlah	1,26	1,23	2,49	0,4150
Jumlah	4,744	4,61	9,35	
Rata - rata	0,39	0,38		

$$\text{JK Rata-rata} = \frac{(9,35)^2}{4.2.3} = 3,642604$$

$$\text{JK Formula} = \frac{(2,05)^2 + (2,36)^2 + (2,45)^2 + (2,49)^2}{2.3}$$

- JK Rata-rata

$$= 3,662450 - 3,642604$$

$$= 0,019846$$

$$\text{JK Kondisi} = \frac{(4,74)^2 + (4,61)^2}{4.3} - \text{JK Rata-rata}$$

$$= 3,643308 - 3,642604$$

$$= 0,000704$$

$$\text{JK F} \times \text{K} = \frac{(1,04)^2 + (1,20)^2 + \dots + (1,23)^2}{3}$$

- JK Rata-rata - JK Formula - JK Kondisi

$$= 3,663167 - 3,642604 - 0,019896$$

$$- 0,000704$$

$$= 0,0000125$$

$$\text{JK Total} = (0,34)^2 + (0,34)^2 + \dots + (0,41)^2$$

- JK Rata-rata

$$= 3,663900 - 3,642604$$

$$= 0,021296$$

TABEL ANOVA

Sumber	D.B	J.K	K.T	F.H
Formula	3	0,019846	0,0066153	144,43
Kondisi	1	0,000704	0,000704	15,37
F . K	3	0,000013	0,0000043	0,09
Sisa	16	0,000733	0,000046	
Total	23	0,021296		

FD (3,16)	5 % = 3,24	————>	FH = 144,43	>	3,24	(s)
	1 % = 5,29	————>	FH = 144,43	>	5,29	(s.s)
FD (1,16)	5 % = 4,49	————>	FH = 15,37	>	4,49	(s)
	1 % = 8,53	————>	FH = 15,37	>	8,53	(s.s)
FD (3,16)	5 % = 3,24	————>	FH = 0,09	<	3,24	(n.s)
	1 % = 5,29	————>	FH = 0,09	<	5,29	(n.s)

Analisa antara Formula dilakukan dengan uji Duncan

DB = 16

$\alpha = 5 \%$

P	2	3	4
JN	3,00	3,15	3,23
JNT	0,0083	0,0087	0,0089

$$JNT = JN \times \sqrt{(KT \text{ sisa}/n)}$$

$$JNT_2 = 3,00 \times \sqrt{\frac{0,000046}{6}} = 0,0083$$

Formula	I	II	III	IV
	0,3416	0,3933	0,4083	0,4150

Perbandingan antar formula

- IV - III, jarak 2,  $JNT_2 = 0,0083 > 0,0067$  (n.s)
- IV - II, jarak 3,  $JNT_3 = 0,0087 < 0,0217$  (s)
- IV - I, jarak 4,  $JNT_4 = 0,0089 < 0,0734$  (s)

Formula	I(0,3416)	II(0,3933)	III(0,4083)	IV(0,4150)
I (0,3416)	-	s	s	s
II (0,3933)	s	-	s	s
III(0,4083)	s	s	-	n.s
IV (0,4150)	s	s	n.s	-

DB = 16

$\alpha = 1\%$

p	2	3	4
JN	4,13	4,34	4,45
JNT	0,0114	0,0119	0,0123

Formula	I	II	III	IV
	0,3416	0,3933	0,4083	0,4150

## Perbandingan antar formula

1. IV - III, jarak 2,  $JNT_2 = 0,0114 > 0,0067$  (n.s)
2. IV - II, jarak 3,  $JNT_3 = 0,0119 < 0,0217$  (s.s)
3. IV - I, jarak 4,  $JNT_4 = 0,0123 < 0,0734$  (s.s)

Formula	I(0,3416)	II(0,3933)	III(0,4083)	IV(0,4150)
I (0,3416)	-	s.s	s.s	s.s
II (0,3933)	s.s	-	s.s	s.s
III(0,4083)	s.s	s.s	-	n.s
IV (0,4150)	s.s	s.s	n.s	-

**LAMPIRAN B**  
**ANALISIS STATISTIK DATA KEMUDAHAN TERDISPERSI KEMBALI**  
**MENGGUNAKAN PERCOBAAN FAKTORIAL 4 \* 2**  
**REPLIKASI 3 X**

Kondisi Formula	sebelum kondisi dipaksakan	sesudah kondisi dipaksakan	jumlah	rata-rata
I	415 435 420	495 510 500		
Jumlah	1270	1505	2775	462,50
II	340 335 325	440 425 415		
Jumlah	1000	1280	2280	380
III	195 195 180	275 270 260		
Jumlah	570	805	1375	229,17
IV	245 260 275	340 350 365		
Jumlah	780	1055	1835	305,83
Jumlah	3620	4645	8265	
	301,67	384,08		

$$\begin{aligned} \text{JK Rata-rata} &= \frac{(8265)^2}{4.3.2} = 2846259,38 \\ &= \frac{(2775)^2 + (2280)^2 + (1375)^2 + (1835)^2}{2.3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &- \text{Jk Rata-rata} \\ &= 3026145,83 - 2846259,38 \\ &= 179886,46 \end{aligned}$$

$$\text{JK Kondisi} = \frac{(3620)^2 + (4645)^2}{4.3} - \text{JK Rata-rata}$$

$$\begin{aligned} &= 2890035,42 - 2846259,38 \\ &= 43776,04 \end{aligned}$$

$$\text{JK F x K} = \frac{(1270)^2 + (1000)^2 + \dots + (1055)^2}{3}$$

$$\begin{aligned} &- \text{JK Rata-rata} \\ &= 3070225 - 2846259,38 - 179886,46 \\ &- 43776,04 \\ &= 303,13 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (415)^2 + (435)^2 + \dots + (365)^2 \\ &- \text{JK Rata-rata} \\ &= 3072025 - 2846259,38 \\ &= 225765,63 \end{aligned}$$

TABEL ANOVA

Sumber	D.B	J.K	K.T	F.H
Formula	3	179886,4	59962,15	532,997
Kondisi	1	43776,04	43776,04	389,12
F . K	3	303,13	101,04	0,90
Sisa	16	1800,00	112,50	
Total	23	225765,63		

FD (3,16)	5 % = 3,24	—————>	FH 532,99	>	3,24	(s)
	1 % = 5,29	—————>	FH 532,99	>	5,29	(s.s)
FD (1,16)	5 % = 4,49	—————>	FH 389,12	>	4,49	(s)
	1 % = 8,53	—————>	FH 389,12	>	8,53	(s.s)
FD (3,16)	5 % = 3,24	—————>	FH 0,90	>	3,24	(n.s)
	1 % = 5,29	—————>	FH 0,90	>	5,29	(n.s)

Analisa antara Formula dilakukan dengan uji Duncan

DB = 16

$\alpha = 5\%$

P	2	3	4
JN	3,00	3,15	3,23
JNT	12,99	13,64	13,99



$$JNT = JN \times \sqrt{(KT \text{ sisa}/n)}$$

$$JNT_2 = 3,00 \times \sqrt{\frac{112,50}{6}} = 12,99$$

Formula	III	IV	II	I
	229,17	305,83	380	462,50

Perbandingan antar formula

1. I - II, jarak 2,  $JNT_2 = 12,99 < 82,5$  (s)
2. I - IV, jarak 3,  $JNT_3 = 13,64 < 156,67$  (s)
3. I - III, jarak 4,  $JNT_4 = 13,99 < 233,33$  (s)

Formula	I(462,5)	II(380,0)	III(229,17)	IV(305,83)
I (462,5)	-	s	s	s
II (380,0)	s	-	s	s
III(229,17)	s	s	-	s
IV (305,83)	s	s	s	-

DB = 16

$\alpha = 1\%$

P	2	3	4
JN	4,13	4,34	4,45
JNT	17,88	18,79	19,27

Formula	III	IV	II	I
	229,17	305,83	380	462,50

## Perbandingan antar formula

1. I - II, jarak 2,  $JNT_2 = 17,88 < 82,5$  (s.s)
2. I - IV, jarak 3,  $JNT_3 = 18,79 < 156,67$  (s.s)
3. I - III, jarak 4,  $JNT_4 = 19,27 < 233,33$  (s.s)

Formula	I(462,5)	II(380,0)	III(229,17)	IV(305,83)
I (462,5)	-	s.s	s.s	s.s
II (380,0)	s.s	-	s.s	s.s
III(229,17)	s.s	s.s	-	s.s
IV (305,83)	s.s	s.s	s.s	-

**LAMPIRAN C**  
**ANALISIS STATISTIK TINGKAT TIKSOTROPIK (M)**  
**MENGGUNAKAN PERCOBAAN FAKTORIAL 4 \* 2**  
**REPLIKASI 3 X**

Kondisi	Sebelum kondisi dipaksakan	Sesudah kondisi dipaksakan	Jumlah	Rata-rata
Formula				
I	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00		
Jumlah	0,00	0,00	0,00	0,00
II	0,083 0,040 0,035	0,067 0,008 0,003		
Jumlah	0,158	0,078	0,236	0,039
III	0,111 0,099 0,108	0,057 0,044 0,091		
Jumlah	0,318	0,192	0,510	0,085
IV	0,037 0,101 0,023	0,022 0,015 0,018		
Jumlah	0,161	0,055	0,216	0,036
Jumlah	0,637	0,325	0,962	
Rata - rata	0,053	0,027		

$$\text{JK Rata-rata} = \frac{(0,962)^2}{4.2.3.} = 0,0386$$

$$\begin{aligned} \text{JK Formula} &= \frac{(0,00)^2 + (0,236)^2 + (0,510)^2 + (0,216)^2}{2.3} - \text{JK Rata-rata} \\ &= 0,0605 - 0,0386 \\ &= 0,0219 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Kondisi} &= \frac{(0,637)^2 + (0,325)^2}{4.3} - \text{JK Rata-rata} \\ &= 0,0427 - 0,0386 \\ &= 0,0041 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK F x K} &= \frac{(0,00)^2 + (0,158)^2 + \dots + (0,055)^2}{3} - \text{JK Rata-rata} \\ &\quad - \text{JK Formula} - \text{JK Kondisi} \\ &= 0,0661 - 0,0386 - 0,0219 - 0,0041 \\ &= 0,0015 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (0,00)^2 + (0,00)^2 + (0,00)^2 + (0,083)^2 + \dots + (0,055)^2 \\ &\quad - \text{JK Rata-rata} \\ &= 0,0747 - 0,0386 \\ &= 0,0361 \end{aligned}$$

TABEL ANOVA

Sumber	DB	JK	KT	FH
Formula	3	0,0219	0,00731	13,6084
Kondisi	1	0,0041	0,0041	7,6279
F x K	3	0,0015	0,0005	0,9302
Sisa	16	0,0086	0,00054	
Total	23	0,0361		

FD (3,16) 5 % = 3,24  $\longrightarrow$  FH 13,6084 > 3,24 (s)  
 1 % = 5,29  $\longrightarrow$  FH 13,6084 > 5,29 (s.s)  
 FD (1,16) 5 % = 4,49  $\longrightarrow$  FH 7,6279 > 4,49 (s)  
 1 % = 8,53  $\longrightarrow$  FH 7,6279 < 8,53 (n.s)  
 FD (3,16) 5 % = 3,24  $\longrightarrow$  FH 0,9302 < 3,24 (n.s)  
 1 % = 5,29  $\longrightarrow$  FH 0,9302 < 5,29 (n.s)

Analisis antar formula dilakukan dengan uji Duncan

DB = 16

$\alpha = 5\%$

p	2	3	4
JN	3,00	3,15	3,23
JNT	0,0284	0,0298	0,0306

$$JNT = JN \times \sqrt{\frac{KT \text{ sisa}}{n}}$$

$$JNT_2 = 3,00 \times \sqrt{\frac{0,00054}{6}} = 0,0284$$

Formula :            I                    IV                    II                    III  
                          0,00                    0,036                    0,039                    0,085



Perbandingan antar formula

1. III - II, jarak 2,  $JNT_2 = 0,0284 < 0,046$  (s)
2. III - IV, jarak 3,  $JNT_3 = 0,0298 < 0,049$  (s)
3. III - I, jarak 4,  $JNT_4 = 0,0306 < 0,085$  (s)

Formula	I(0,00)	II(0,039)	III(0,085)	IV(0,036)
I (0,00)	-	s	s	s
II (0,039)	s	-	s	n.s
III (0,085)	s	s	-	s
IV (0,036)	s	n.s	s	-

DB = 16

$\alpha = 1\%$

p	2	3	4
JN	4,13	4,34	4,45
JNT	0,0391	0,0411	0,0421

Perbandingan antar formula

1. III - II, jarak 2,  $JNT_2 = 0,0391 < 0,046$  (s)
2. III - IV, jarak 3,  $JNT_3 = 0,0411 < 0,049$  (s)
3. III - I, jarak 4,  $JNT_4 = 0,0421 < 0,085$  (s)

Formula	I(0,00)	II(0,039)	III(0,085)	IV(0,036)
I (0,00)	-	s	s	n.s
II (0,039)	s	-	s	n.s
III (0,085)	s	s	-	s
IV (0,036)	n.s	n.s	s	-

**LAMPIRAN D**  
**ANALISIS STATISTIK LUAS DAERAH HISTERESIS**  
**UNTUK MAKSIMUM I**  
**MENGGUNAKAN PERCOBAAN FAKTORIAL 4 \* 2**  
**REPLIKASI 3 x**

Kondisi Formula	Sebelum kondisi si dipaksakan	Sesudah kondisi si dipaksakan	Jumlah	Rata - rata
I	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00		
Jumlah	0,00	0,00	0,00	0,00
II	2485,9 2344,3 2089,3	1854,1 1875,5 1849,0		
Jumlah	6919,5	5578,6	12498,1	2083,0
III	2489,7 2357,5 2428,2	1890,3 1788,0 2241,8		
Jumlah	7275,4	5920,1	13195,5	2199,3
IV	2377,7 2203,4 2217,0	998,4 1777,1 1797,5		
Jumlah	6798,1	4573,0	11371,1	1895,2
Jumlah	20993,0	16071,7	37064,7	
Rata - rata	1749,4	1339,3		

$$\text{JK Rata-rata} = \frac{(37064,7)^2}{4.2.3} = 57241332,75$$

$$\text{JK Formula} = \frac{(0,00)^2 + (12498,1)^2 + (13195,5)^2 + (11371,1)^2}{2.3}$$

- JK Rata-rata

$$= 76604273,18 - 57241332,75$$

$$= 19362940,43$$

$$\text{JK Kondisi} = \frac{(20993,0)^2 + (16071,7)^2}{4.3} - \text{JK Rata-rata}$$

$$= 58250465,82 - 57241332,75$$

$$= 10019133,07$$

$$\text{JK F x K} = \frac{(0,00)^2 + (6919,5)^2 + \dots + (4573,0)^2}{3}$$

- JK Rata-rata - JK Formula - JK Kondisi

$$= 78035260,00 - 57241332,75 - 19362940,43$$

$$- 1009133,07$$

$$= 421853,75$$

$$\text{JK Total} = (0,00)^2 + (0,00)^2 + (0,00)^2 + \dots + (1797,5)^2$$

- JK Rata-rata

$$= 78672427,83 - 57241332,75$$

$$= 21431095,08$$



TABEL ANOVA

Sumber	DB	J K	K T	F H
Formula	3	19362940,43	6454313,48	162,08
Kondisi	1	1009133,07	1009133,07	25,34
F x K	3	421853,75	140617,92	3,53
Sisa	16	637167,83	39822,99	
Total	23	21431098,08		

$$\begin{aligned} \text{FD (3,16)} \quad 5\% &= 3,24 \longrightarrow \text{FH} = 162,08 > 3,24 \text{ (s)} \\ 1\% &= 5,29 \longrightarrow \text{FH} = 162,08 > 5,29 \text{ (s.s)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FD (1,16)} \quad 5\% &= 4,49 \longrightarrow \text{FH} = 25,34 > 4,49 \text{ (s)} \\ 1\% &= 8,53 \longrightarrow \text{FH} = 25,34 > 8,53 \text{ (s.s)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{FD (3,16)} \quad 5\% &= 3,24 \longrightarrow \text{FH} = 3,53 > 3,24 \text{ (s)} \\ 1\% &= 5,29 \longrightarrow \text{FH} = 3,53 < 5,29 \text{ (n.s)} \end{aligned}$$

Analisa antara formula dilakukan dengan uji Duncan

$$\text{DB} = 16$$

$$\alpha = 5\%$$

p	2	3	4
JN	3,00	3,15	3,23
JNT	244,41	256,63	263,14

$$\text{JNT} = \text{JN} \times \sqrt{\frac{\text{KT sisa}}{n}}$$

$$\text{JNT}_2 = 3,00 \times \sqrt{\frac{39822,99}{6}} = 244,41$$

Formula :	I	IV	II	III
	0,00	1895,2	2083,0	2199,3

Perbandingan antar formula

1. III - II, jarak 2,  $JNT_2 = 244,41 > 116,3$  (n.s)
2. III - IV, jarak 3,  $JNT_3 = 256,63 < 304,1$  (s)
3. III - I, jarak 4,  $JNT_4 = 263,14 < 2199,3$  (s)

Formula	I(0,00)	II(2083,0)	III(2199,3)	IV(1895,2)
I (0,00)	-	s	s	s
II (2083,0)	s	-	n.s	n.s
III(2199,3)	s	n.s	-	s
IV (1895,2)	s	n.s	s	-

$$DB = 16$$

$$\alpha = 1\%$$

p	2	3	4
JN	4,13	4,34	4,45
JNT	336,47	353,58	362,54

Formula :	I	IV	II	III
	0,00	1895,2	2083,0	2199,3

Perbandingan antar formula

1. III - II, jarak 2,  $JNT_2 = 336,47 > 116,3$  (n.s)
2. III - IV, jarak 3,  $JNT_3 = 353,58 > 304,1$  (n.s)
3. III - I, jarak 4,  $JNT_4 = 362,54 < 2199,3$  (s.s)

Formula	I(0,00)	II(2083,0)	III(2199,3)	IV(1895,2)
I (0,00)	-	s.s	s.s	s.s
II (2083,0)	s.s	-	n.s	n.s
III(2199,3)	s.s	n.s	-	n.s
IV (1895,2)	s.s	n.s	n.s	-

**LAMPIRAN E**  
**ANALISIS STATISTIK LUAS DAERAH HISTERESIS**  
**UNTUK MAKSIMUM II**  
**MENGGUNAKAN PERCOBAAN FAKTORIAL 4 \* 2**  
**REPLIKASI 3 x**

Kondisi	Sebelum Kondisi dipaksakan	Sesudah kondisi dipaksakan	Jumlah	Rata - rata
Formula				
I	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00		
Jumlah	0,00	0,00	0,00	0,00
II	5221,3 1659,5 5704,8	3465,9 4657,4 5598,7		
Jumlah	12585,6	13722,0	26307,6	4384,6
III	6740,6 8302,0 7594,6	4582,5 4504,8 4837,7		
Jumlah	22697,2	13925,0	36622,2	6103,7
IV	6438,3 7043,7 6198,6	4154,7 4101,3 4486,8		
Jumlah	19680,6	12742,8	32423,4	5403,9
Jumlah	54963,4	40389,8	95353,2	
Rata-rata	4580,3	3365,8		

$$\text{JK Rata-rata} = \frac{(95353,2)^2}{4 \cdot 2 \cdot 3} = 378843031,3$$

$$\begin{aligned} \text{JK Formula} &= \frac{(0,00)^2 + (\dots)^2 + (32423,4)^2}{2 \cdot 3} - \text{JK Rata-rata} \\ &= 514092136,3 - 378843031,3 \\ &= 135249005,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Kondisi} &= \frac{(54963,4)^2 + (40389,8)^2}{4 \cdot 3} - \text{JK Rata-rata} \\ &= 387692607,0 - 378843031,3 \\ &= 8849575,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK F} \times \text{K} &= \frac{(0,00)^2 + (12585,6)^2 + \dots + (12742,8)^2}{3} \\ &\quad - \text{JK Rata-rata} - \text{JK Formula} - \text{JK Kondisi} \\ &= 535154697,5 - 378843031,3 - 135249005,1 \\ &\quad - 8849575,7 \\ &= 12213083,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= (0,00)^2 + (0,00)^2 + \dots + (4486,8)^2 \\ &\quad - \text{JK Rata-rata} \\ &= 549044114,9 - 378843031,3 \\ &= 170201083,7 \end{aligned}$$

TABEL ANOVA

Sumber	DB	J K	K T	F H
Formula	3	135249005,1	45083001,7	51,93
Kondisi	1	8849575,7	8849575,1	10,19
F x K	3	12213085,4	4071028,5	4,69
Sisa	16	13889417,5	868088,64	
Total	23	170201083,7		

$$FD (3,16) \quad 5 \% = 3,24 \longrightarrow FH = 51,93 > 3,24 (s)$$

$$1 \% = 5,24 \longrightarrow FH = 51,93 > 5,29 (s.s)$$

$$FD (1,16) \quad 5 \% = 4,49 \longrightarrow FH = 10,19 > 4,49 (s)$$

$$1 \% = 8,53 \longrightarrow FH = 10,19 > 8,53 (s.s)$$

$$FD (3,16) \quad 5 \% = 3,24 \longrightarrow FH = 4,69 > 3,24 (s)$$

$$1 \% = 5,24 \longrightarrow FH = 4,69 < 5,24 (n.s)$$

Analisa antar formula dilakukan dengan uji Duncan

$$D B = 16$$

$$\alpha = 5 \%$$

P	2	3	4
JN	3,00	3,15	3,23
JNT	1141,11	1198,17	1228,60

$$JNT = JN \times \sqrt{\frac{KT \text{ sisa}}{n}}$$

$$JNT_2 = 3,00 \times \sqrt{\frac{868088,59}{6}}$$

$$= 1141,11$$

Formula :	I	II	IV	III
	0,00	4384,6	5403,9	6103,7

Perbandingan antar formula

1. III - IV, jarak 2,  $JNT_2 = 1411,11 > 699,8$  (n.s)
2. III - II, jarak 3,  $JNT_3 = 1198,17 < 1719,1$  (s)
3. III - I, jarak 4,  $JNT_4 = 1228,6 < 6103,7$  (s)

Formula	I(0,00)	II(4384,6)	III(6103,7)	IV(5463,9)
I (0,00)	-	s	s	s
II (4384,6)	s	-	n.s	s
III (6103,7)	s	n.s	-	n.s
IV (5763,1)	s	s	n.s	-

$$D B = 16$$

$$\alpha = 1\%$$

p	2	3	4
JN	4,13	4,34	4,45
JNT	1570,93	1650,81	1692,65

Formula :	I	II	IV	III
	0,00	4384,6	5403,9	6103,7

Perbandingan antar formula

1. III - IV, jarak 2,  $JNT_2 = 1570,93 > 699,8$  (n.s)
2. III - II, jarak 3,  $JNT_3 = 1650,81 < 1719,1$  (s.s)
3. III - I, jarak 4,  $JNT_4 = 1692,65 < 6103,7$  (s.s)

Formula	I(0,00)	II(4384,6)	III(6103,7)	IV(5403,9)
I (0,00)	-	s.s	s.s	s.s
II (4384,6 )	s.s	-	s.s	s.s
III (6103,7 )	s.s	s.s	-	n.s
IV (5403,9 )	s.s	s.s	n.s	-



LAMPIRAN F  
 ANALISIS STATISTIK NILAI 'YIELD'  
 MENGGUNAKAN PERCOBAAN FAKTORIAL 4 \* 2  
 REPLIKASI 3 x

Kondisi	Sebelum kon - disi dipaksa- kan	Sesudah kon - disi dipaksa- kan	Jumlah	Rata-rata
Formula				
I	0,00 0,00 0,00	0,00 0,00 0,00		
Jumlah	0,00	0,00	0,00	0,00
II	1,763 2,113 1,863	2,513 2,763 2,463		
Jumlah	5,739	7,739	13,478	2,246
III	2,113 2,463 2,263	2,413 2,663 2,363		
Jumlah	6,839	7,439	14,278	2,380
IV	4,963 4,363 5,063	3,063 3,563 3,163		
Jumlah	14,389	9,789	24,178	4,030
Jumlah	26,967	24,967	51,934	
Rata - rata	2,247	2,081		

$$\text{JK Rata-rata} = \frac{(51,934)^2}{4.2.3} = 112,3808$$

$$\text{JK Formula} = \frac{(0,00)^2 + (13,478)^2 + (14,278)^2 + (24,178)^2}{2.3}$$

- JK Rata-rata

$$= 161,6822 - 122,3808$$

$$= 49,3014$$

$$\text{JK Kondisi} = \frac{(26,967)^2 + (24,967)^2}{4.3} - \text{JK Rata-rata}$$

$$= 112,5475 - 112,3808$$

$$= 0,1667$$

$$\text{JK F} \times \text{K} = \frac{(0,00)^2 + (5,739)^2 + \dots + (9,789)^2}{3}$$

- JK Rata-rata - JK Formula - JK Kondisi

$$= 165,9536 - 112,3808 - 49,3014$$

$$- 0,1667$$

$$= 4,0866$$

$$\text{JK Total} = (0,00)^2 + (0,00)^2 + \dots + (3,163)^2$$

- JK Rata-rata

$$= 166,5922 - 112,3808$$

$$= 54,2114$$

TABEL ANOVA

Sumber	D.B	J.K	K.T	F.H
Formula	3	49,3014	16,4338	400,39
Kondisi	1	0,1667	0,1667	4,06
F . K	3	4,0866	1,3622	33,19
Sisa	16	0,6567	0,0410	
Total	23	54,2114		

$FD(3,16) \quad 5\% = 3,24 \longrightarrow FH = 400,39 > 3,24 \quad (s)$   
 $1\% = 5,29 \longrightarrow FH = 400,39 > 5,29 \quad (s.s)$   
 $FD(1,16) \quad 5\% = 4,49 \longrightarrow FH = 4,06 < 4,49 \quad (n.s)$   
 $1\% = 8,53 \longrightarrow FH = 4,06 < 8,53 \quad (n.s)$   
 $FD(3,16) \quad 5\% = 3,24 \longrightarrow FH = 33,19 > 3,24 \quad (s)$   
 $1\% = 5,29 \longrightarrow FH = 33,19 < 5,29 \quad (s.s)$

Analisa antara Formula dilakukan dengan uji Duncan

DB = 16  $\alpha = 5\%$

P	2	3	4
JN	3,00	3,15	3,23
JNT	0,2481	0,2605	0,2672

$$JNT = JN \times \sqrt{KT \text{ sisa}/n}$$

$$JNT_2 = 3,00 \times \sqrt{\frac{0,0410}{6}} = 0,2481$$

Formula	I	II	III	IV
	0,00	2,246	2,380	4,030

Perbandingan antar formula

- IV - III, jarak 2,  $JNT_2 = 0,2481 < 1,65$  (s)
- IV - II, jarak 3,  $JNT_3 = 0,2605 < 1,79$  (s)
- IV - I, jarak 4,  $JNT_4 = 0,2672 < 4,03$  (s)

Formula	I(0,00)	II(2,246)	III(2,380)	IV(4,030)
I (0,00)	-	s	s	s
II (2,246)	s	-	n.s	s
III(2,380)	s	n.s	-	s
IV (4,030)	s	s	s	-

DB = 16

$\alpha = 1\%$

P	2	3	4
JN	4,13	4,34	4,45
JNT	0,3416	0,3590	0,3681

Formula	I	II	III	IV
	0,00	2,246	2,380	4,030

Perbandingan antar formula.

1. IV - III, jarak 2,  $JNT_2 = 0,3416 < 1,65$  (s.s)
2. IV - II, jarak 3,  $JNT_3 = 0,3590 < 1,79$  (s.s)
3. IV - I, jarak 4,  $JNT_4 = 0,3681 < 4,03$  (s.s)

Formula	I(0,00)	II(2,246)	III(2,380)	IV(4,030)
I (0,00)	-	s.s	s.s	s.s
II (2,246)	s.s	-	n.s	s.s
III(2,380)	s.s	n.s	-	s.s
IV (4,030)	s.s	s.s	s.s	-

LAMPIRAN 6  
PERHITUNGAN KONSTANTA ALAT

viskosita gliserin pada suhu 25°C

$$\eta = 1,11 \text{ poise}$$

Waktu yang diperlukan untuk berputar 100 kali,

$$v = 21,65 \text{ detik} = 277,14 \text{ rpm}$$

Beban yang ditambahkan

$$w = 83,145 \text{ gram}$$

maka :

$$\begin{aligned} K_v &= \eta \times \frac{v}{w} \\ &= 1,11 \times \frac{277,14}{83,145} \\ &= 3,7 \end{aligned}$$

LAMPIRAN H  
 CONTOH PERHITUNGAN KEKENTALAN DAN TINGKAT TIKSOTROPIK

$$\text{Rumus : } U = K_v \times \frac{(w - w_f)}{v} \quad (5)$$

$$M = \frac{2 (U_2 - U_1)}{\ln \left[ \frac{v_2}{v_1} \right]^2} \quad (5)$$

Keterangan :

- $U$  = Kekentalan (dyne det./cm<sup>2</sup>)
- $K_v$  = Konstanta alat = 3,7  
(lihat Lampiran G)
- $w_f$  = Perpotongan nilai 'yield' (gram)
- $M$  = Tingkat tiksotropik (dyne det./cm<sup>2</sup>)
- $v_1$  = Kecepatan geser pada maksimum I (rpm)
- $v_2$  = Kecepatan geser pada maksimum II (rpm)

Contoh :

Formula II, replikasi a

$$U_1 = 3,7 \times \frac{(101,858 - 1,763)}{458,02} = 0,8086 \text{ dyne det./cm}^2$$

$$U_2 = 3,7 \times \frac{(141,858 - 1,763)}{666,67} = 0,7508 \text{ dyne det./cm}^2$$

$$M = \frac{2 (0,8086 - 0,7508)}{\ln \left[ \frac{666,67}{458,02} \right]^2} = 0,083 \text{ dyne det./cm}^2$$

**LAMPIRAN I**  
**CONTOH PERHITUNGAN LUAS DAERAH HISTERESIS**

Luas daerah histeresis diperoleh dengan menghitung luas trapesium.

$$\text{Luas trapesium} = \frac{a + b}{2} \times c$$

Untuk maksimum I

$$\text{Luas} = \text{Luas trapesium I} + \text{luas trapesium II} + \text{luas trapesium III} + \text{luas trapesium IV}$$

Untuk maksimum II

$$\text{Luas} = \text{Luas trapesium I} + \text{luas trapesium II} + \text{luas trapesium III} + \text{luas trapesium IV} + \text{luas trapesium V} + \text{luas trapesium VI}$$

Contoh perhitungan gambar 2, sebelum kondisi dipaksakan

$$\text{Luas I} = \frac{19,56 + 17,16}{2} \times 20 = 367,1 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas II} = \frac{17,16 + 57,20}{2} \times 20 = 743,6 \text{ mm}^2$$

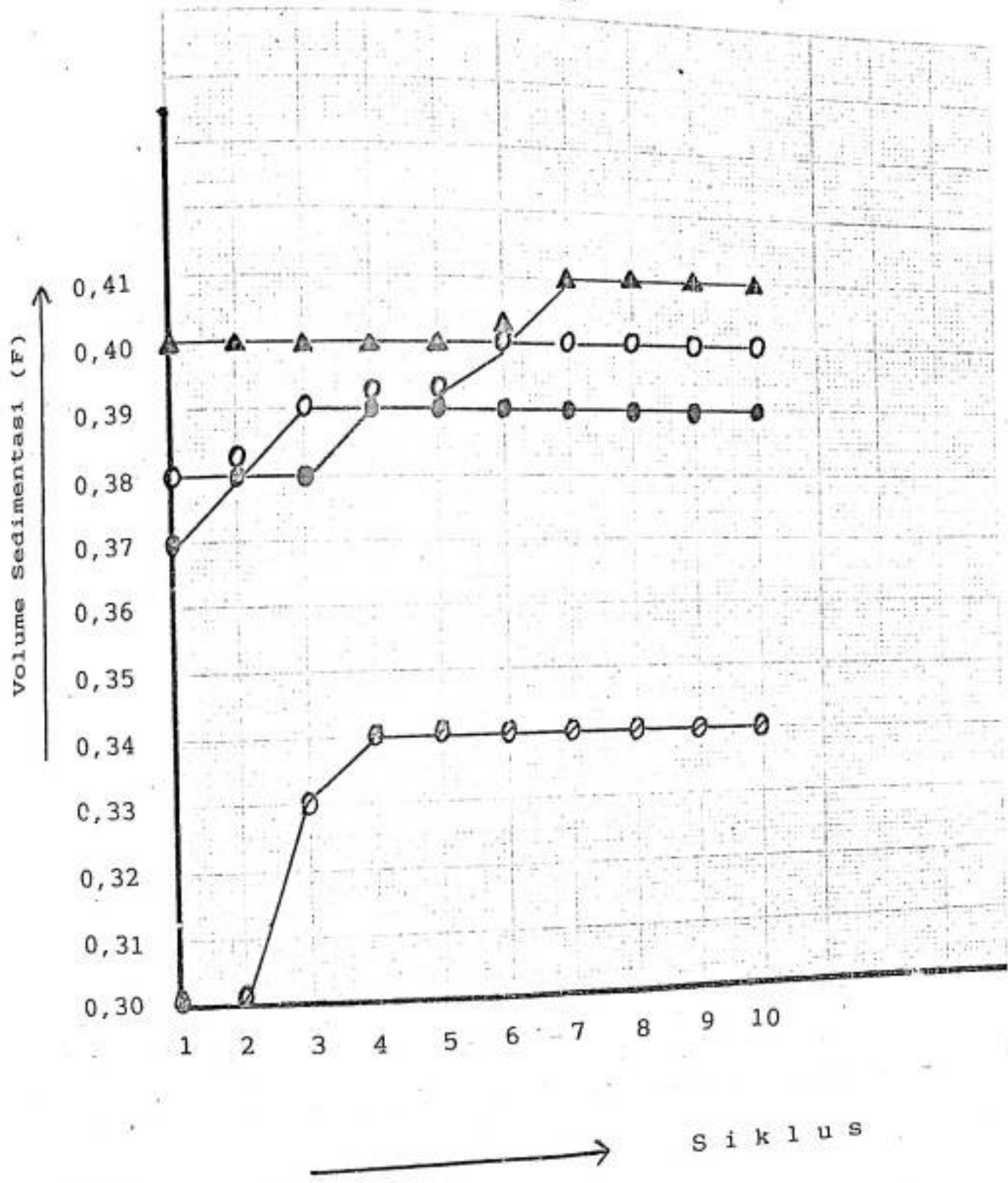
$$\text{Luas III} = \frac{57,20 + 31,20}{2} \times 20 = 884,0 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas IV} = \frac{31,20 + 0}{2} \times 20 = 312,0 \text{ mm}^2$$



Jadi :

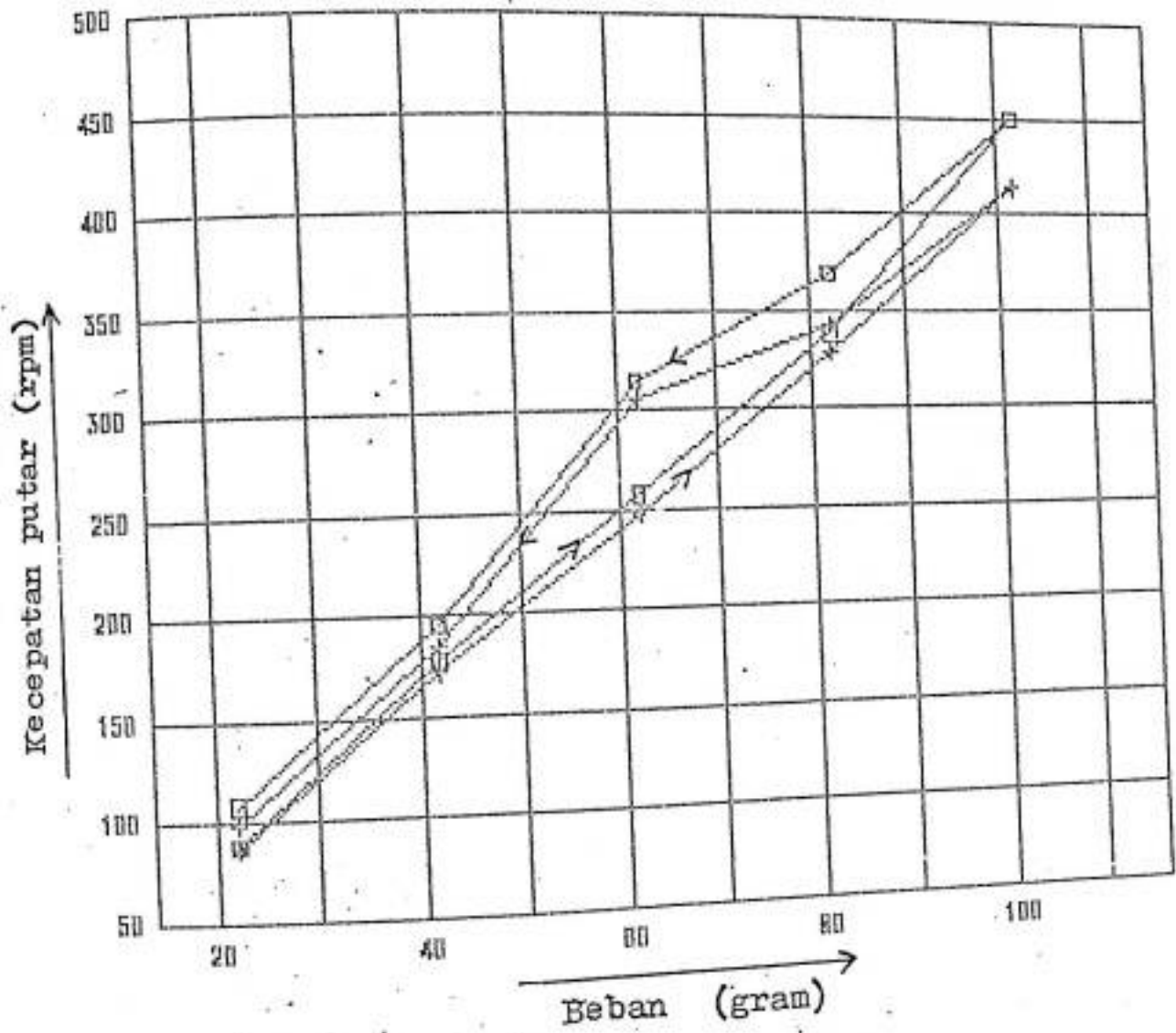
$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \text{Luas I} + \text{Luas II} + \text{Luas III} + \text{Luas IV} \\ &= (367,1 + 743,6 + 884,0 + 312,0) \text{ mm}^2 \\ &= 2306,5 \text{ mm}^2\end{aligned}$$



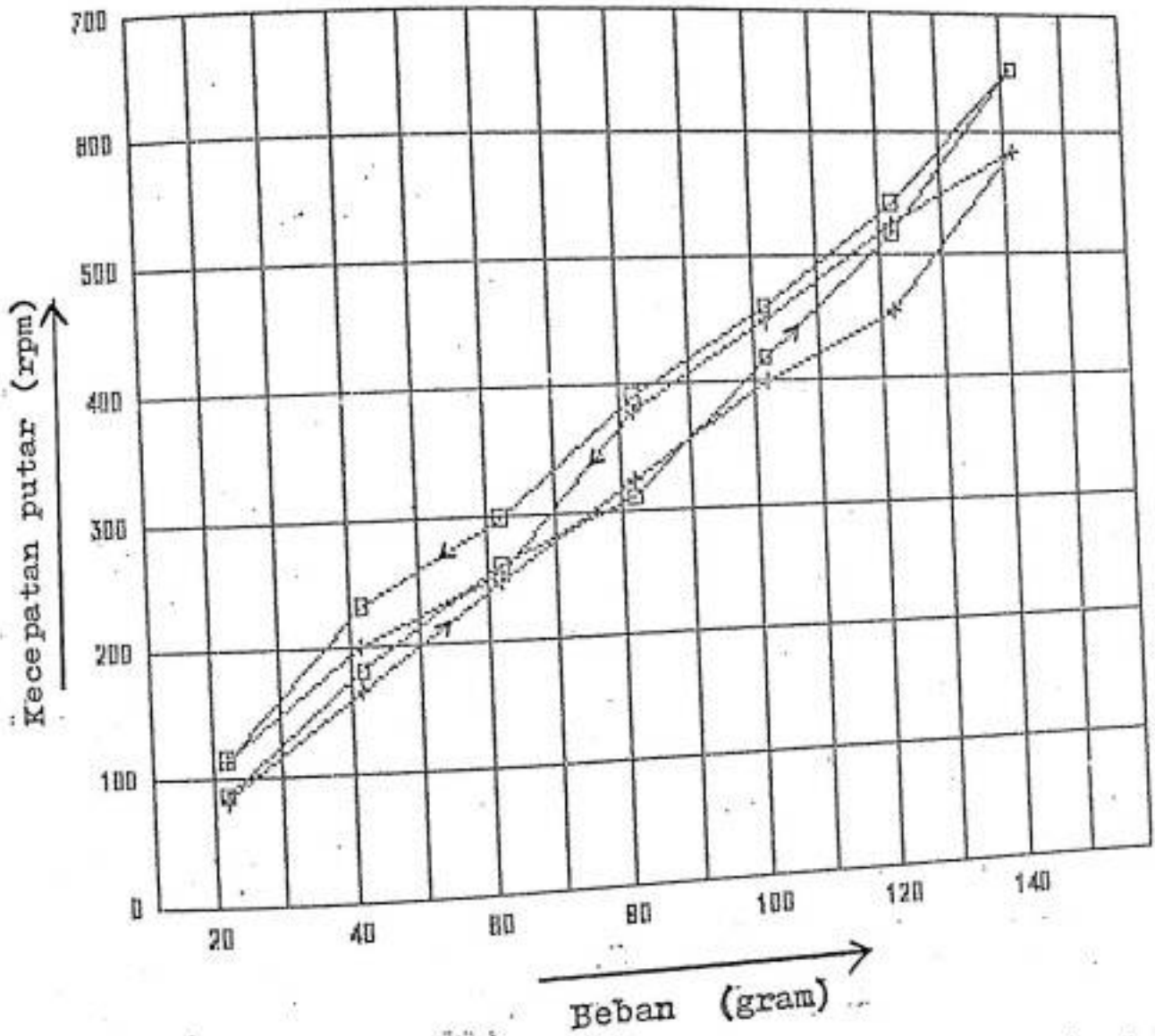
Gambar 1 : kurva hubungan volume sedimentasi dengan siklus penyimpanan

Keterangan :

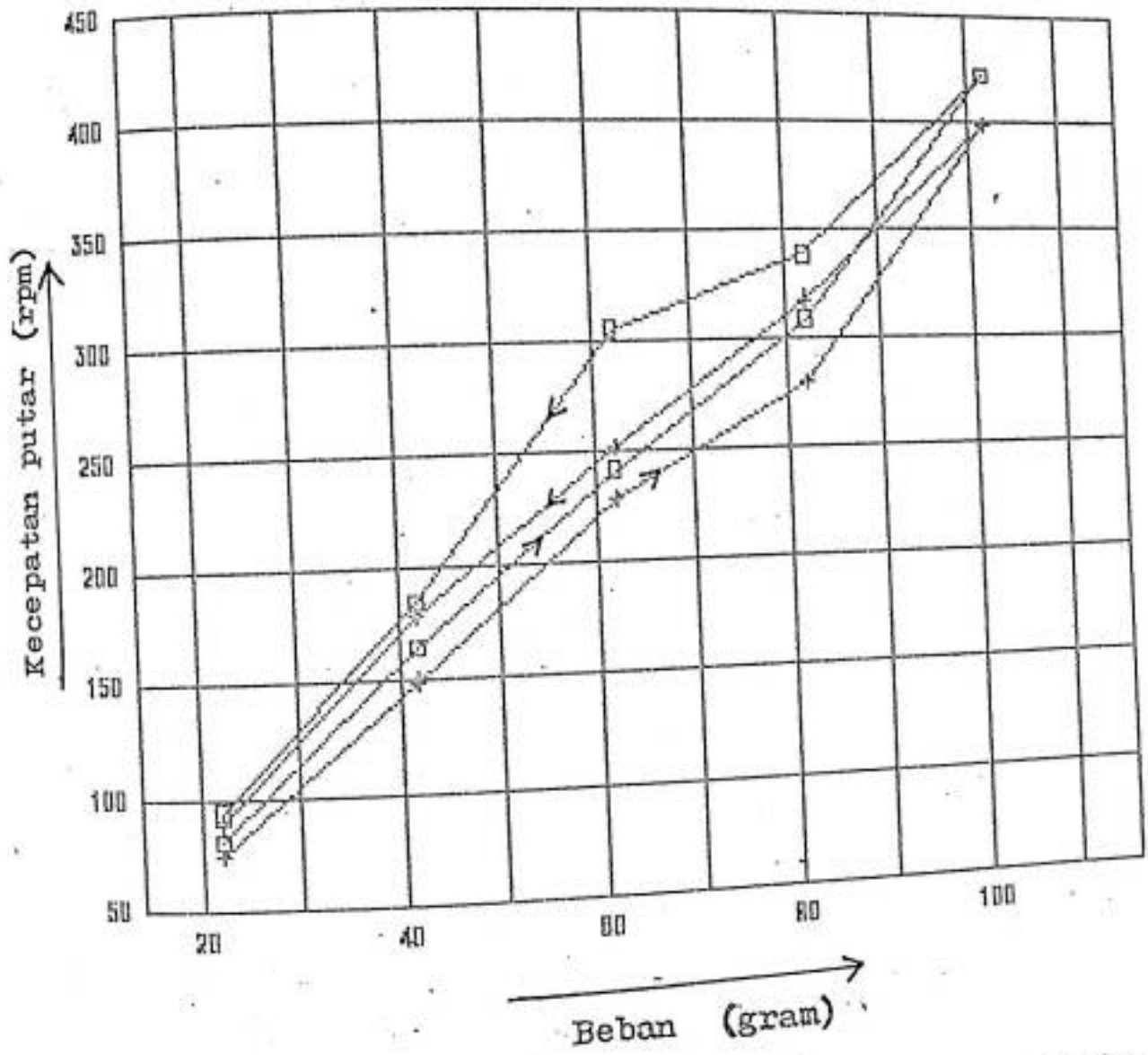
- : Suspensi I (Natrium CMC 0,8%) dan avisel 1,1%)
- : Suspensi II (Natrium CMC 0,8% dan avisel 2,1%)
- : Suspensi III (Natrium CMC 0,8% dan avisel 3,1%)
- ▲ : Suspensi IV (Natrium CMC 0,8% dan avisel 3,1%)



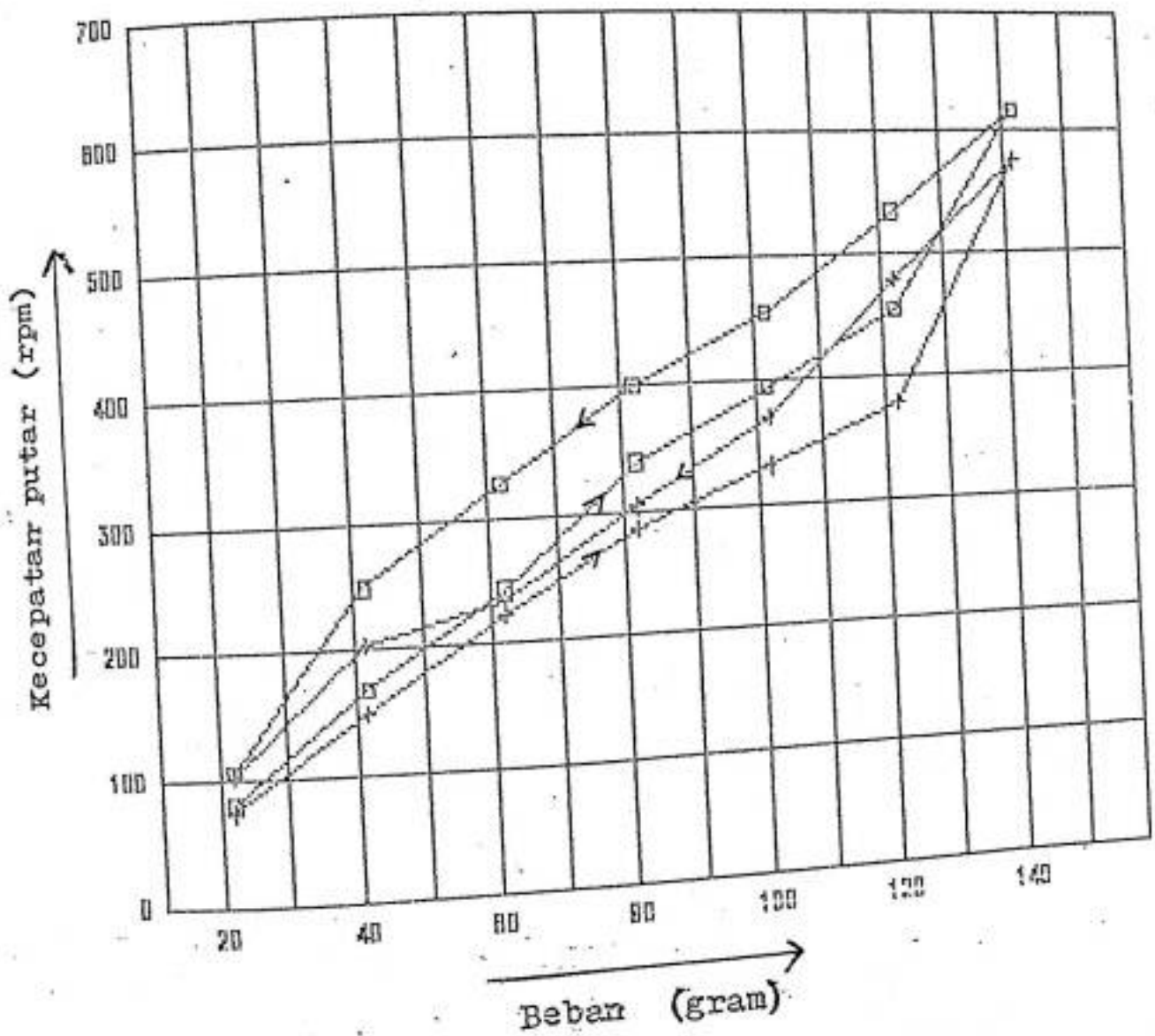
Gambar 2 : Kurva alir suspensi II pada beban maksimum I  
 Keterangan :  
 □ : Batas daerah histeresis sebelum kondisi dipaksakan  
 + : Batas daerah histeresis sesudah kondisi dipaksakan



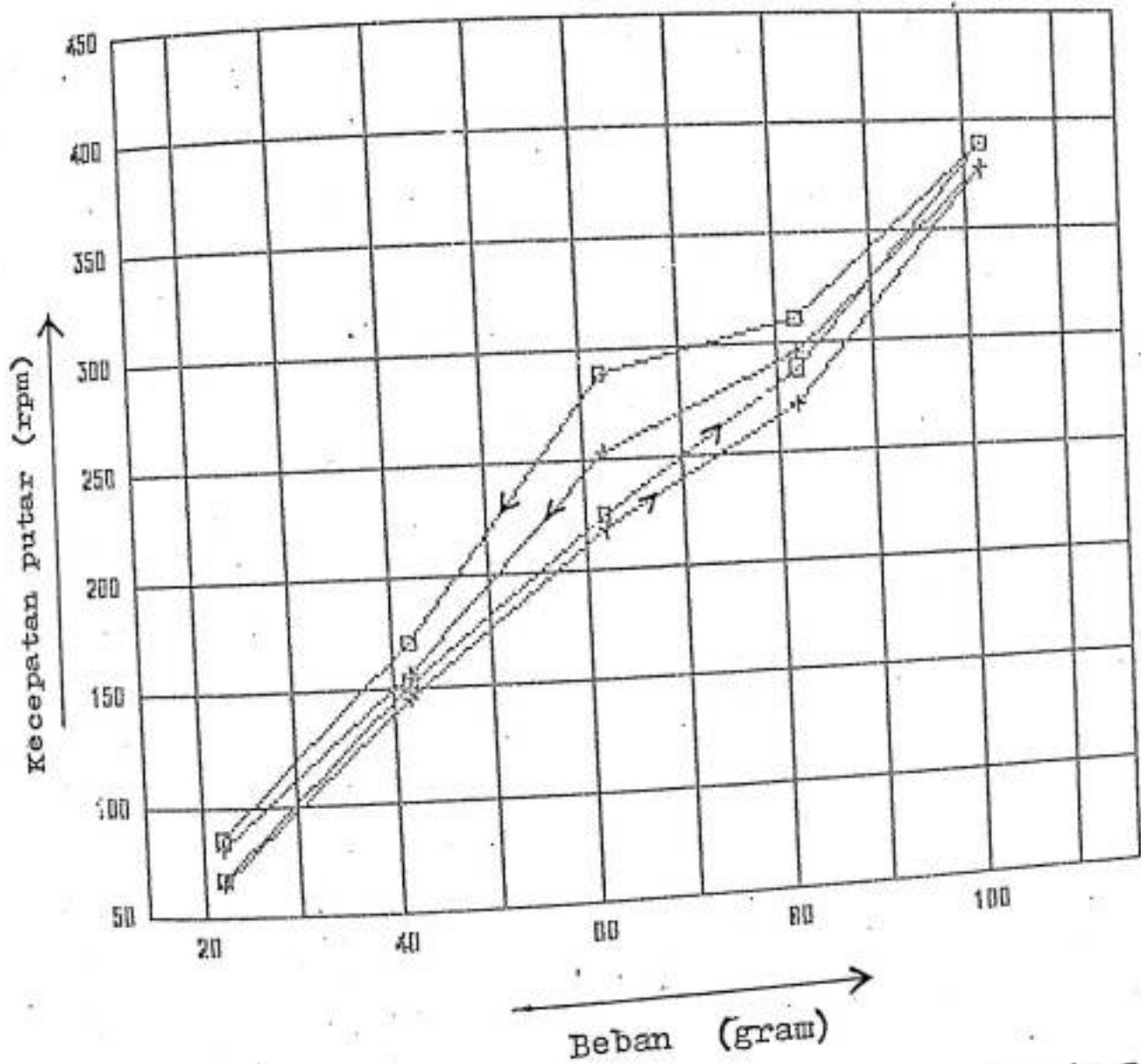
Gambar 3 : Kurva alir suspensi II pada beban maksimum II  
 Keterangan :  
 □ : Batas daerah histeresis sebelum kondisi dipaksakan  
 + : Batas daerah histeresis sesudah kondisi dipaksakan



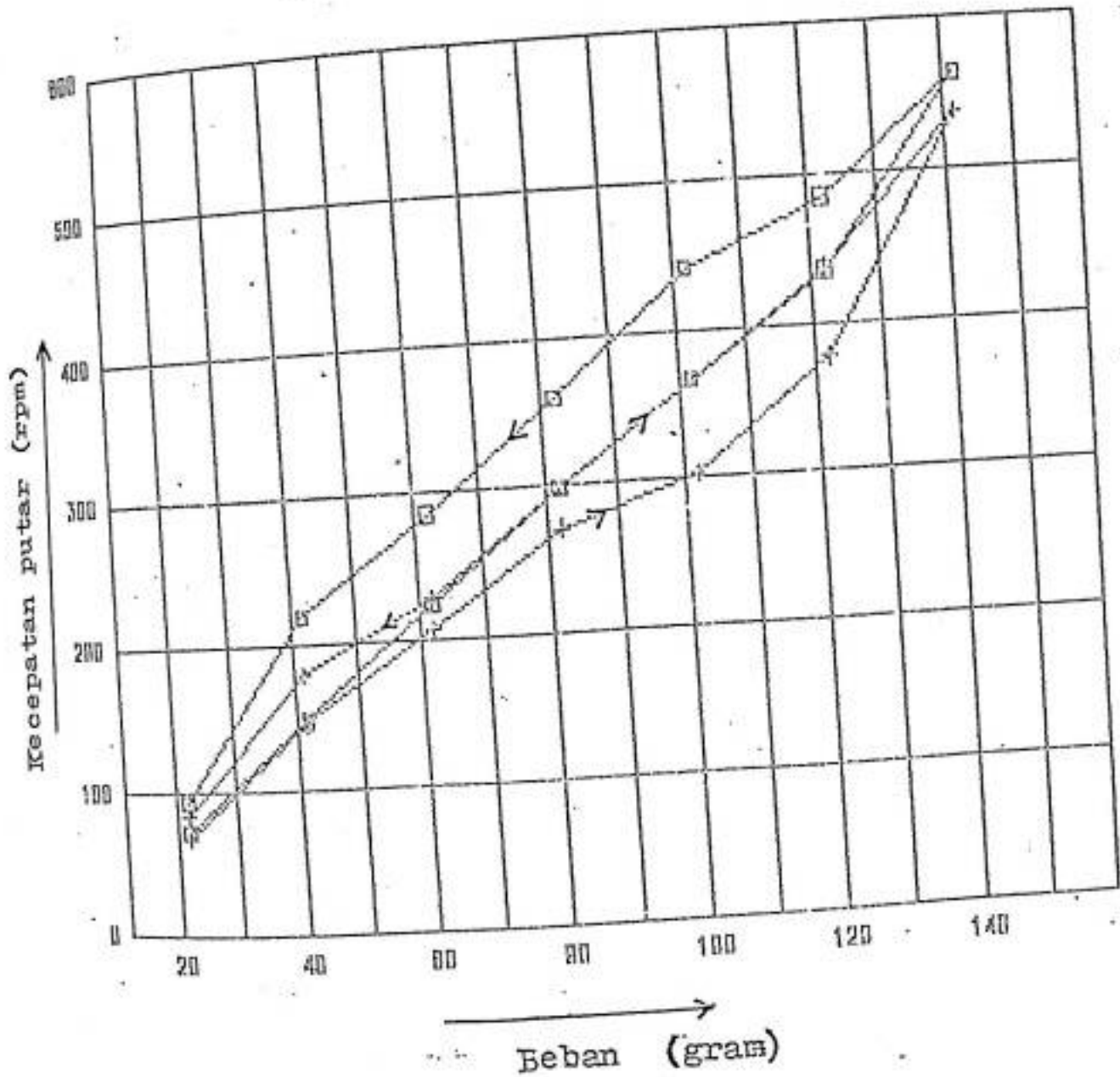
Gambar 4 : Kurva alir suspensi III pada beban maksimum I  
 Keterangan :  
 □ : Batas daerah histeresis sebelum kondisi dipaksakan  
 + : Batas daerah histeresis sesudah kondisi dipaksakan



Gambar 5 : Kurva alir suspensi III pada beban maksimum II  
 Keterangan :  
 □ : Batas daerah histeresis sebelum kondisi dipaksakan  
 + : Batas daerah histeresis sesudah kondisi dipaksakan



Gambar 6 : Kurva alir suspensi IV pada beban maksimum I  
 Keterangan :  
 □ : Batas daerah histeresis sebelum kondisi dipaksakan  
 + : Batas daerah histeresis sesudah kondisi dipaksakan



Gambar 7 : Kurva alir suspensi IV pada beban maksimum II  
 Keterangan :  
 □ : Batas daerah histeresis sebelum kondisi dipaksakan  
 + : Batas daerah histeresis sesudah kondisi dipaksakan