



**PENGARUH PEMBENTUKAN PADATAN KRISTAL
MULTIKOMPONEN GEMFIBROZIL-UREA TERHADAP SIFAT
TABLETABILITAS**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Farmasi dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

SKRIPSI

Oleh

**Putri Annetiya
212210101040**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS FARMASI
2025**



**PENGARUH PEMBENTUKAN PADATAN KRISTAL
MULTIKOMPONEN GEMFIBROZIL-UREA TERHADAP SIFAT
TABLETABILITAS**

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Farmasi dan mencapai gelar Sarjana Farmasi

SKRIPSI

Oleh

**Putri Annetiya
212210101040**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS FARMASI
2025**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas segala nikmat, berkah, kemudahan, dan petunjuk yang senantiasa diberikan kepada penulis.
2. Orang tua tercinta, Ayah Kiyato dan Ibu Sukarti, sebagai bentuk tanggung jawab dan bakti penulis dalam menyelesaikan studi sarjana.
3. Kakak tersayang, Mas Tito.
4. Bapak Prof. Dr. apt. Yudi Wicaksono, S.Si., M.Si., dan Ibu apt. Kuni Zu'aimah Barikah, S. Farm., M. Farm., yang telah dengan tulus meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak/Ibu guru dari jenjang SD, SMP, SMA, serta Bapak/Ibu dosen Fakultas Farmasi Universitas Jember, atas ilmu dan bimbingan yang diberikan.
6. Almamater tercinta, Fakultas Farmasi Universitas Jember.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”
(Q.S Al-Baqarah : 286)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.”
(Q.S Al-Insyirah, 94: 5-6)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Putri Annetiya

NIM : 212210101040

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: *“Pengaruh Pembentukan Padatan Kristal Multikomponen Gemfibrozil-Urea terhadap Sifat Tabletabilitas”* adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Mei 2025

Yang menyatakan,

A handwritten signature in black ink is written over a yellow postage stamp. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text 'SEPULUH PULUH RUPAH', '10000', '3 METERAL', and 'PEMPEL'. A barcode-like number '9902AJX639447438' is visible at the bottom of the stamp.

Putri Annetiya

NIM 212210101040

HALAMAN PERSETUJUAN


Skripsi berjudul *Pengaruh Pembentukan Padatan Kristal Multikomponen Gemfibrozil-Urea terhadap Sifat Tabletabilitas* telah diuji dan disetujui oleh Fakultas Farmasi Universitas Jember pada:

Hari : Jumat
Tanggal : 16 Mei 2025
Tempat : Fakultas Farmasi Universitas Jember


Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

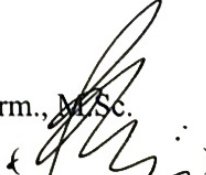
Nama : Prof. Dr. apt. Yudi Wicaksono, S.Si., M.Si ()
NIP : 197607242001121006

2. Pembimbing Anggota


Nama : apt. Kuni Zu'aimah B, S.Farm., M.Farm ()
NIP : 199008152019032020

Penguji

1. Penguji Utama

Nama : Dr. apt. Budipratiwi Wisudyaningsih, S.Farm., M.Sc. ()
NIP : 198112272006042003

2. Penguji Anggota I

Nama : Dr. apt. Lina Winarti, S.Farm., M.Sc. ()
NIP : 197910192006042002

Mengetahui,

Dekan Fakultas Farmasi Universitas Jember

Prof. apt. Ari Susanto N., S.F., GDipSc., MSc-res., Ph.D.



NIP 197807212003121001

ABSTRAK

Gemfibrozil is a fibric acid derivative drugs that helps to reduce blood fat levels. Gemfibrozil has poor tableability qualities, therefore efforts must be made to improve tableability properties in order to allow tablet formation under certain pressure conditions. The research was carried out using the multicomponent crystalline solid method, with the active pharmaceutical ingredient gemfibrozil and urea in a 3:1 stoichiometric ratio. The method of preparation was solvent drop grinding with a small addition of ethanol solvent p.a. PXRD, FTIR, DSC, and SEM were used to characterize the multicomponent crystalline solid formation. The evaluation covered physical parameters as moisture content and tableability properties as tensile strength and elastic recovery. To evaluate whether there were significant differences, the collected data was analyzed using an one way ANOVA. During observation of the characterization results, it is indicated that a eutectic mixture forms, and the results of the characterization may indicate the formation of a multicomponent crystalline solid. Tensile strength increased and the percentage of elastic recovery rebound decreased, according to the evaluation of tableability qualities. In conclusion, the study indicated the formation of eutectic mixtures and an improvement in tableability properties compared to gemfibrozil.

Keywords: Multicomponent crystalline solid, Gemfibrozil, Urea, Tableability Evaluation

RINGKASAN

Pengaruh Pembentukan Padatan Kristal Multikomponen Gemfibrozil-Urea terhadap Sifat Tabletabilitas; Putri Annetiya; 212210101040; 2021; 65 Halaman; Fakultas Farmasi; Universitas Jember

Gemfibrozil merupakan obat hipertrigliseridemia yang memiliki permasalahan pada sifat tabletabilitasnya yang buruk. Tabletabilitas adalah kemampuan serbuk untuk dikompresi menjadi tablet di bawah tekanan tertentu, yang dievaluasi menggunakan parameter seperti *tensile strength* dan *elastic recovery*. Salah satu cara untuk meningkatkan sifat tabletabilitas bahan aktif obat adalah dengan memanfaatkan metode padatan kristal multikomponen. Padatan kristal multikomponen merupakan padatan kristal yang terdiri dari dua atau lebih komponen berbeda, yaitu bahan aktif obat dan komponen tambahan, dengan perbandingan stoikiometri yang telah ditentukan.

Pada penelitian ini digunakan bahan aktif farmasi gemfibrozil dan urea dalam rasio stoikiometri 3:1. Metode preparasi yang digunakan adalah *solvent drop grinding* dengan pelarut etanol p.a. Pembentukan padatan kristal multikomponen dapat dilihat dari karakterisasi dilakukan menggunakan metode seperti PXRD, FTIR, DSC, dan SEM. Sementara itu, evaluasi sifat fisik terdiri dari pengujian kadar lembab dan evaluasi sifat tabletabilitas dapat dilakukan melalui pengujian *tensile strength* dan persentase *elastic recovery* (mengetahui sifat elastisitas serbuk setelah dikompresi). Kadar lembab digunakan untuk mengetahui jumlah air yang terkandung dalam serbuk. *Tensile strength* digunakan untuk pengukuran kekuatan tarik antar partikel serbuk. *Elastic recovery* digunakan untuk mengetahui sifat elastisitas serbuk setelah dikompresi.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa padatan kristal multikomponen yang dihasilkan merupakan padatan eutektik. Eutektik merupakan campuran kristal yang terdiri dari dua atau lebih zat yang memiliki titik lebur lebih rendah dibandingkan dengan komponen utamanya. Pada campuran ini juga ditandai dengan tidak munculnya interaksi-interaksi kuat antara komponen penyusunnya. Hasil karakterisasi PXRD tidak menunjukkan adanya

pembentukan puncak baru, hasil FTIR juga tidak menunjukkan pergeseran bilangan gelombang pada spektra gemfibrozil, dan pada hasil DSC menunjukkan penurunan dari puncak endotermik peleburan dari gemfibrozil, pada hasil SEM menunjukkan morfologi padatan gemfibrozil-urea yang berbeda dibandingkan dengan bahan penyusunnya yaitu gemfibrozil dan urea. Pada hasil evaluasi sifat tabletabilitas menunjukkan adanya peningkatan pada nilai *tensile strength* sebesar 1,095 MPa pada tekanan 1,5 ton dan penurunan pada persentase *elastic recovery* sebesar memiliki nilai *elastic recovery* sebesar 0,513% pada tekanan 1,5 ton, terdapat perbedaan secara signifikan ($p < 0,05$) antara gemfibrozil murni dengan padatan gemfibrozil-urea. Dapat disimpulkan pembentukan padatan multikomponen gemfibrozil-urea meningkatkan sifat tabletabilitas dari gemfibrozil, sehingga tablet menjadi lebih kuat dan tidak mudah rapuh.

PRAKATA

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Pembentukan Padatan Kristal Multikomponen Gemfibrozil-Urea terhadap Sifat Tabletabilitas”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan Program Studi Farmasi dan meraih gelar Sarjana Farmasi.

Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan berkat bimbingan, bantuan, motivasi, serta doa dari berbagai pihak. Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas nikmat, rahmat, dan petunjuk-Nya yang senantiasa diberikan kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik;
2. Orang tua tercinta, Ayah Kiyato dan Ibu Sukarti, atas doa, dukungan, dan semangat yang tiada henti kepada penulis;
3. Kakak tersayang, Mas Tito yang telah mendukung baik dalam moral maupun moril.
4. Ibu apt. Lidya Ameliana, S.Si., M. Farm., selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas segala nasihat yang telah diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan;
5. Bapak Prof. Dr. apt. Yudi Wicaksono, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Ibu apt. Kuni Zu'aimah Barikah, S.Farm., M.Farm., selaku Dosen Pembimbing Anggota, atas kesediaan meluangkan waktu, tenaga, dan pemikiran dalam membimbing penulis menyelesaikan skripsi ini;
6. Ibu Dr. apt. Budipratiwi Wisudyaningsih, S.Farm., M.Sc., selaku Dosen Penguji Utama, dan Ibu Dr. apt. Lina Winarti, S.Farm., M.Sc., selaku Dosen Penguji Anggota, atas saran, kritik, dan masukan yang sangat berarti sehingga skripsi ini dapat tersusun dengan baik.
7. Ibu Itus dan Ibu Indri, selaku Teknisi Laboratorium Farmasetika, atas bantuan dan pemahaman yang diberikan selama proses penelitian.

8. Seluruh civitas akademika Fakultas Farmasi Universitas Jember yang telah memberikan bimbingan dan dukungan selama masa perkuliahan.
9. Para guru penulis, mulai dari TK hingga SMA, atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan studi Sarjana Farmasi.
10. Sahabat “*Istighfar*” (Varalda, Difa, Salwa, Mariya, dan Eva), Sahabat SMP (Alfina dan Afifah), Sahabat SD (Novi, Esa, Cika), serta sahabat lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas doa, dukungan, dan motivasi selama pengerjaan skripsi.
11. Teman-teman kelompok riset Drug Modification Research Group (DMRG) 2024, atas dukungan, bantuan, dan kerja sama yang diberikan.
12. Saudara MPA Pring Kuning Farmasi Universitas Jember, terima kasih atas ilmu, pengalaman, *soft skill*, dan relasi yang dibagikan selama masa perkuliahan.
13. Teman-teman Kelas C Angkatan 2021 dan Merislon 2021, terima kasih telah berjuang bersama dalam perjalanan menuntut ilmu di Fakultas Farmasi Universitas Jember.
14. Terima kasih kepada diri sendiri atas perjuangan melawan rasa malas, lelah, sakit, dan tantangan lainnya hingga mampu menyelesaikan skripsi ini.
15. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas dukungan, bantuan, dan doa yang telah diberikan selama proses penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan sehingga penulis menerima kritik, masukan, dan saran dari semua pihak demi menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini bermanfaat bagi pembaca maupun penelitian selanjutnya guna menyempurnakan perkembangan ilmu pengetahuan pada masa mendatang.

DAFTAR ISI

| | |
|--|-------------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| PERSEMBAHAN..... | iii |
| MOTTO | iv |
| PERNYATAAN ORISINALITAS..... | v |
| HALAMAN PERSETUJUAN | vi |
| ABSTRAK | vii |
| RINGKASAN | viii |
| PRAKATA..... | x |
| DAFTAR ISI..... | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| DAFTAR NOTASI..... | xvi |
| DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN | xvii |
| BAB 1. PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| 2.1 Gemfibrozil | 4 |
| 2.2 Urea | 5 |
| 2.3 Padatan Kristal Multikomponen | 5 |
| 2.4 Tabletabilitas | 6 |
| 2.5 Metode <i>Solvent Drop Grinding</i> | 7 |
| 2.6 Karakterisasi Padatan Kristal Multikomponen | 7 |
| 2.6.1. PXRD (<i>Powder X-Ray Diffraction</i>)..... | 7 |
| 2.6.2. DSC (<i>Differential Scanning Calorimetry</i>)..... | 7 |
| 2.6.3. FTIR (<i>Fourier Transform Infra-Red</i>)..... | 8 |
| 2.6.4. SEM (<i>Scanning Electron Microscope</i>)..... | 8 |
| 2.7 Evaluasi Sifat Fisik | 9 |
| 2.7.1. Kadar Lembab | 9 |

| | | |
|---------------|--|-----------|
| 2.8 | Evaluasi Sifat Tabletabilitas..... | 9 |
| 2.8.1. | <i>Tensile Stregth</i> | 9 |
| 2.8.2. | Persentase <i>Elastic Recovery</i> | 9 |
| BAB 3. | METODOLOGI PENELITIAN | 10 |
| 3.1 | Rancangan Penelitian | 10 |
| 3.2 | Lokasi dan Waktu Penelitian | 10 |
| 3.3 | Bahan dan Alat Penelitian..... | 10 |
| 3.3.1. | Bahan..... | 10 |
| 3.3.2. | Alat | 10 |
| 3.4 | Alur Penelitian | 11 |
| 3.5 | Prosedur Penelitian..... | 11 |
| 3.5.1. | Preparasi Padatan Gemfibrozil-Urea..... | 11 |
| 3.5.2. | Karakteristik Padatan Gemfibrozil-Urea..... | 12 |
| 3.5.3. | Evaluasi Sifat Fisik..... | 13 |
| 3.5.4. | Evaluasi Sifat Tabletabilitas | 13 |
| 3.6 | Analisis Data | 15 |
| BAB 4. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 16 |
| 4.1 | Hasil Preparasi Padatan Gemfibrozil-Urea | 16 |
| 4.2 | Hasil Karakterisasi Padatan Gemfibrozil..... | 17 |
| 4.2.1. | Hasil Karakterisasi dengan PXR D | 17 |
| 4.2.2. | Hasil Karakterisasi dengan FTIR | 18 |
| 4.2.3. | Hasil Karakterisasi dengan DSC | 19 |
| 4.2.4. | Hasil Karakterisasi dengan SEM..... | 21 |
| 4.3 | Hasil Evaluasi Sifat Fisik..... | 22 |
| 4.3.1. | Hasil Pengujian Kadar Lembab..... | 22 |
| 4.4 | Hasil Evaluasi Sifat Tabletabilitas | 23 |
| 4.4.1. | Hasil Pengujian <i>Tensile Strength</i> | 23 |
| 4.4.2. | Hasil Pengujian <i>Elastic Recovery</i> | 25 |
| BAB 5. | KESIMPULAN DAN SARAN | 28 |
| 5.1 | Kesimpulan | 28 |
| 5.2 | Saran..... | 28 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 29 |
| | LAMPIRAN..... | 34 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 4.1 Data posisi 2θ hasil pengujian karakterisasi PXRD..... | 17 |
| Tabel 4.2 Interpretasi perbandingan puncak serapan hasil karakterisasi FTIR | 19 |
| Tabel 4.3 Data Termodinamika Hasil Pengujian Karakterisasi DSC | 20 |
| Tabel 4.4 Data Uji Kadar Lembab | 22 |
| Tabel 4.5 Data rata-rata <i>tensile strength</i> | 24 |
| Tabel 4.6 Data rata-rata <i>elastic recovery</i> | 26 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2.1 Struktur Kimia Gemfibrozil | 4 |
| Gambar 2.2 Struktur Kimia Urea | 5 |
| Gambar 4.1 Hasil Padatan gemfibrozil-urea | 16 |
| Gambar 4.2 Hasil <i>overlay</i> difraktogram PXR..... | 17 |
| Gambar 4.3 Hasil <i>overlay</i> spektra FTIR | 18 |
| Gambar 4.4 Hasil <i>overlay</i> spektra DSC | 20 |
| Gambar 4.5 Hasil karakterisasi SEM dengan perbesaran 500x | 21 |
| Gambar 4.6 <i>Tensile strength</i> gemfibrozil dan Padatan gemfibrozil-urea | 24 |
| Gambar 4.7 <i>Elastic recovery</i> gemfibrozil dan Padatan gemfibrozil-urea..... | 26 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|--|----|
| Lampiran 1 Sertifikat Analisis Gemfibrozil..... | 34 |
| Lampiran 2 Sertifikat Analisis Etanol p.a..... | 35 |
| Lampiran 3 Hasil Perhitungan Penimbangan Sampel untuk Preparasi..... | 36 |
| Lampiran 4 Data Karakterisasi dengan PXRD | 36 |
| Lampiran 5 Data Karakterisasi dengan FTIR | 41 |
| Lampiran 6 Data Karakterisasi dengan DSC | 43 |
| Lampiran 7 Data Karakterisasi dengan SEM..... | 46 |
| Lampiran 8 Data Pengujian Kadar Lembab..... | 49 |
| Lampiran 9 Data Pengujian <i>Tensile Strength</i> | 50 |
| Lampiran 10 Data Pengujian <i>Elastic Recovery</i> | 54 |
| Lampiran 11 Data Hasil Uji <i>One Way ANOVA</i> pada <i>Tensile Strength</i> | 58 |
| Lampiran 12 Data Hasil Uji <i>One Way ANOVA</i> pada <i>Elastic Recovery</i> | 61 |
| Lampiran 13 Proses Preparasi Padatan Gemfibrozil-Urea..... | 64 |

DAFTAR NOTASI

| Singkatan | Keterangan |
|------------------|---|
| TS | <i>tensile strength</i> (N/mm ²) |
| CS | kekerasan tablet (N) |
| h | ketebalan tablet (mm) |
| d | diameter tablet (mm) |
| %ER | persentase <i>elastic recovery</i> (%) |
| H | ketebalan tablet segera setelah kompresi (cm) |
| H _c | ketebalan tablet 24 jam setelah kompresi (cm) |

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

| Singkatan | Keterangan |
|------------------|---|
| PPAR- α | <i>Peroxisome Proliferator-Activated Receptor-Alpha</i> |
| LDL | <i>Low Density Lipoprotein</i> |
| VLDL | <i>Very Low Density Lipoprotein</i> |
| HDL | <i>High Density Lipoprotein</i> |
| PXRD | <i>Powder X-Ray Diffraction</i> |
| FTIR | <i>Fourier Transform Infra-Red</i> |
| DSC | <i>Differential Screening Calorimetry</i> |
| SEM | <i>Scanning Electron Microscope</i> |
| TS | <i>Tensile Strength</i> |
| %ER | <i>Persentase Elastic Recovery</i> |

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gemfibrozil atau (*2,2-Dimethyl-5-(2,5-dimethylphenoxy) pentanoic acid*) merupakan salah satu obat turunan asam fibrat yang berperan dalam mengatasi kadar lemak dalam darah (hipertrigliseridemia) (Quintanilla dkk., 2023). Mekanisme kerjanya yaitu dengan meningkatkan pemecahan lemak dalam darah (trigliserida) melalui enzim lipoprotein lipase yang diaktivasi oleh *reseptor alfa peroxisome proliferasi-aktif trigliserida* (PPAR- α) pada hepatosit, sehingga gemfibrozil dapat menurunkan kadar trigliserida, kolesterol jahat (LDL dan VLDL), dan meningkatkan kadar kolesterol baik (HDL) (Wulandari dkk., 2015)

Beberapa sediaan farmasi banyak diproduksi industri dan beredar di pasaran dalam bentuk sediaan tablet. Tablet merupakan bentuk sediaan farmasi padat terdiri atas bahan aktif obat dengan bahan tambahan (eksipien) sesuai yang dibuat dengan proses kempa (Zaman dan Sopyan, 2020). Tablet menjadi bentuk sediaan padat yang paling umum karena kemudahan penggunaannya, proses produksi yang efisien, stabilitas yang tinggi, biaya relatif murah, memiliki kandungan yang seragam, sediaan lebih ringan dan kompak (Cahyani dkk., 2023)

Salah satu syarat campuran serbuk bahan aktif obat untuk dapat dikempa menjadi tablet harus memiliki sifat tabletabilitas yang baik. Namun, gemfibrozil dalam formulasi sediaan tablet sering mengalami permasalahan, yaitu sifat tabletabilitas yang buruk. Tabletabilitas merupakan kemampuan serbuk untuk diubah menjadi tablet di bawah tekanan pemadatan tertentu, dengan parameter yang digunakan yaitu *tensile strength* dan *elastic recovery* (Wang dkk., 2022). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Bigogno (2020), gemfibrozil memiliki *tensile strength* sebesar 0,12 MPa pada tekanan 1 ton selama 5 detik. Hasil tersebut jauh lebih rendah dengan nilai target yang diinginkan untuk tablet terkompresi adalah >1 MPa. Oleh karena itu, obat gemfibrozil pada formulasi sediaan tablet sering terjadi permasalahan seperti mudah rapuh dan rentan laminasi

saat dekompresi (Bigogno dkk., 2020). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memperbaiki sifat tabletabilitas dari gemfibrozil.

Salah satu upaya perbaikan yang dapat dilakukan pada sifat tabletabilitas dari bahan aktif obat adalah dengan menggunakan metode padatan kristal multikomponen. Padatan kristal multikomponen dapat berupa eutektik, garam, dan kokristal (Butreddy dkk., 2021). Pembentukan padatan kristal multikomponen dapat meningkatkan sifat tabletabilitas dari bahan aktif obat melalui mekanisme memodifikasi kristal bahan aktif obat sehingga dapat menghasilkan habit kristal baru dengan kekuatan pengikatan yang lebih baik (Alatas dkk., 2022). Adapun mekanisme lain tanpa mengubah habit kristal obat adalah dengan mengubah sifat fisik, seperti pada titik lebur (Butreddy dkk., 2021). Pembentukan kristal multikomponen dibantu dengan adanya kofomer urea yang telah terbukti dapat digunakan sebagai kofomer dalam padatan kristal multikomponen. Beberapa contoh padatan kristal multikomponen yang menggunakan urea sebagai kofomer adalah nitrofurantoin, 5-fluorouracil, dan estradiol (Laily dkk., 2024).

Salah satu metode yang sering digunakan dalam preparasi padatan kristal multikomponen adalah menggunakan metode *solvent drop grinding*. *Solvent drop grinding* merupakan metode dengan teknik penggerusan dua atau lebih bahan aktif farmasi yang ditambahkan dengan sedikit pelarut (Douroumis dkk., 2017). Berdasarkan studi literatur, sampai saat ini belum ada penelitian yang membahas mengenai pengaruh pembentukan padatan gemfibrozil-urea terhadap tabletabilitas gemfibrozil dengan menggunakan metode *solvent drop grinding*. Maka dari itu, akan dilakukan penelitian pengaruh padatan kristal multikomponen *gemfibrozil-urea* terhadap sifat tabletabilitas obat gemfibrozil. Pada padatan kristal multikomponen dikarakterisasi dengan menggunakan PXRD, FTIR, DSC, dan SEM, dilanjutkan dengan evaluasi sifat fisik, yaitu pengujian kadar lembab dan evaluasi sifat tabletabilitas, yaitu *tensile strength* dan persentase *elastic recovery*. Kemudian pada hasil *tensile strength* dan persentase *elastic recovery* dilakukan analisis statistik untuk mengetahui kebermaknaan hasil data dengan menggunakan uji *one way ANOVA*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah karakteristik padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea?
2. Bagaimanakah pengaruh pembentukan padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea terhadap sifat tabletabilitas gemfibrozil ?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dibuat, tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui karakteristik padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea
2. Untuk mengetahui pengaruh pembentukan padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea terhadap sifat tabletabilitas gemfibrozil

1.4 Manfaat Penelitian

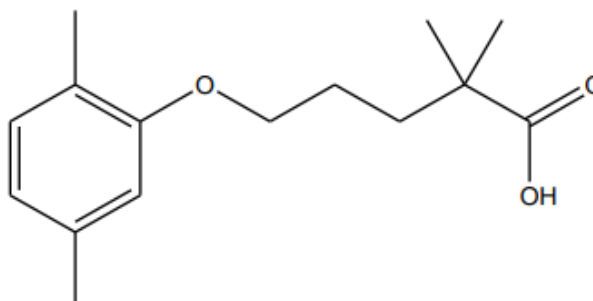
Berdasarkan tujuan yang ingin dicapai sehingga penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai :

1. Karakteristik padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea
2. Pengaruh padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea terhadap sifat tabletabilitas gemfibrozil

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gemfibrozil

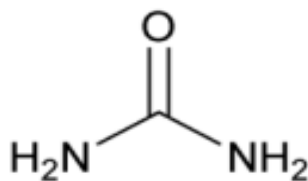
Gemfibrozil merupakan salah satu obat turunan asam fibrat yang berperan dalam mengatasi kadar lemak dalam darah (hipertrigliseridemia) (Patel dan Puranik, 2020). Mekanisme kerjanya yaitu dengan meningkatkan pemecahan lemak dalam darah (trigliserida) melalui enzim lipoprotein lipase yang diaktivasi oleh *reseptor alfa peroxisome proliferasi-aktifasi trigliserida* (PPAR- α) pada hepatosit, sehingga gemfibrozil dapat menurunkan kadar trigliserida, kolesterol jahat (LDL dan VLDL), dan meningkatkan kadar kolesterol baik (HDL) (Wulandari dkk., 2015). Gemfibrozil atau (*2,2-Dimethyl-5-(2,5-dimethylphenoxy) pentanoic acid*) memiliki rumus molekul $C_{15}H_{22}O_3$ dengan berat molekul 250,33 g/mol. Gemfibrozil memiliki nilai pKa sebesar 4,5 dan titik lebur 58-61°C. Memiliki kelarutan di air <1 mg/mL dan larut dalam etanol, metanol, kloroform (Depkes RI, 2020). Struktur gemfibrozil ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Struktur Kimia Gemfibrozil

Gemfibrozil menunjukkan nilai kompartibilitas yang sangat rendah ketika diuji pada tekanan 1 ton selama 5 detik, yaitu sebesar 0,12 MPa. Nilai tersebut jauh di bawah nilai target untuk tablet yang kuat dan stabil, yaitu lebih dari 1 MPa, sehingga obat gemfibrozil pada formulasi sediaan tablet sering terjadi permasalahan seperti mudah rapuh dan rentan laminasi saat dekompresi (Bigogno dkk., 2020). Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memperbaiki sifat tabletabilitas dari gemfibrozil.

2.2 Urea



Gambar 2.2 Struktur Kimia Urea

Urea atau *Karbamida* merupakan turunan amida dengan struktur amida alifatik yang mempunyai rumus molekul $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ dengan berat molekul sebesar 60,1 g/mol. Memiliki sifat yang sangat mudah larut dalam air, larut dalam etanol, dan praktis tidak larut dalam metilen klorida (Palanisamy dkk., 2023). Urea memiliki sifat yang non-toksik, inert farmakologis, memiliki kelarutan yang baik dalam air (Rachmaniar dkk., 2020). Urea telah terbukti dapat digunakan sebagai koformer yang memiliki sifat hidrofilik dalam padatan kristal multikomponen. Beberapa contoh padatan kristal multikomponen yang menggunakan urea sebagai koformer adalah nitrofurantoin, 5-fluorouracil, dan estradiol (Laily dkk., 2024).

Pada penelitian yang telah dilakukan Khan dkk. (2017), didapatkan bahwa urea terbukti dapat digunakan sebagai koformer untuk meningkatkan ikatan hidrogen pada padatan kristal multikomponen obat nitrofurantoin (Khan dkk., 2017). Urea merupakan koformer yang populer dalam rekayasa kristal obat karena kemampuannya membentuk ikatan hidrogen yang kuat dengan molekul obat. Atom hidrogen pada gugus amino dari urea bertindak sebagai donor proton, sedangkan atom oksigen karbonil bertindak sebagai akseptor elektron (Cuadra dkk., 2020).

2.3 Padatan Kristal Multikomponen

Padatan kristal multikomponen merupakan pembentukan kristal yang melibatkan dua atau lebih jenis molekul yang berbeda menggunakan perbandingan stoikiometri melalui interaksi non-kovalen antar molekul dalam zat padat. Jenis ikatan yang terlibat dalam proses ini beragam seperti ikatan hidrogen, interaksi Van der Waals, ikatan π - π^* , interaksi elektrostatik, dan ikatan halogen, sehingga dapat

menghasilkan bentuk kristal baru dengan sifat fisik dan kimia yang berbeda dari bahan asalnya (Guo dkk., 2021). Padatan kristal multikomponen dapat berupa eutektik, garam, dan kokristal (Sonita dkk., 2023).

Garam merupakan padatan kristal hasil transfer proton antara molekul asam dan basa yang memerlukan gugus terionisasi pada bahan aktif farmasi (Butreddy dkk., 2021). Eutektik merupakan campuran kristal yang terdiri dari dua atau lebih zat yang memiliki titik lebur lebih rendah dibandingkan dengan komponen utamanya (Joos dkk., 2020). Pada campuran ini juga ditandai dengan tidak munculnya interaksi-interaksi kuat antara komponen penyusunnya. Eutektik diketahui dapat meningkatkan sifat tabletabilitas dari Asam askorbat (Palanisamy dkk., 2023). Kokristal adalah teknik modifikasi struktur kristal dengan cara mengubah interaksi non-kovalen antar molekul dalam zat padat. Jenis ikatan yang terlibat dalam proses ini beragam seperti ikatan hidrogen, interaksi Van der Waals, ikatan π - π^* , sehingga dapat menghasilkan bentuk kristal baru dengan sifat fisik dan kimia yang berbeda dari bahan asalnya (Guo dkk., 2021).

2.4 Tabletabilitas

Tabletabilitas merupakan kemampuan suatu bahan atau campuran bahan untuk dibentuk menjadi tablet dengan diberi tekanan kompresi tertentu. Tabletabilitas merupakan salah satu parameter penting sebelum proses pentabletan berlangsung. Pengujian tabletabilitas dilakukan untuk menilai sifat tabletabilitas (kekerasan dan kerapuhan) suatu tablet agar memiliki kekuatan yang cukup, sehingga aman dalam proses produksi, pengemasan dan juga distribusi. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan sifat tabletabilitas suatu tablet adalah dengan menggunakan padatan kristal multikomponen (Alatas dkk., 2022). Beberapa pengujian yang dapat dilakukan untuk memastikan sifat tabletabilitas meliputi *moisture content* (kadar lembab), *tensile strength* (pengukuran kekuatan tarik) dan *elastic recovery* (pemulihan elastisitas) (Alatas dkk., 2023).

2.5 Metode *Solvent Drop Grinding*

Metode *solvent drop grinding* (*liquid assisted grinding*) merupakan metode penggilingan dua bahan yang ditambahkan sedikit pelarut tertentu dengan cara ditetes sampai jumlahnya dapat mempengaruhi proses pembentukan padatan kristal multikomponen. Keuntungan dari metode ini adalah waktu pembentukan fasa multikomponen yang lebih singkat (Wicaksono dkk., 2018). Pada metode *solvent drop grinding*, memungkinkan molekul-molekul bahan penyusun untuk berinteraksi dengan pelarut dan membentuk kristal baru dengan struktur yang lebih stabil. Pelarut berperan sebagai katalis untuk mempercepat pembentukan padatan kristal multikomponen (Ferdiansyah dkk., 2021).

2.6 Karakterisasi Padatan Kristal Multikomponen Gemfibrozil-Urea

2.6.1. PXRD (*Powder X-Ray Diffraction*)

Powder X-Ray Diffraction digunakan untuk menganalisis struktur kisi kristal yang terbentuk (Izutsu dkk., 2016). Proses pengamatan struktur kristal melibatkan perbandingan pola difraktogram pada sudut 2θ , yang bertujuan untuk menganalisis struktur kisi kristal. Terbentuknya padatan eutektik dapat dilihat jika tidak muncul perbedaan pola difraksi antara padatan gemfibrozil-urea dengan komponen-komponen pembentuknya yang terjadi akibat interaksi antarmolekul, sehingga tidak akan menghasilkan puncak-puncak baru pada difraktogram (Saikia dkk., 2022). Jika muncul padatan baru maka mengindikasikan terbentuknya padatan kokristal (Wicaksono dkk., 2018)

2.6.2. DSC (*Differential Scanning Calorimetry*)

Differential Scanning Calorimetry merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis karakteristik termal dari padatan. Metode ini memberikan gambaran kuantitatif tentang fase termodinamik, entalpi peleburan, dan titik lebur kristal. Titik lebur yang menunjukkan suhu dimana padatan berubah menjadi cairan, memiliki korelasi dengan

kelarutan, semakin rendah titik leburnya semakin baik kelarutannya. Karakteristik padatan *eutektik* dapat dilihat dari munculnya puncak endotermik tunggal yang berbeda dari puncak bahan aktif farmasi dan koformer penyusunnya, dengan adanya penurunan titik lebur pada padatan (Saikia dkk., 2022).

2.6.3. FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*)

Fourier Transform Infra-Red adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis interaksi antarmolekul dan gugus fungsi dalam padatan. Analisis ini dilakukan pada jarak panjang gelombang tertentu, membandingkan spektra kristal dengan bahan tambangan dan bahan aktif murni. Hasil karakterisasi FTIR menampilkan panjang gelombang dan gugus transmisi fungsi dari masing-masing sampel. Identifikasi kristal dilakukan dengan membandingkan pergeseran puncak serapan spektra kristal terhadap komponen-komponen penyusunnya. Adanya pergeseran puncak serapan spektra pada sampel mengindikasikan terjadinya interaksi intermolekuler (Izutsu dkk., 2016). Pada padatan eutektik tidak menunjukkan adanya interaksi intermolekuler kuat seperti ikatan hydrogen antar komponen penyusunnya (Saikia dkk., 2022).

2.6.4. SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Scanning Electron Microscope upakan teknik karakterisasi yang digunakan untuk menganalisis sifat-sifat fase padat, termasuk ukuran, bentuk, dan karakteristik permukaan kristal. Proses karakterisasi dengan SEM melibatkan sampel dengan elektron berenergi tinggi, yang kemudian dianalisis untuk menghasilkan informasi mengenai morfologi, dan topografi dari bahan yang diteliti. Teknik ini sering dipilih karena kemampuannya dalam menggambarkan struktur material hingga resolusi submikron. Keunggulan utama SEM dibandingkan dengan jenis mikroskop lainnya adalah kemampuan menghasilkan gambar dengan resolusi tinggi (Wicaksono dkk., 2017).

2.7 Evaluasi Sifat Fisik

2.7.1. Kadar Lembab

Kadar lembab merupakan indikator jumlah air yang terkandung dalam suatu granul, dinyatakan sebagai persentase dari berat granul setelah dikeringkan. Semakin rendah kadar airnya, semakin baik stabilitas granul selama penyimpanannya. Granul yang dianggap stabil dan baik saat disimpan adalah dengan kandungan lembab sebesar 2-4% (Sudarsono dkk., 2021). Dalam proses pembuatan tablet perlu dipastikan serbuk dalam kondisi kering sehingga pada saat proses kompresi tidak terjadi kerusakan, seperti lengket, penggumpalan, atau tablet hancur (Shivam Lad, 2022).

2.8 Evaluasi Sifat Tabletabilitas

2.8.1. *Tensile Strength*

Tensile strength merupakan kekuatan tarik maksimal yang dapat ditahan oleh suatu tablet sebelum mengalami kerusakan akibat gaya (tegangan) tarik (Sun dkk., 2018). Pengukuran *tensile strength* bertujuan untuk menunjukkan kekuatan ikatan antar partikel tablet. Tekanan kompresi berbanding lurus dengan nilai *tensile strength*, dimana semakin tinggi kekuatan kompresi maka nilai *tensile strength* juga semakin tinggi. Nilai *tensile strength* untuk sediaan tablet yang dianggap baik untuk menjamin kualitas dan integritas tablet selama penanganan dan penyimpanan adalah sekitar 1-4 MPa (Dewi dkk., 2022).

2.8.2. *Persentase Elastic Recovery*

Persentase elastisitas recovery (%ER) adalah persentase tablet untuk kembali ke bentuk asli (serbuk) setelah mengalami proses kompresi. Semakin tinggi nilai %ER, semakin lemah ikatan antar partikel dalam tablet, sehingga tablet mudah rapuh dan kurang stabil. Sebaliknya, nilai %ER yang rendah mengindikasikan adanya ikatan antar partikel yang kuat, sehingga tablet lebih bersifat plastis dan mudah dibentuk (Alatas dkk., 2022).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental laboratorium. Tahapan dari penelitian yang akan dilakukan yaitu 1) preparasi padatan gemfibrozil-urea; 2) karakterisasi padatan gemfibrozil-urea dengan PXRD, DSC, FTIR, SEM; 3) Uji sifat fisik padatan gemfibrozil-urea 4) Uji sifat tabletabilitas padatan gemfibrozil-urea; 5) Analisis data.

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di Laboratorium Teknologi Farmasi Fakultas Farmasi Universitas Jember. Waktu penelitian dimulai bulan Oktober 2024 sampai Mei 2025.

3.3 Bahan dan Alat Penelitian

3.3.1. Bahan

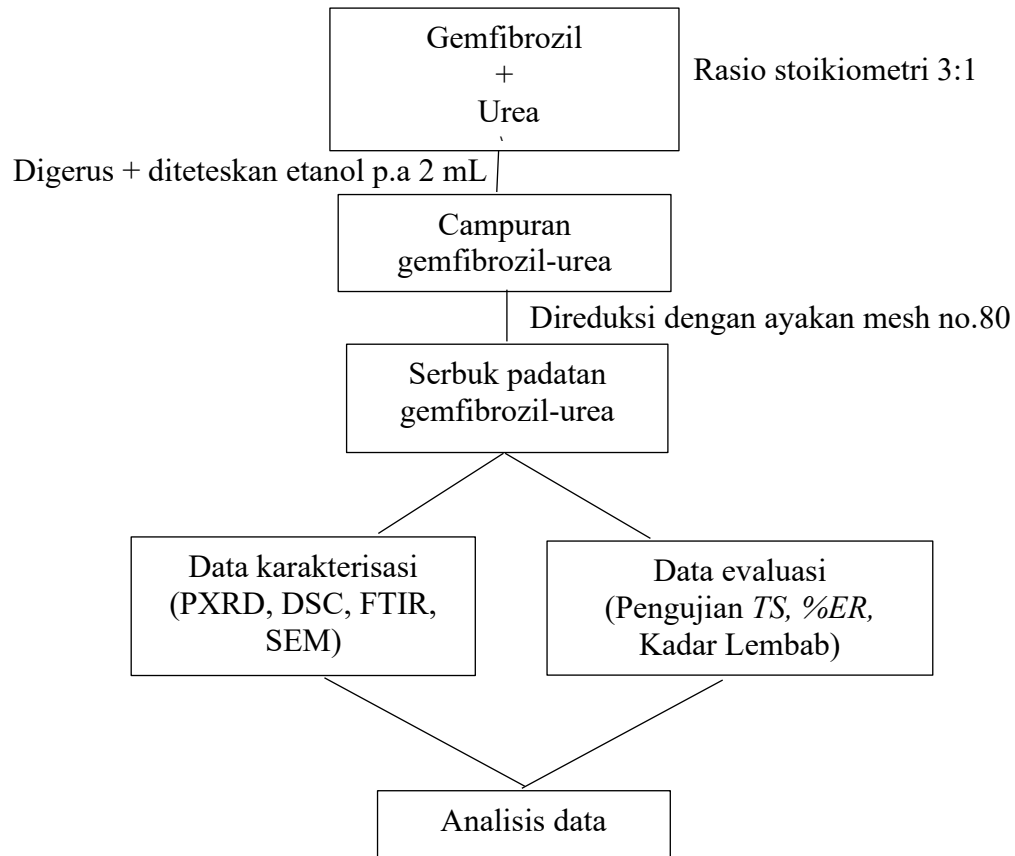
Bahan yang digunakan pada penelitian, yaitu gemfibrozil didapatkan dari PT. Phapros Tbk, urea, etanol p.a. didapatkan dari Smart-Lab, dan magnesium stearat.

3.3.2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian, yaitu *Powder X-Ray Diffractometer* (Panalytical Xpert Pro PW3373/00), *Differential Scanning Calorimeter* (Rigaku *Differential Scanning Calorimeter* 8320), *Fourier Transform Infra-Red Spechtophotometer* (ThermoScientific Nicolet iS10), *Scanning Electron Microscope* (Hitachi Model TM3000), *Tablet Hardness Tester* (Erweka TBH 125), alat kompresi hidrolis, perangkat lunak Origin2024, dan *software* IBM SPSS *Statistic* 26.0, timbangan analitik, ayakan mesh nomor 80, *beaker glass*, gelas ukur, pinset, pipet tetes, mortir, stamper, mikrometer sekrup, mikropipet.

3.4 Alur Penelitian

Alur Penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada bagan berikut



3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1. Preparasi Padatan Gemfibrozil-Urea

Preparasi padatan gemfibrozil-urea dengan metode *solvent drop grinding* dilakukan pada perbandingan molar (3:1) yaitu dengan total penimbangan sebesar 20 gram. Setelah ditimbang, gemfibrozil dan urea dimasukkan ke dalam mortir dan digerus selama 10 menit. Kemudian, campuran yang didapatkan ditetaskan secara bertahap total 2 ml etanol p.a bersamaan dengan digerus selama 15 menit. Serbuk kristal yang diperoleh diayak dengan menggunakan mesh no.80 dan kemudian dipindahkan ke dalam vial coklat dan dilakukan pengujian selanjutnya (Wicaksono dkk., 2022).

3.5.2. Karakteristik Padatan Gemfibrozil-Urea

3.3.1 *Powder X-Ray Diffraction (PXRD)*

Powder X-Ray Diffraction digunakan untuk menganalisis struktur kisi kristal yang terbentuk dari bahan padat berdasarkan pola difraksi puncak spesifik data difraktogram sudut 2θ . Sampel yang akan dikarakterisasi dengan menggunakan PXRD adalah gemfibrozil, urea, dan padatan multikomponen gemfibrozil-urea. Analisis difraksi sinar-X dilakukan pada sampel menggunakan alat Panalytical Xpert Pro PW3373/00. Sampel ditempatkan pada holder dan diradiasi sinar-X dengan tegangan 40 kV dan arus 30 mA. Data difraksi dikumpulkan pada rentang sudut 2θ 5-50° dengan *step size* 0.017° dan *step time* 10,15 detik (Wicaksono dkk., 2017).

3.3.2 *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

Fourier Transform Infra-Red adalah teknik yang digunakan untuk menganalisis interaksi antarmolekul dan gugus fungsi dalam padatan. Analisis dilakukan dengan membandingkan pergeseran puncak serapan spektra padatan gemfibrozil-urea dengan komponen penyusun. Apabila terdapat pergeseran puncak serapan spektra menunjukkan adanya interaksi intermolekuler. Sampel yang akan dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR adalah gemfibrozil, urea, dan padatan gemfibrozil-urea. Karakterisasi menggunakan alat *ThermoScientific Nicolet iS10* dengan rentang yang digunakan pada 4000-400 cm^{-1} dan resolusi 4 cm^{-1} . (Wicaksono dkk., 2022).

3.3.3 *Differential Scanning Calorimetry (DSC)*

Differential Scanning Calorimetry merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis karakteristik termal kristal. Metode ini memberikan gambaran kuantitatif tentang fase termodinamik, entalpi peleburan, dan titik lebur padatan gemfibrozil-urea. Puncak endotermik tunggal yang muncul pada kurva analisis termal kemudian dibandingkan antara padatan gemfibrozil-urea dengan komponen penyusun. Sampel yang akan dikarakterisasi dengan menggunakan DSC adalah gemfibrozil,

urea, dan padatan gemfibrozil-urea. Karakterisasi menggunakan alat *Rigaku Differential Scanning Calorimeter 8320* dan diatur pada rentang temperatur 30°-200°C dengan laju pemanasan 10°C per menit. (Wicaksono dkk., 2022).

3.3.4 *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Scanning Electron Microscope merupakan teknik karakterisasi yang digunakan untuk mengidentifikasi morfologi permukaan dalam fase padat. Sampel yang akan dikarakterisasi dengan menggunakan SEM adalah gemfibrozil, urea, dan padatan gemfibrozil-urea. Karakterisasi menggunakan alat *Hitachi Model TM3000*. Sampel diletakkan pada holder dan dilapisi dengan platina ketebalan 10 nm, kemudian diamati pada tegangan 20 kV dan arus 12 mA dengan berbagai perbesaran. (Wicaksono dkk., 2017).

3.5.3. *Evaluasi Sifat Fisik*

a. Pengujian Kadar Lembab

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar air yang terkandung dalam serbuk atau granul. Prosedur pengujian dilakukan pada gemfibrozil, urea, dan padatan gemfibrozil-urea menggunakan alat *moisture analyzer*. Ditimbang serbuk sebanyak 5 gram dan diletakkan ke pan yang tersedia, kemudian dapat ditekan tombol start untuk memulai proses analisis. Hasil pengujian kadar lembab akan tertera pada layar alat (Khairi dkk., 2023). Granul atau serbuk yang dianggap stabil dan baik saat disimpan adalah dengan kandungan lembab sebesar 2-4% (Sudarsono dkk., 2021).

3.5.4. *Evaluasi Sifat Tabletabilitas*

a. *Tensile Strength*

Prosedur pengujian *Tensile Strength* dimulai dengan penimbangan 500 mg serbuk gemfibrozil dan padatan gemfibrozil-urea. Kemudian serbuk dikompresi menggunakan alat kompresi hidrolik dengan variasi

tekanan 0,5; 0,75; 1; 1,25 dan 1,5 ton, masing-masing 3 kali replikasi. Kemudian diameter dan ketebalan tablet diukur menggunakan mikrometer sekrup, sedangkan kekerasan diukur dengan alat Erweka TBH 125 (Isaac dkk., 2021). Data yang diperoleh digunakan untuk menghitung *tensile strength* menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$TS = \frac{2 \times CS}{\pi \times h \times d}$$

Keterangan :

- TS = *tensile strength* (N/mm²)
 CS = kekerasan tablet (N)
 h = ketebalan tablet (mm)
 d = diameter tablet (mm)

b. Persentase *Elastic Recovery*

Prosedur pengujian Persentase *Elastic Recovery* (%ER) yaitu dilakukan dengan segera melakukan pengukuran ketebalan tablet segera setelah proses kompresi, dengan variasi tekanan 0,5; 0,75; 1; 1,25 dan 1,5 ton, masing-masing 3 kali replikasi dan pengukuran kedua dilakukan setelah tablet disimpan selama 24 jam (Shamjuddin dkk., 2014). Data ketebalan yang diperoleh digunakan untuk menghitung %ER menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\%ER = \frac{(H-H_c)}{H} \times 100\%$$

Keterangan :

- %ER = persentase *elastic recovery* (%)
 H = ketebalan tablet setelah kompresi (cm)
 H_c = ketebalan tablet 24 jam setelah kompresi (cm)

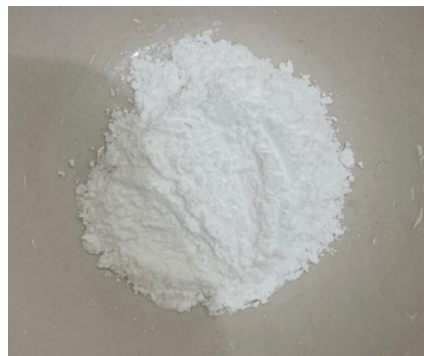
3.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan secara statistik dengan tujuan untuk mengetahui kebermaknaan perbedaan hasil data. Hasil data yang didapat adalah *tensile strength* dan persentase *elastic recovery*. Data-data tersebut kemudian diolah pada uji normalitas (*Shapiro-Wilk*) dan homogenitas menggunakan perangkat lunak *SPSS 22.0 for windows*. Apabila data terdistribusi normal (nilai $p > 0,05$), dilanjutkan uji *one way ANOVA* untuk mengetahui perbedaan signifikan antara dua sampel pengujian yaitu gemfibrozil murni dengan padatan gemfibrozil-urea. Hasil uji dianggap bermakna jika nilai $p < 0,05$ dengan tingkat kepercayaan 95% (Wicaksono dkk., 2017).

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Preparasi Padatan Gemfibrozil-Urea

Pembuatan gemfibrozil-urea menggunakan metode *solvent drop grinding* yang merupakan teknik modifikasi yang melibatkan penggerusan pada prosesnya dengan penambahan sedikit pelarut (Kotak dkk., 2015). Padatan dibuat dengan perbandingan molar 3:1 antara gemfibrozil dan urea, dengan total penimbangan sebanyak 20 gram. Pertimbangan perbandingan (3:1) adalah diharapkan dapat terjadi interaksi intermolekular antar gugus donor dan akseptor pada gemfibrozil dan urea. Selain itu dapat menjaga dosis obat tetap tinggi tanpa memperbesar tablet, dan menghindari ukuran tablet terlalu besar. Pelarut yang digunakan pada penelitian kali ini adalah etanol p.a dengan total pelarut sebanyak 2 ml (Wicaksono dkk., 2022). Preparasi gemfibrozil-urea dengan metode *solvent drop grinding* sebanyak 18,5 gram gemfibrozil dan 1,5 gram urea, perhitungan dapat dilihat pada lampiran 3. Kemudian direduksi dengan menggunakan mortar dan diayak mesh no.80 (Wicaksono dkk., 2017). Hasil preparasi berupa serbuk padatan gemfibrozil-urea diamati secara visual berbentuk serbuk kering berwarna putih seperti pada gambar 4.1. Serbuk padatan gemfibrozil-urea kemudian disimpan ke dalam vial coklat untuk dikarakterisasi dan dievaluasi sifat tabletabilitasnya.

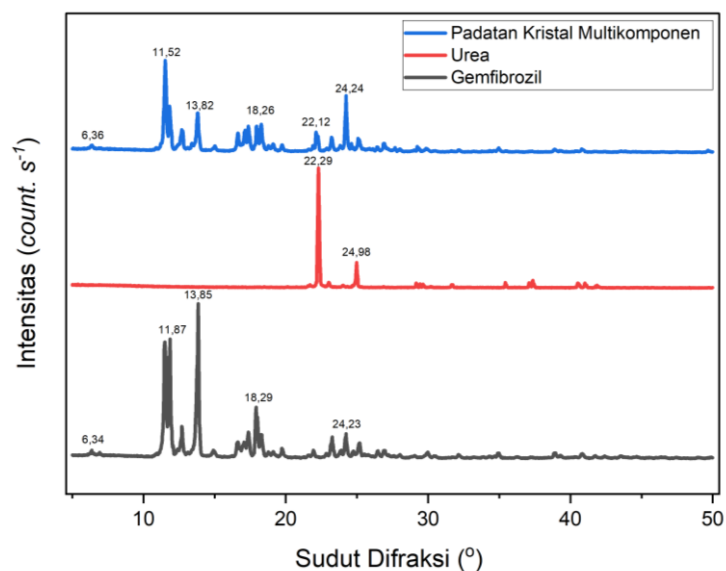


Gambar 4.1 Hasil padatan gemfibrozil-urea

4.2 Hasil Karakterisasi Padatan Gemfibrozil-Urea

4.2.1. Hasil Karakterisasi dengan PXRD

Karakterisasi PXRD digunakan untuk mengidentifikasi jenis padatan sampel yang diuji, yaitu gemfibrozil, urea, dan padatan gemfibrozil-urea. Perbedaan pola difraksi antara padatan gemfibrozil-urea dengan komponen penyusunnya mengindikasikan adanya perubahan bentuk kristal yang terjadi akibat interaksi intermolekul (Wicaksono dkk., 2018). Hasil *overlay* difraktogram dapat dilihat pada gambar 4.2 dan data perbandingan puncak difraksi pada tabel 4.1. Data secara detail sampel dapat dilihat pada lampiran 4.



Gambar 4.2 Hasil *overlay* difraktogram PXRD

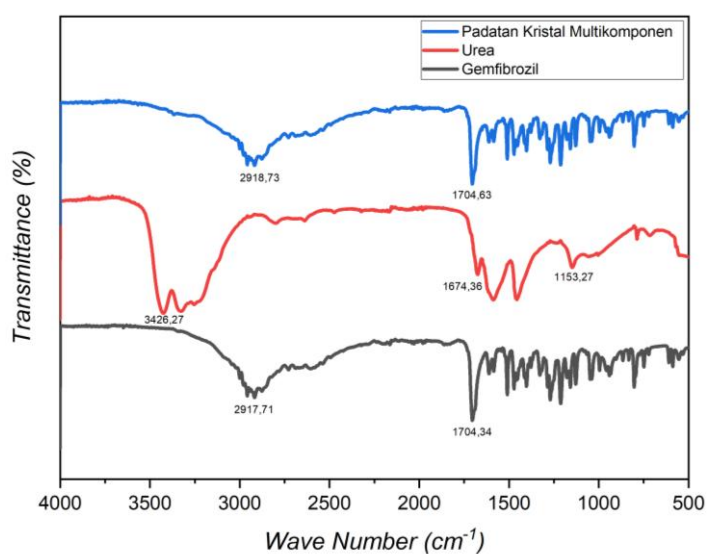
Tabel 4.1 Data posisi 2θ hasil pengujian karakterisasi PXRD

| Posisi 2θ | | |
|------------------|-------|--------------------------|
| Gemfibrozil | Urea | Padatan gemfibrozil-urea |
| 6,34 | - | 6,36 |
| 11,87 | - | 11,52 |
| 13,85 | - | 13,82 |
| 18,29 | - | 18,26 |
| - | 22,29 | 22,12 |
| 24,23 | - | 24,24 |
| - | 24,98 | 25,07 |

Berdasarkan hasil karakterisasi PXRD difraktogram gemfibrozil mempunyai puncak difraksi 2θ yang spesifik pada $6,34^\circ$; $11,87^\circ$; $13,85^\circ$; $17,89^\circ$; $24,23^\circ$. Pada urea mempunyai puncak spesifik 2θ pada $22,29^\circ$ dan $24,98^\circ$. Padatan gemfibrozil-urea memiliki puncak spesifik 2θ pada $6,36^\circ$; $11,52^\circ$; $13,82^\circ$; $18,26^\circ$; $22,12^\circ$; $24,24^\circ$. Hasil karakterisasi PXRD tersebut menunjukkan hanya perbedaan pada intensitas puncak difraksi antara bahan penyusun dengan padatan gemfibrozil-urea. Puncak-puncak difraksi padatan gemfibrozil-urea merupakan gabungan dari puncak difraksi bahan penyusun dan tidak tampak adanya puncak difraksi baru, sehingga diindikasikan terbentuknya padatan eutektik (Palanisamy dkk., 2023).

4.2.2. Hasil Karakterisasi dengan FTIR

Karakterisasi FTIR dilakukan untuk mengidentifikasi interaksi hidrogen yang terjadi dalam padatan gemfibrozil-urea. Apabila terjadi pergeseran posisi puncak serapan pada spektra FTIR antara padatan gemfibrozil-urea dibandingkan dengan bahan penyusunnya dapat mengindikasikan adanya ikatan hidrogen. Hasil *overlay* spektra FTIR dapat dilihat pada gambar 4.3 dan data perbandingan puncak serapan pada tabel 4.2. Data secara detail sampel dapat dilihat pada lampiran 5.



Gambar 4.3 Hasil *overlay* spektra FTIR

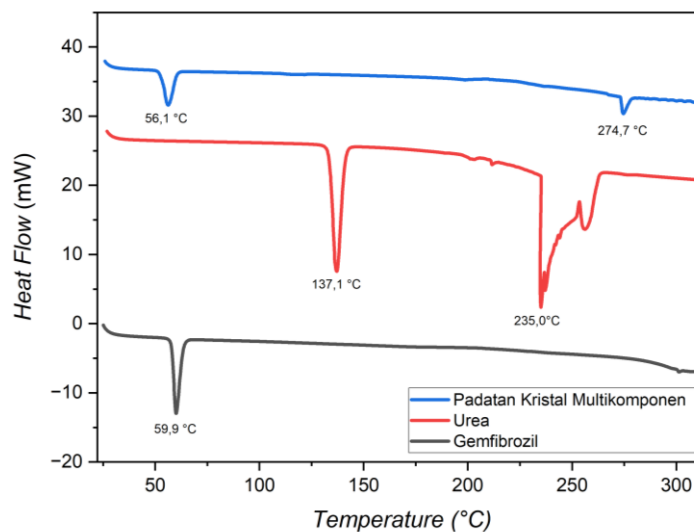
Tabel 4.2 Interpretasi perbandingan puncak serapan hasil karakterisasi FTIR

| Posisi Bilangan Gelombang Puncak (cm ⁻¹) | | | |
|--|---------|--------------------------|---------------------------|
| Gemfibrozil | Urea | Padatan Gemfibrozil-Urea | Interpretasi Gugus Fungsi |
| | 3430,41 | - | Regangan N-H |
| 2917,71 | | 2918,73 | Regangan O-H |
| | 1677,36 | - | Regangan C=O amida |
| 1704,34 | | 1704,63 | Regangan C=O karbonil |
| | 1153,27 | - | Regangan C-N |

Hasil karakterisasi FTIR gemfibrozil menunjukkan spektra dengan puncak serapan spesifik pada bilangan gelombang 2917,71 cm⁻¹ pada (regangan O-H) dan 1704,34 cm⁻¹ (regangan C=O) yang sesuai menurut penelitian sebelumnya (Holanda dkk., 2019). Sedangkan berdasarkan penelitian sebelumnya, urea menunjukkan spektra dengan puncak serapan spesifik pada bilangan gelombang 3430,41 cm⁻¹ pada (regangan N-H), 1677,36 cm⁻¹ pada (regangan C=O amida), dan 1153,27 cm⁻¹ pada (regangan C-N) (Laily dkk., 2024). Berdasarkan bilangan gelombang puncak spektra yang dihasilkan oleh padatan gemfibrozil-urea tidak menunjukkan adanya pergeseran pada regangan O-H dan juga regangan C=O, sehingga dapat diindikasikan tidak terjadi interaksi intermolekuler dan terbentuk padatan eutektik (Palanisamy dkk., 2023).

4.2.3. Hasil Karakterisasi dengan DSC

Karakterisasi ini digunakan untuk mengetahui perubahan termal seperti titik lebur yang terjadi pada suatu zat saat dipanaskan. Data termogram hasil *overlay* dapat dilihat pada gambar 4.4 dan perubahan titik lebur dapat dilihat pada tabel 4.3. Data secara detail sampel dapat dilihat pada lampiran 6.

Gambar 4.4 Hasil *overlay* spektra DSC

Tabel 4.3 Data Termodinamika Hasil Pengujian Karakterisasi DSC

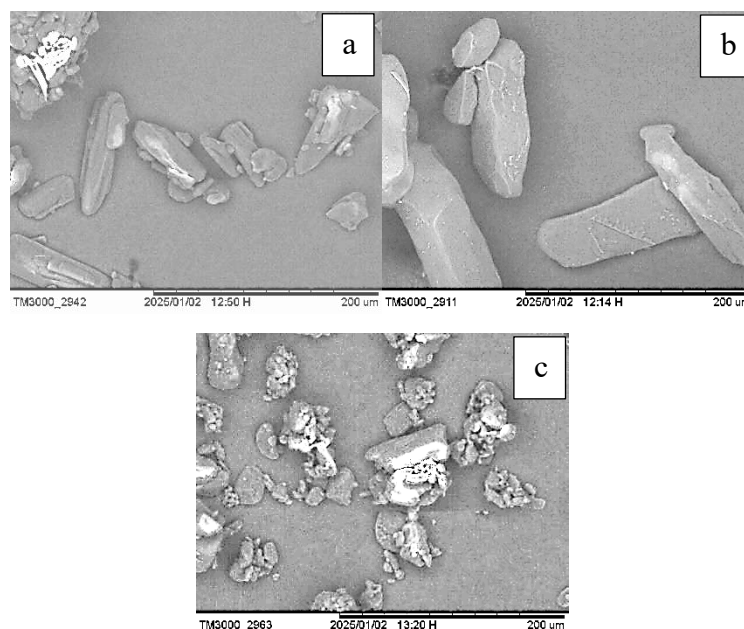
| Sampel | Puncak Titik Lebur (°C) |
|--------------------------|--------------------------------|
| Gemfibrozil | 59,9 |
| Urea | 137,1 235,0 |
| Padatan Gemfibrozil-Urea | 56,1 274,7 |

Hasil karakterisasi DSC yang telah dilakukan pada penelitian ini menunjukkan data termodinamika dari sampel yang diuji yaitu gemfibrozil, urea, dan padatan gemfibrozil- urea. Pada Gemfibrozil menunjukkan puncak endotermik pada suhu 59,9°C. Urea menunjukkan puncak endotermik pada suhu 137,1°C dan mengalami degradasi pada suhu 235,0°C. Puncak pada padatan gemfibrozil-urea ditunjukkan pada suhu 56,1°C. Berdasarkan hasil yang diperoleh dari sampel padatan gemfibrozil-urea memiliki perbedaan puncak endotermik lebih rendah dibandingkan dengan bahan penyusunnya. Eutektik merupakan campuran kristal yang terdiri dari dua atau lebih zat yang memiliki titik lebur lebih rendah dibandingkan dengan komponen utamanya. Pada campuran ini juga ditandai dengan tidak munculnya interaksi-interaksi kuat antara komponen penyusunnya (Joos dkk., 2020). Berdasarkan hasil pengujian PXRD, FTIR dan DSC diindikasikan bahwa padatan gemfibrozil-

urea merupakan padatan eutektik (Butreddy dkk., 2021). Puncak padatan gemfibrozil-urea memiliki puncak degradasi pada suhu 274,7°C yang kemungkinan disebabkan karena degradasi dari urea (Tischer dkk., 2019).

4.2.4. Hasil Karakterisasi dengan SEM

Scanning electron microscope digunakan untuk mendapatkan informasi mengenai morfologi, dan topografi dari gemfibrozil murni, urea dan padatan gemfibrozil-urea. Karakterisasi dilakukan pada perbesaran 500x dan hasil pengujiannya tampak pada Gambar 4.5. Data secara detail sampel dapat dilihat pada lampiran 7.



Gambar 4.5 Hasil karakterisasi SEM dengan perbesaran 500x (a) Gemfibrozil murni, (b) urea, (c) Padatan gemfibrozil-urea

Berdasarkan gambar 4.5 menunjukkan bahwa morfologi kristal gemfibrozil berbentuk cenderung lonjong (*columnar*), sedangkan urea memiliki bentuk morfologi seperti lempeng panjang (*tabular*). Berbeda dengan bentuk morfologi yang ditunjukkan pada padatan gemfibrozil-urea yang memiliki bentuk *irreguler* atau tidak beraturan. Pada padatan gemfibrozil-urea mengalami pengurangan ukuran partikel secara signifikan yang dapat diamati dengan munculnya butiran kecil yang menggumpal

dibandingkan dengan bahan penyusunnya, sehingga dapat diindikasikan padatan eutektik (Saikia dkk., 2022). Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan pada bentuk morfologi dari sampel padatan gemfibrozil-urea dapat menunjukkan bahwa adanya perubahan bentuk pada kristal gemfibrozil-urea.

4.3 Hasil Evaluasi Sifat Fisik

4.3.1. Hasil Pengujian Kadar Lembab

Hasil pengujian kadar lembab dilakukan pada gemfibrozil murni dan padatan gemfibrozil-urea. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kandungan air dalam padatan gemfibrozil-urea yang diuji dengan menggunakan *moisture analyser*. Serbuk kristal yang dianggap stabil dan baik saat disimpan adalah dengan kandungan lembab sebesar 2-4% (Sudarsono dkk., 2021).

Tabel 4.4 Data Uji Kadar Lembab

| Sampel | Kadar Lembab (%) | Rata-rata \pm SD (%) |
|--------------------------|------------------|------------------------|
| Gemfibrozil | 1,56 | 1,86 \pm 0,791 |
| | 1,26 | |
| | 2,75 | |
| Urea | 2,93 | 2,98 \pm 0,064 |
| | 3,02 | |
| | 3.25 | |
| Padatan Gemfibrozil-Urea | 3.67 | 3,35 \pm 0,273 |
| | 3.18 | |
| | 3.21 | |

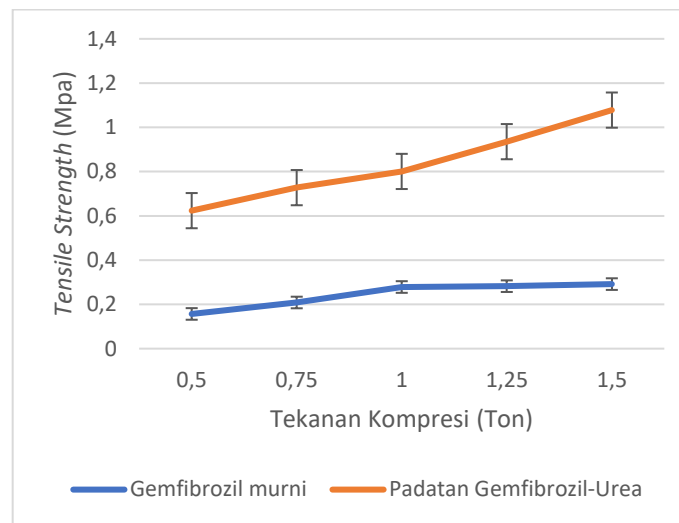
Pengujian dilakukan sebanyak 3x replikasi dengan hasil uji yang pada gemfibrozil didapatkan 1,86 \pm 0,791 dan pada urea didapatkan 2,98 \pm 0,064. Sedangkan pada padatan gemfibrozil-urea diperoleh sebesar 3,35 \pm 0,273. Kadar lembab dalam padatan gemfibrozil-urea meningkat secara signifikan ($p < 0,05$) dibandingkan kadar lembab gemfibrozil murni. Peningkatan kadar lembab dari padatan gemfibrozil-urea disebabkan karena pengaruh dari sifat urea yang higroskopis dan pada tabel 4.4 data uji kadar lembab juga ditunjukkan bahwa urea memiliki kadar lembab yang lebih tinggi daripada gemfibrozil (Frebianti dkk., 2024).

Peningkatan kadar lembab dari serbuk padatan dapat berpengaruh pada saat proses kompresi. Karena dengan kadar lembab yang sesuai dengan persyaratan akan mempermudah proses pengempaan dengan menghasilkan tablet yang lebih keras. Kadar lembab yang terlalu rendah akan memungkinkan terjadinya *capping*. Sebaliknya, jika kadar air terlalu tinggi dapat menyebabkan tablet mudah lengket dan rapuh. (Putra, 2019). Kadar lembab yang sesuai dapat meningkatkan kohesi partikel melalui pembentukan lapisan air tipis. Kelembaban yang berlebihan menyebabkan pembentukan film air multilayer yang melemahkan interaksi antarmolekul, sedangkan kelembaban yang terlalu rendah meningkatkan porositas tablet dan menurunkan *tensile strength* (Thapa et al., 2017).

4.4 Hasil Evaluasi Sifat Tabletabilitas

4.4.1. Hasil Pengujian *Tensile Strength* (TS)

Nilai TS digunakan untuk menentukan sifat tabletabilitas dari gemfibrozil dan padatan gemfibrozil-urea. Profil tabletabilitas menggambarkan grafik korelasi antara kekuatan tarik (*tensile strength*) dan kekuatan tekanan/kompresi. Nilai *tensile strength* untuk sediaan tablet yang dianggap baik untuk menjamin kualitas dan integritas tablet selama penanganan dan penyimpanan adalah sekitar 1- 4 MPa (Dewi dkk., 2022). Hasil pengujian *tensile strength* dari gemfibrozil dengan hasil padatan kristal multikomponen dapat dilihat pada gambar 4.6 dan tabel 4.5. Data secara detail sampel dapat dilihat pada lampiran 9.



Gambar 4.6 *Tensile strength* gemfibrozil dan padatan gemfibrozil-urea

Tabel 4.5 Data *tensile strength*

| Tekanan Kompresi (ton) | Nilai Rata-Rata <i>Tensile Strength</i> (MPa) | |
|------------------------|---|--------------------------|
| | Gemfibrozil | Padatan Gemfibrozil-Urea |
| 0,5 | 0,1569 ± 0,0123 | 0,6237 ± 0,0148 |
| 0,75 | 0,2079 ± 0,0124 | 0,7276 ± 0,0078 |
| 1 | 0,2775 ± 0,0063 | 0,8008 ± 0,0088 |
| 1,25 | 0,2818 ± 0,0131 | 0,9506 ± 0,0066 |
| 1,5 | 0,2917 ± 0,0061 | 1,0952 ± 0,0140 |

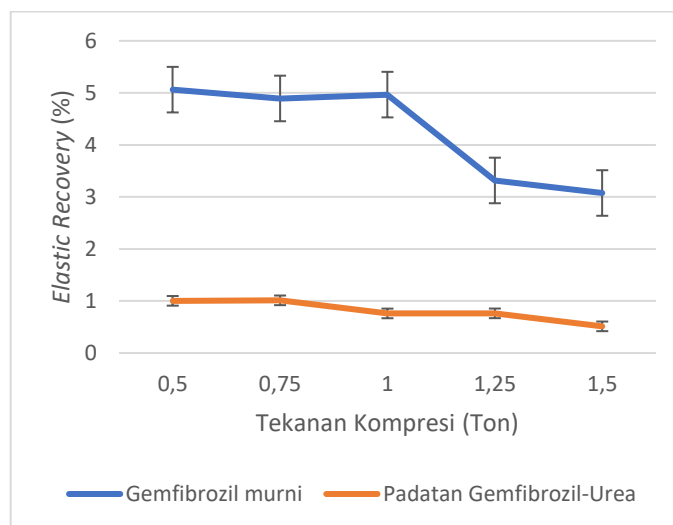
Nilai *tensile strength* pada padatan gemfibrozil-urea yang dihasilkan pada pengujian ini pada tekanan 0,5; 0,75; 1; 1,25 dan 1,5 ton menunjukkan peningkatan secara signifikan ($p < 0,05$) dibandingkan dengan gemfibrozil murni. Berdasarkan hasil analisis, padatan gemfibrozil-urea pada perbedaan tekanan menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$ yang mengindikasikan bahwa ada perbedaan bermakna antara padatan gemfibrozil-urea pada tekanan 0,5 sampai 1,5 ton. Pada gemfibrozil murni hanya menunjukkan perbedaan bermakna nilai signifikansi $p < 0,05$ pada tekanan 0,5 dan 1 ton, pada tekanan 1-1,5 ton pada gemfibrozil murni tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna dengan nilai signifikansi $p > 0,05$. Nilai TS gemfibrozil murni pada tekanan 1-1,5 ton menunjukkan tidak berbeda signifikan secara

statistik, meskipun secara numerik ada kenaikan. Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena adanya *plateau effect*, gemfibrozil cenderung mencapai titik jenuh kompaksi, sehingga partikel tidak saling mendekat secara efektif meskipun tekanannya ditambah (Plateau, 2017).

Nilai TS padatan meningkat seiring dengan meningkatnya tekanan yang diberikan, sehingga kemungkinan tablet tidak akan mengalami permasalahan pada kerapuhan atau *capping*. Padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea memiliki nilai *tensile strength* sebesar 1,095 MPa pada tekanan 1,5 ton. Peningkatan TS pada diperkirakan karena penurunan titik lebur menyebabkan bentuk morfologi dari padatan gemfibrozil-urea yang tidak beraturan dengan bentuk partikel yang lebih kecil dibandingkan gemfibrozil murni, sehingga dapat meningkatkan luas permukaan dan meningkatkan interaksi antar partikel saat dikompresi (Butreddy dkk., 2021).

4.4.2. Hasil Pengujian *Elastic Recovery*

Nilai ER juga digunakan untuk menentukan sifat tabletabilitas dari gemfibrozil dan padatan gemfibrozil-urea. Pengujian *elastic recovery* digunakan untuk menganalisis elastisitas yang tersimpan dalam tablet selama dan setelah tablet dikompresi dengan mengukur ketebalan tablet. Tablet yang terlalu elastis atau memiliki nilai *elastic recovery* yang tinggi cenderung rapuh karena ikatan antar partikelnya lemah (Ratih dkk., 2018). Prosedur dilakukan dengan melakukan pengukuran ketebalan pada tablet setelah proses kompresi dan diukur kembali setelah tablet disimpan selama 24 jam. Hasil pengujian *elastic recovery* dari gemfibrozil dengan hasil padatan kristal multikomponen dapat dilihat pada gambar 4.6 dan tabel 4.5. Data secara detail sampel dapat dilihat pada lampiran 10.



Gambar 4.7 *Elastic recovery* gemfibrozil dan padatan gemfibrozil-urea

Tabel 4.6 Data *elastic recovery*

| Tekanan Kompresi (ton) | Nilai Rata-Rata <i>Elastic Recovery</i> (%) | |
|------------------------|---|--------------------------|
| | Gemfibrozil | Padatan Gemfibrozil-Urea |
| 0,5 | 5,147 ± 0,0126 | 1,003 ± 0,0052 |
| 0,75 | 4,963 ± 0,0123 | 1,013 ± 0,0026 |
| 1 | 4,703 ± 0,0116 | 0,761 ± 0,0019 |
| 1,25 | 3,229 ± 0,0123 | 0,763 ± 0,0019 |
| 1,5 | 2,993 ± 0,0149 | 0,513 ± 0,0026 |

Nilai *elastic recovery* pada padatan gemfibrozil-urea yang dihasilkan pada pengujian ini ditunjukkan pada profil persentase ER dengan tekanan kompresi pada 0,5; 0,75; 1; 1,25 dan 1,5 ton. Pada padatan gemfibrozil-urea nilai ER berbeda secara signifikan ($p < 0,05$) dibandingkan dari gemfibrozil murni, sehingga dapat disimpulkan terjadi peningkatan tabletabilitas dari gemfibrozil. Berdasarkan hasil analisis, padatan gemfibrozil murni pada perbedaan tekanan menunjukkan nilai signifikansi ($p < 0,05$) yang mengindikasikan bahwa ada perbedaan bermakna antara padatan gemfibrozil murni pada perbedaan tekanan 0,5-1,5 ton. Pada gemfibrozil-urea hanya menunjukkan perbedaan bermakna nilai signifikansi ($p < 0,05$) pada tekanan 1,5 ton. Pada tekanan 0,5 ton dengan

0,75 ton dan 1 ton dengan 1,25 ton pada gemfibrozil-urea tidak menunjukkan adanya perbedaan bermakna dengan nilai signifikansi ($p > 0,05$). Hal tersebut kemungkinan disebabkan karena adanya *plateau effect*, padatan gemfibrozil-urea cenderung mencapai batas elastisitasnya (Plateau, 2017).

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa padatan gemfibrozil-urea memiliki persentase *elastic recovery* yang lebih rendah dibandingkan dengan gemfibrozil murni. Padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea memiliki nilai *elastic recovery* sebesar 0,513% pada tekanan 1,5 ton. Besarnya *elastic recovery* dipengaruhi oleh tekanan yang diberikan saat membuat tablet. Pada umumnya, tekanan yang lebih tinggi akan menghasilkan tablet yang lebih keras dan memiliki *elastic recovery* yang lebih rendah (Keizer dan Kleinebudde, 2020). Penurunan nilai %ER diperkirakan karena adanya penurunan titik lebur padatan eutektik, sehingga pada morfologi padatan kristal multikomponen menjadi tidak beraturan dengan ukuran partikel lebih kecil dan memungkinkan penyebaran tegangan lebih merata selama proses deformasi.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea adalah berupa padatan eutektik. Hasil karakterisasi PXRD tidak menunjukkan adanya pembentukan puncak baru, hasil FTIR juga tidak menunjukkan pergeseran bilangan gelombang pada spektra gemfibrozil, dan pada hasil DSC menunjukkan penurunan dari puncak endotermik peleburan dari gemfibrozil, pada hasil SEM menunjukkan morfologi padatan gemfibrozil-urea yang berbeda dibandingkan dengan bahan penyusunnya yaitu gemfibrozil dan urea.
2. Pengaruh pembentukan padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea adalah meningkatkan sifat tabletabilitas yang ditunjukkan oleh meningkatnya nilai *tensile strength* dan menurunnya nilai %ER terdapat perbedaan secara signifikan ($p < 0,05$) antara gemfibrozil murni dengan padatan gemfibrozil-urea pada semua perlakuan tekanan kompresi. Padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea memiliki nilai *tensile strength* sebesar 1,095 MPa dan memiliki nilai *elastic recovery* sebesar 0,513% pada tekanan 1,5 ton yang telah memasuki rentang tabletabilitas yang baik yaitu sebesar 1- 4 MPa.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, saran untuk penelitian selanjutnya adalah, sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan perbedaan tekanan kompresi.
2. Pengujian sifat tabletabilitas pada padatan kristal multikomponen gemfibrozil-urea dapat dilakukan dengan menggunakan metode preparasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Alatas, F. , S. A. Dzaza. , dan P. Nira. 2023. Karakterisasi pembentukan ko-kristal tenoksikam-asam malat dan evaluasi kompresibilitas dan tabletabilitasnya. *Jurnal Farmasi Galenika*. 10:194–208.
- Alatas, F., T. Hartyana Sutarna, R. Fakhrona Salman, dan S. Nuroño Soewandhi. 2022. Mechanical Properties Improvement of Dexibuprofen through Dexibuprofen Caffeine Co-Crystal Formation by Ultrasound Assisted Solution Co-Crystallization Method. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*. 9(1):45-55.
- Bigogno, E. R., L. Soares, M. H. R. Mews, M. Zétola, G. C. Bazzo, H. K. Stulzer, dan B. R. Pezzini. 2020. It is possible to achieve tablets with good tabletability from solid dispersions – the case of the high dose drug gemfibrozil. *Current Drug Delivery*. 18(4):460–470.
- Butreddy, A., M. Almutairi, N. Komanduri, S. Bandari, F. Zhang, dan M. A. Repka. 2021. Multicomponent crystalline solid forms of aripiprazole produced via hot melt extrusion techniques: an exploratory study. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. 63.
- Cahyani, N. A., A. Susanto, I. Rinia Dewi, I. Nurhikmah. 2023. Formulasi tablet parasetamol dengan kombinasi pvp dan amilum umbi porang (amorphopallus onchopyllus) sebagai bahan pengikat terhadap sifat fisik tablet. *Journal of Pharmacy UMUS*. 4(02):1–11.
- Cuadra, I. A., A. Cabañas, J. A. R. Cheda, M. Türk, dan C. Pando. 2020. Cocrystallization of the anticancer drug 5-fluorouracil and cofomers urea, thiourea or pyrazinamide using supercritical co2 as an antisolvent (sas) and as a solvent (css). *Journal of Supercritical Fluids*. 160.
- Depkes RI. 2020. *Farmakope Indonesia Edisi VI*. Departemen Kesehatan Republik Indonesia.
- Dewi, I. , R., F. Alatas, N. C. P. Ananda, D. A. Lestari, A. R. Ludin, E. Wahyuni, dan H. Ratih. 2022. Perbaikan flowability dan tabletability furosemid melalui ko-kristalisasi dengan kafein. *Medical Sains : Jurnal Ilmiah Kefarmasian*. 7(3).

- Douroumis, D., S. A. Ross, dan A. Nokhodchi. 2017. Advanced Methodologies for Cocrysal Synthesis. *Advanced Drug Delivery Reviews*. August 1, 2017.
- Ferdiansyah, R., S. A. Ardiansyah, R. Rachmaniar, dan I. Yuniar. 2021. Jurnal ilmiah farmako bahari review: the effect of cocrysal formation using carboxylic acid cofomer with solvent evaporation and solvent drop grinding methods on bioavailability of active substances. *Jurnal Ilmiah Farmako Bahari*. 12(1):28–38.
- Frebianti, N. Arrozi, dan I. Nur Fitria. 2024. Karakteristik pelapisan urea dengan metode *slow release fertilizer* menggunakan stearin-parafin. *Jurnal Ilmiah Respati* . 15
- Guo, M., X. Sun, J. Chen, dan T. Cai. 2021. Pharmaceutical Cocrysal: A Review of Preparations, Physicochemical Properties and Applications. *Acta Pharmaceutica Sinica B*. August 1, 2021.
- Isaac, J. A., K. E. Ekere, E. Ezekiel, I. H. Galadima, R. Abdulahi, dan A. Samali. 2021. Compressional physics of binary mixture of dried andrographis paniculata and moringa oleifera leaves. *Borneo Journal of Pharmacy*. 4(4):333–344.
- Izutsu, K.-I., T. Koide, N. Takata, Y. Ikeda, M. Ono, M. Inoue, T. Fukami, dan E. Yonemochi. 2016. Characterization and Quality Control of Pharmaceutical Cocrysal. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 64(10):1421-1430
- Joos, B., M. K. Van Bael, dan A. T. Hardy. 2020. Construction of a room-temperature eutectic binary phase diagram by use of differential scanning calorimetry. *Journal of Chemical Education*. 97(8):2265–2272.
- Keizer, H. L. dan P. Kleinebudde. 2020. Elastic recovery in roll compaction simulation. *International Journal of Pharmaceutics*. 573.
- Khairi, N., A. Sapra, S. Tawali, D. M. Indrisari. 2023. Instant granulation formulation of buni fruit extract (*antidesma bunius l.*) as an antioxidant drink. *Jurnal Agroindustri*. 14(1):1-10.

- Khan, E., A. Shukla, N. Jadav, R. Telford, A. P. Ayala, P. Tandon, dan V. R. Vangala. 2017. Study of molecular structure, chemical reactivity and h-bonding interactions in the cocrystal of nitrofurantoin with urea. *New Journal of Chemistry*. 41(19):11069–11078.
- Kotak, U., V. Prajapati, H. Solanki, G. Jani, dan P. Jha. 2015. Co-Crystallization Technique Its Rationale and Recent Progress. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. 4(4):1484-1508.
- Laily, A. P., E. Deddy Irawan, B. Wisudyaningsih, K. Zu, aimah Barikah, dan Y. Wicaksono. 2024. Pembentukan Kokristal Ketoprofen-Urea-NaCl. *Journal of Agropharmacy (JoA)*. 1(1):26-31
- Palanisamy, V., D. P. Kale, J. H. Chormale, P. S. Palash, dan A. K. Bansal. 2023. Improved Tableting Properties of Ascorbic Acid Via Eutectic Compositions with Sugars. *Journal of Molecular Structure*. 1297.
- Patel, D. J. dan P. K. Puranik. 2020. Pharmaceutical co-crystal: an emerging technique to enhance physicochemical properties of drugs. *International Journal of ChemTech Research*. 13(3):283–290.
- Plateau, T. P. 2017. Evaluation of tensile strength of jute fiber reinforced polypropylene composite. *Advances in Materials*. 6(6):149.
- Putra, D. J. S., N. W. Y. Antari, N. P. R. A. Putri, C. I. S. Arisanti, dan P. O. Samirana. 2019. Penggunaan polivinill pirolidon (pvp) sebagai bahan pengikat pada formulasi tablet ekstrak daun sirih (piper betle l.). *Jurnal Farmasi Udayana*. 14.
- Rachmaniar, R., D. Tristiyanti, dan D. Y. Sari. 2020. Pengaruh koformer nikotinamid dan metode pembentukan kokristal terhadap kelarutan zat aktif tidak larut air. *Jurnal Sains Dan Teknologi Farmasi Indonesia*. 9(1).
- Ratih, H., J. S. Pamudji, F. Alatas, dan S. N. Soewandhi. 2018. Improving Telmisartan Mechanical Properties through the Formation of Telmisartan and Oxalic Acid Co-Crystal by Slow Evaporation and Ultrasound Assisted Co-Crystallization from Solution Methods. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. 42 (1):188-195.

- Saikia, B., A. Seidel-Morgenstern, dan H. Lorenz. 2022. Multicomponent materials to improve solubility: eutectics of drug aminoglutethimide. *Crystals*. 12(1).
- Shamjuddin, A., M. S. Anuar, dan S. M. Tahir. 2014. Characteristics of tableted roselle (*hibiscus sabdariffa* linn.) with addition of sodium starch glycolate. *Particulate Science and Technology*. 32(4):384–391.
- Shivam Lad, Dr. S. Narkhede. Dr. S. Luhar. dan Dr. A. Praja. 2022. Review on moisture content: a stability problem in pharmaceuticals. *EPRA international journal of research and development (ijrd)*. 7(12).
- Sonita, H., S. Umar, dan E. Zaini. 2023. Preparasi dan karakterisasi sifat fisikokimia multikomponen ketoprofen dengan koformer proline. *JOPS (Journal Of Pharmacy and Science)*. 6(2):79–88.
- Sudarsono, A. P. P., M. Nur, dan Y. Febrianto. 2021. Pengaruh perbedaan suhu pengeringan granul (40°C,50°C,60°C) terhadap sifat fisik tablet paracetamol. *Jurnal Farmasi & Sains Indonesia*. 4(1):44–51.
- Sun, W. J., S. Kothari, dan C. C. Sun. 2018. The relationship among tensile strength, young's modulus, and indentation hardness of pharmaceutical compacts. *Powder Technology*. 331:1–6.
- Thapa, P., Lee, A.R., Choi, D.H., dan Jeong, S.H. (2017). Effects of moisture content and compression pressure of various deforming granules on the physical properties of tablets. *Powder Technology*. 310:92-102.
- Tischer, S., M. Börnhorst, J. Amsler, G. Schoch, dan O. Deutschmann. 2019. Thermodynamics and reaction mechanism of urea decomposition. *Physical Chemistry Chemical Physics*. 21(30):16785–16797.
- Wang, Y., J. Cao, X. Zhao, Z. Liang, Y. Qiao, G. Luo, dan B. Xu. 2022. Using a material library to understand the change of tabletability by high shear wet granulation. *Pharmaceutics*. 14(12).

- Wicaksono, Y., L. O. R. Kumala Sari, B. P. A. Istiqomah, S. I. Al Amaliyah, dan D. Setyawan. 2022. Evaluation of analgesic activity and acute toxicity of ketoprofen-nicotinamide multicomponent solids. *Pharmaceutical Sciences Asia*. 49:257–264.
- Wicaksono, Y., S. F. Tsaniyah, B. Wisudyaningsih, K. Z. aimah Barikah, dan L. O. R. K. Sari. 2022. Preparation of atorvastatin calcium-dipicolinic acid multicomponent solids by liquid-assisted grinding method to increase solubility. *Molekul*. 17(3):365-372.
- Wicaksono, Y., D. Setyawan, dan Siswandono. 2018. Phase Diagram and Thermodynamic Properties of Ketoprofen-Succinic Acid Binary Mixtures Diagram Fase Dan Sifat Termodinamik Campuran Biner Ketoprofen-Asam Suksinat. *Jurnal Ilmu Dasar*. 19(2):99-104.
- Wicaksono, Y., B. Wisudyaningsih, dan T. A. Siswoyo. 2017. Enhancement of solubility and dissolution rate of atorvastatin calcium by co-crystallization. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*. 16(7):1497–1502.
- Wulandari, R. L., Susilowati Sri, dan Amelya Sucyati. 2015. Pengaruh kombinasi ekstrak etanol daun sirsak dan gemfibrozil terhadap kadar trigliserida dan hdl tikus yang diinduksi pakan tinggi lemak. *Prosiding Seminar Nasional Herbal Sebagai Alternatif Medicine* . 78–84.
- Zaman, N. N. dan I. Sopyan. 2020. Tablet manufacturing process method and defect of tablets. *Majalah Farmasetika*. 5(2)

Lampiran 2 Sertifikat Analisis Urea



Specification

1.08487.0500 Urea GR for analysis ACS,Reag. Ph Eur

| Specification | | |
|--|--------------|-------|
| Assay (ex N) | 99.0 - 100.5 | % |
| Assay (ex N, calc. on dried substance) | 99.0 - 101.5 | % |
| Purity (DSC (differential scanning calorimetry)) | ≥ 99.5 | mol% |
| Identity (IR-spectrum) | passes test | |
| Appearance of solution (10 %; Wasser; color) | colourless | |
| Appearance of solution (10 %; Wasser; clarity) | clear | |
| In water insoluble matter | ≤ 0.003 | % |
| Acidity, Alkalinity | ≤ 0.0005 | meq/g |
| Melting point (DSC) | 132 - 135 | °C |
| NH ₄ (Ammonium) | ≤ 0.0500 | % |
| Chloride (Cl) | ≤ 0.0005 | % |
| Sulfate (SO ₄) | ≤ 0.001 | % |
| Heavy metals (as Pb) | ≤ 0.0004 | % |
| Heavy metals (ACS) | ≤ 0.001 | % |
| Biuret | ≤ 0.05 | % |
| Sulfated ash (600 °C) | ≤ 0.005 | % |
| Cu (Copper) | ≤ 0.0001 | % |
| Fe (Iron) | ≤ 0.0001 | % |
| Pb (Lead) | ≤ 0.0002 | % |
| Loss on Drying (105 °C) | ≤ 1.0 | % |

Corresponds to ACS, Reag. Ph Eur

Julian Hofmann

Responsible laboratory manager quality control

This document has been produced electronically and is valid without a signature.

Lampiran 3 Hasil Perhitungan Penimbangan Sampel untuk Preparasi Padatan Gemfibrozil-Urea

Penimbangan bahan dengan rasio stoikiometri (3:1), jumlah total penimbangan sebanyak 20gram sebagai berikut:

- Gemfibrozil (BM = 250,33 g/mol)

$$\frac{750,99 \text{ gram}}{750,99 \text{ gram} + 60,1 \text{ gram}} \times 20 \text{ gram} = 18,5 \text{ gram}$$

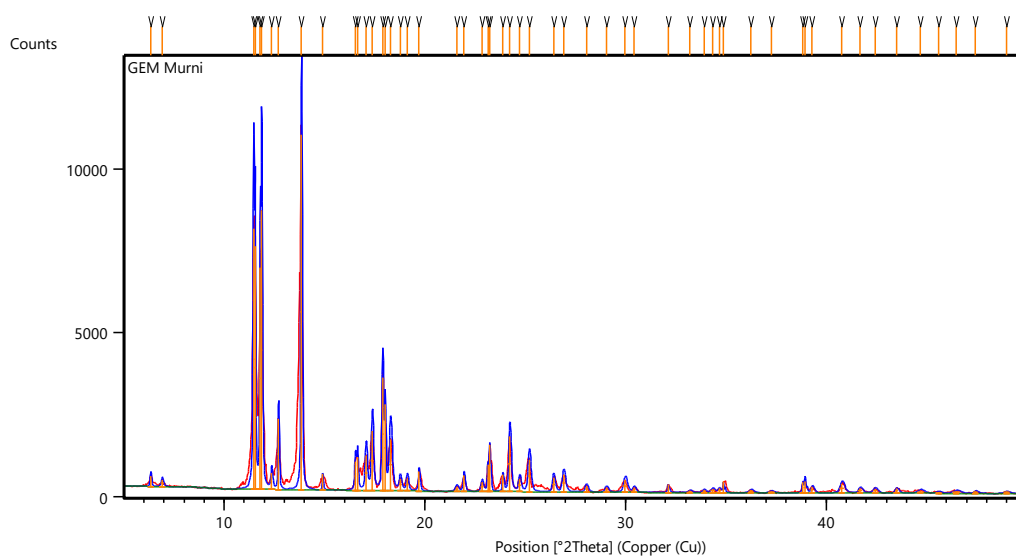
- Urea (BM = 60,1 g/mol)

$$\frac{60,1 \text{ gram}}{750,99 \text{ gram} + 60,1 \text{ gram}} \times 20 \text{ gram} = 1,5 \text{ gram}$$

Jadi jumlah bahan aktif yang digunakan pada penelitian kali ini sebanyak 18,5gram dan koformer sebanyak 1,5gram dengan menggunakan metode *solvent drop grinding*.

Lampiran 4 Data Karakterisasi dengan PXRD

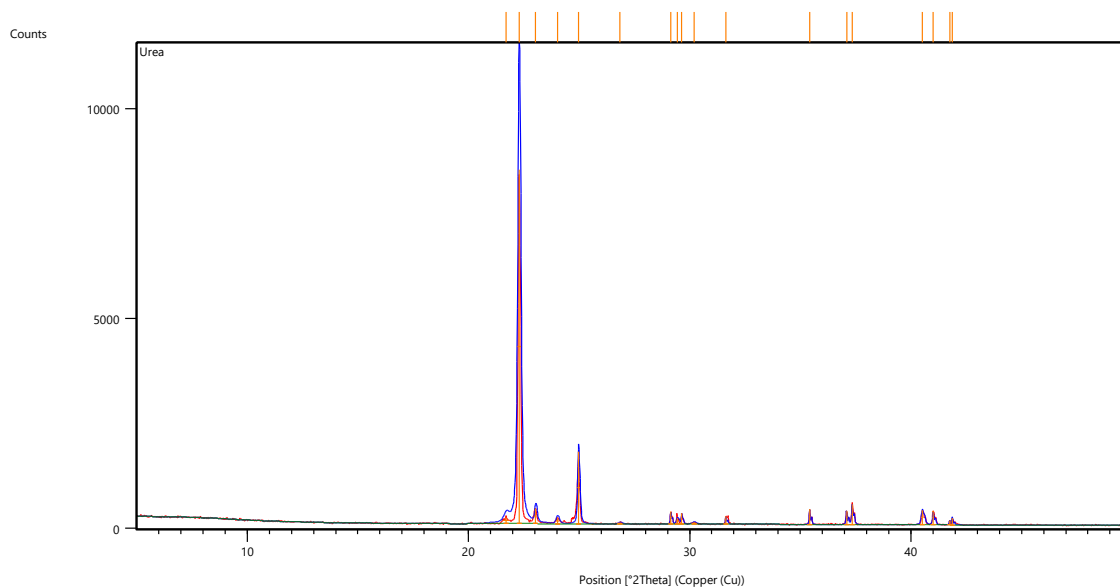
a. PXRD Gemfibrozil



| Pos. [°2Th.] | Height [cts] | FWHM Left [°2Th.] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] |
|--------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|
| 6.3483 | 318.72 | 0.0836 | 13.92304 | 2.94 |
| 6.9221 | 194.53 | 0.1338 | 12.77023 | 1.80 |
| 11.4706 | 7947.50 | 0.0836 | 7.71454 | 73.34 |
| 11.5487 | 7417.81 | 0.0335 | 7.66254 | 68.46 |
| 11.7973 | 6759.63 | 0.0502 | 7.50164 | 62.38 |
| 11.8767 | 8518.62 | 0.0669 | 7.45170 | 78.62 |
| 12.3705 | 493.26 | 0.1004 | 7.15528 | 4.55 |
| 12.7136 | 2153.64 | 0.0669 | 6.96296 | 19.88 |

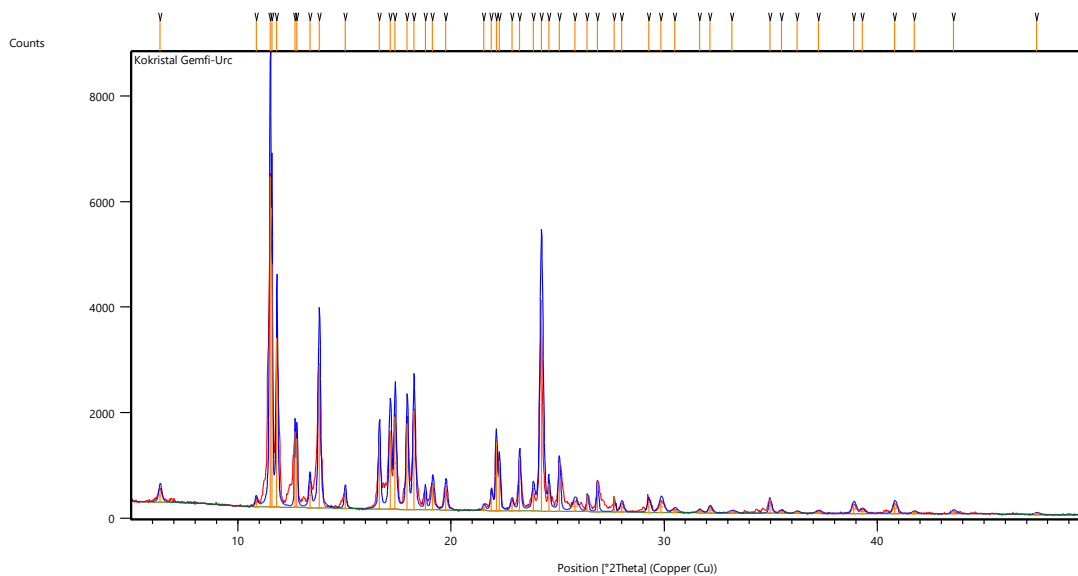
| | | | | |
|---------|----------|--------|---------|--------|
| 13.8540 | 10835.81 | 0.0669 | 6.39224 | 100.00 |
| 14.9098 | 484.73 | 0.0502 | 5.94191 | 4.47 |
| 16.5503 | 880.37 | 0.1004 | 5.35646 | 8.12 |
| 16.6543 | 1018.73 | 0.0502 | 5.32321 | 9.40 |
| 17.0722 | 1072.34 | 0.1171 | 5.19386 | 9.90 |
| 17.3844 | 1806.68 | 0.1171 | 5.10128 | 16.67 |
| 17.8950 | 3458.50 | 0.0836 | 4.95686 | 31.92 |
| 18.0205 | 2621.75 | 0.0502 | 4.92263 | 24.20 |
| 18.2972 | 1572.94 | 0.1673 | 4.84880 | 14.52 |
| 18.7738 | 355.47 | 0.1338 | 4.72677 | 3.28 |
| 19.1276 | 386.60 | 0.1171 | 4.64013 | 3.57 |
| 19.7128 | 603.29 | 0.0836 | 4.50369 | 5.57 |
| 21.5876 | 143.31 | 0.1673 | 4.11661 | 1.32 |
| 21.9522 | 491.29 | 0.1004 | 4.04906 | 4.53 |
| 22.8552 | 274.95 | 0.1338 | 3.89107 | 2.54 |
| 23.1423 | 823.75 | 0.0612 | 3.84027 | 7.60 |
| 23.2447 | 1425.40 | 0.0502 | 3.82676 | 13.15 |
| 23.8988 | 513.56 | 0.0669 | 3.72348 | 4.74 |
| 24.2349 | 1694.61 | 0.1171 | 3.67259 | 15.64 |
| 24.7246 | 380.63 | 0.1338 | 3.60094 | 3.51 |
| 25.2073 | 974.57 | 0.1506 | 3.53308 | 8.99 |
| 26.4138 | 444.90 | 0.1338 | 3.37437 | 4.11 |
| 26.9216 | 529.67 | 0.1673 | 3.31187 | 4.89 |
| 28.0483 | 188.76 | 0.1673 | 3.18134 | 1.74 |
| 29.0477 | 151.84 | 0.1673 | 3.07412 | 1.40 |
| 29.9869 | 368.96 | 0.2007 | 2.97994 | 3.41 |
| 30.4200 | 142.24 | 0.1673 | 2.93850 | 1.31 |
| 32.1233 | 248.61 | 0.0669 | 2.78647 | 2.29 |
| 33.2142 | 56.54 | 0.2007 | 2.69740 | 0.52 |
| 33.9073 | 78.96 | 0.1673 | 2.64383 | 0.73 |
| 34.3518 | 106.29 | 0.2007 | 2.61064 | 0.98 |
| 34.6680 | 122.67 | 0.1338 | 2.58755 | 1.13 |
| 34.8860 | 340.80 | 0.0502 | 2.57188 | 3.15 |
| 36.2561 | 80.49 | 0.2342 | 2.47777 | 0.74 |
| 37.2746 | 44.50 | 0.2676 | 2.41238 | 0.41 |
| 38.8421 | 334.05 | 0.0816 | 2.31664 | 3.08 |
| 38.9623 | 352.22 | 0.0669 | 2.31168 | 3.25 |
| 39.3057 | 198.22 | 0.1338 | 2.29227 | 1.83 |
| 40.7858 | 282.98 | 0.2342 | 2.21244 | 2.61 |
| 41.6944 | 140.93 | 0.2007 | 2.16630 | 1.30 |
| 42.4311 | 129.01 | 0.2342 | 2.13038 | 1.19 |
| 43.4998 | 139.55 | 0.1673 | 2.08049 | 1.29 |

b. PXRD Urea



| Pos. [°2Th.] | Height [cts] | FWHM Left [°2Th.] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] |
|--------------|--------------|-------------------|---------------|---------------|
| 21.7065 | 146.49 | 0.2676 | 4.09432 | 1.73 |
| 22.2861 | 8447.86 | 0.1506 | 3.98913 | 100.00 |
| 23.0396 | 356.28 | 0.1004 | 3.86035 | 4.22 |
| 24.0232 | 146.77 | 0.1673 | 3.70447 | 1.74 |
| 24.9755 | 1715.29 | 0.0836 | 3.56534 | 20.30 |
| 26.8505 | 34.67 | 0.2007 | 3.32047 | 0.41 |
| 29.1513 | 299.42 | 0.0502 | 3.06343 | 3.54 |
| 29.4437 | 144.83 | 0.1004 | 3.03367 | 1.71 |
| 29.6420 | 254.74 | 0.0502 | 3.01382 | 3.02 |
| 30.1903 | 40.23 | 0.2007 | 2.96033 | 0.48 |
| 31.6391 | 195.55 | 0.0502 | 2.82800 | 2.31 |
| 35.4237 | 367.96 | 0.0502 | 2.53406 | 4.36 |
| 37.0915 | 330.90 | 0.0502 | 2.42386 | 3.92 |
| 37.3438 | 481.50 | 0.0669 | 2.40806 | 5.70 |
| 40.5178 | 339.93 | 0.1171 | 2.22645 | 4.02 |
| 41.0067 | 333.11 | 0.0669 | 2.20103 | 3.94 |
| 41.7567 | 103.60 | 0.0612 | 2.16142 | 1.23 |
| 41.8748 | 162.81 | 0.0502 | 2.15739 | 1.93 |

c. PXRD Padatan Gemfibrozil-Urea

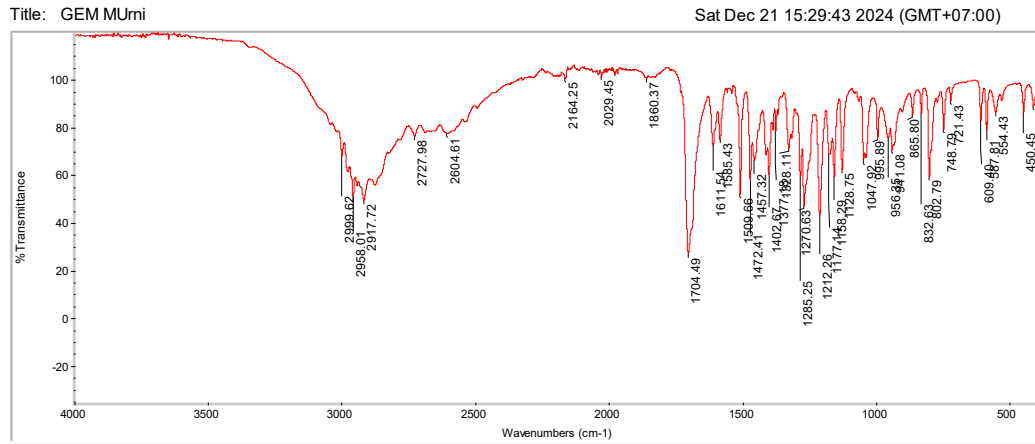


| Pos. [°2Th.] | Height [cts] | FWHM Left [°2Th.] | d-spacing [Å] | Rel. Int. [%] | Tip Width | Matched by |
|-----------------|-----------------|-------------------------|------------------|------------------|-----------|---------------|
| 6.3640 | 242.62 | 0.1673 | 13.88887 | 3.87 | 0.2007 | |
| 10.8659 | 133.37 | 0.1338 | 8.14250 | 2.13 | 0.1606 | |
| 11.5208 | 6264.95 | 0.0836 | 7.68105 | 100.00 | 0.1004 | |
| 11.6045 | 4600.53 | 0.0335 | 7.62587 | 73.43 | 0.0401 | |
| 11.8325 | 3201.39 | 0.0836 | 7.47939 | 51.10 | 0.1004 | |
| 12.6793 | 1435.17 | 0.0502 | 6.98173 | 22.91 | 0.0602 | |
| 12.7743 | 1306.86 | 0.0502 | 6.93003 | 20.86 | 0.0602 | |
| 13.3787 | 463.38 | 0.1171 | 6.61829 | 7.40 | 0.1405 | |
| 13.8212 | 2727.67 | 0.1171 | 6.40735 | 43.54 | 0.1405 | |
| 15.0362 | 335.24 | 0.1004 | 5.89224 | 5.35 | 0.1204 | |
| 16.6385 | 1274.93 | 0.1004 | 5.32824 | 20.35 | 0.1204 | |
| 17.1487 | 1465.67 | 0.1338 | 5.17086 | 23.39 | 0.1606 | |
| 17.3789 | 1756.50 | 0.1004 | 5.10287 | 28.04 | 0.1204 | |
| 17.9370 | 1635.01 | 0.1004 | 4.94534 | 26.10 | 0.1204 | |
| 18.2625 | 1885.59 | 0.1171 | 4.85794 | 30.10 | 0.1405 | |
| 18.7931 | 390.73 | 0.0669 | 4.72195 | 6.24 | 0.0803 | |
| 19.1413 | 469.62 | 0.1506 | 4.63683 | 7.50 | 0.1807 | |
| 19.7600 | 436.25 | 0.1338 | 4.49304 | 6.96 | 0.1606 | |
| 21.5363 | 89.70 | 0.1338 | 4.12629 | 1.43 | 0.1606 | |
| 21.8928 | 312.37 | 0.1004 | 4.05991 | 4.99 | 0.1204 | |
| 22.1229 | 1306.45 | 0.0836 | 4.01819 | 20.85 | 0.1004 | |
| 22.2745 | 945.26 | 0.0669 | 3.99119 | 15.09 | 0.0803 | |
| 22.8567 | 177.27 | 0.1338 | 3.89082 | 2.83 | 0.1606 | |
| 23.2195 | 1015.56 | 0.0836 | 3.83085 | 16.21 | 0.1004 | |
| 23.8543 | 384.43 | 0.1004 | 3.73032 | 6.14 | 0.1204 | |

| | | | | | |
|---------|---------|--------|---------|-------|--------|
| 24.2362 | 3989.98 | 0.1506 | 3.67240 | 63.69 | 0.1807 |
| 24.5907 | 521.23 | 0.0669 | 3.62025 | 8.32 | 0.0803 |
| 25.0763 | 921.00 | 0.0836 | 3.55124 | 14.70 | 0.1004 |
| 25.8261 | 194.17 | 0.2676 | 3.44981 | 3.10 | 0.3212 |
| 26.3976 | 317.61 | 0.0669 | 3.37640 | 5.07 | 0.0803 |
| 26.8664 | 570.61 | 0.0669 | 3.31855 | 9.11 | 0.0803 |
| 27.6635 | 299.41 | 0.0502 | 3.22471 | 4.78 | 0.0602 |
| 28.0102 | 161.38 | 0.1673 | 3.18558 | 2.58 | 0.2007 |
| 29.2692 | 227.72 | 0.1338 | 3.05136 | 3.63 | 0.1606 |
| 29.8618 | 220.13 | 0.2342 | 2.99214 | 3.51 | 0.2810 |
| 30.4938 | 64.02 | 0.2676 | 2.93155 | 1.02 | 0.3212 |
| 31.6542 | 51.63 | 0.2007 | 2.82669 | 0.82 | 0.2409 |
| 32.1499 | 111.13 | 0.1673 | 2.78423 | 1.77 | 0.2007 |
| 33.1884 | 36.11 | 0.3346 | 2.69944 | 0.58 | 0.4015 |
| 34.9563 | 277.55 | 0.1004 | 2.56687 | 4.43 | 0.1204 |
| 35.5036 | 48.62 | 0.2007 | 2.52854 | 0.78 | 0.2409 |
| 36.2392 | 32.01 | 0.2007 | 2.47889 | 0.51 | 0.2409 |
| 37.2362 | 41.63 | 0.2676 | 2.41477 | 0.66 | 0.3212 |
| 38.8846 | 178.70 | 0.2007 | 2.31612 | 2.85 | 0.2409 |
| 39.2950 | 71.39 | 0.2342 | 2.29287 | 1.14 | 0.2810 |
| 40.8109 | 199.85 | 0.2007 | 2.21114 | 3.19 | 0.2409 |
| 41.7373 | 42.30 | 0.2007 | 2.16417 | 0.68 | 0.2409 |
| 43.5711 | 63.32 | 0.2007 | 2.07725 | 1.01 | 0.2409 |
| 47.4825 | 28.95 | 0.2676 | 1.91486 | 0.46 | 0.3212 |
| 49.6708 | 149.39 | 0.0669 | 1.83551 | 2.38 | 0.0803 |

Lampiran 5 Data Karakterisasi dengan FTIR

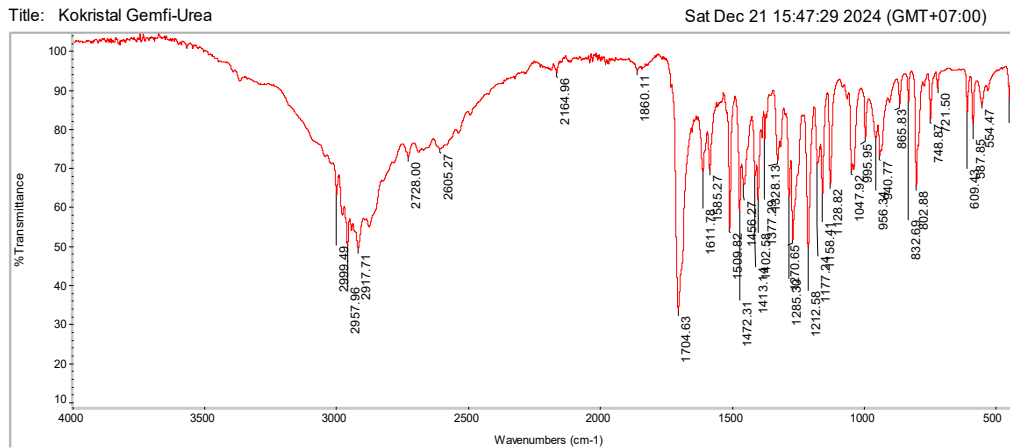
a. Gemfibrozil



Collection time: Sat Dec 21 12:03:05 2024 (GMT+07:00) Spectrum: GEM MUrni
 Region: 3495.26-455.13
 Search type: Correlation

| Index | Match | Compound name | Library |
|-------|-------|-----------------------------------|--|
| 83 | 48.82 | (1S)-(-)-VERBENONE, 94% | Aldrich Vapor Phase Sample Library |
| 44 | 45.43 | BENZALDEHYDE, 98+% | Aldrich Condensed Phase Sample Library |
| 45 | 42.93 | 2,5-DIMETHOXY-4-ETHYLAMPHETAMINE | Georgia State Crime Lab Sample Library |
| 9099 | 42.59 | (2,4-Dimethoxyphenyl)acetone, 98% | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |
| 40 | 42.07 | 5B-PREGNAN-3A-OL-20-ONE | Sigma Biological Sample Library |
| 1050 | 41.94 | Cyanox 1790 antioxidant | HR Hummel Polymer and Additives |
| 104 | 41.60 | ISOPHORONE, 97% | Aldrich Vapor Phase Sample Library |
| 76 | 41.29 | 2,4-DIMETHOXYAMPHETAMINE HCL IN K | Georgia State Crime Lab Sample Library |
| 107 | 40.94 | KETAMINE IN KBR | Georgia State Crime Lab Sample Library |
| 2669 | 40.88 | Cycloundecanone, 99+% | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |

b. Padatan gemfibrozil-Urea



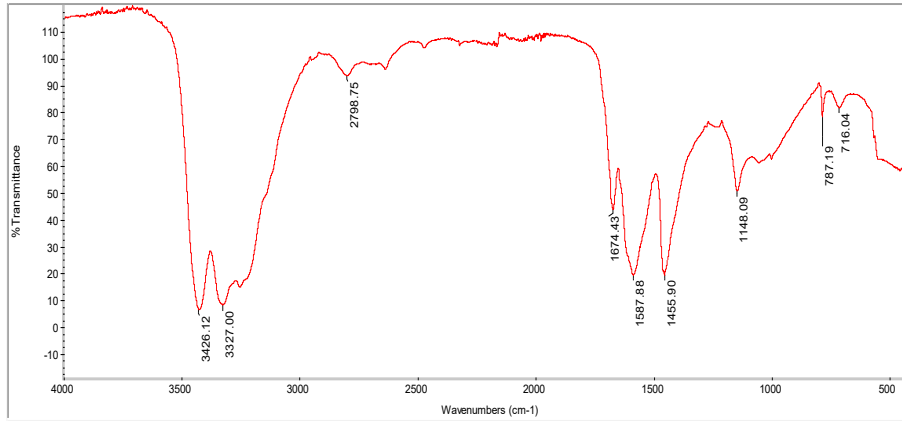
Collection time: Sat Dec 21 12:12:52 2024 (GMT+07:00) Spectrum: Kokristal Gemfi-Urea
 Region: 3495.26-455.13
 Search type: Correlation

| Index | Match | Compound name | Library |
|-------|-------|-----------------------------------|--|
| 83 | 50.83 | (1S)-(-)-VERBENONE, 94% | Aldrich Vapor Phase Sample Library |
| 44 | 45.05 | BENZALDEHYDE, 98+% | Aldrich Condensed Phase Sample Library |
| 40 | 43.75 | 5B-PREGNAN-3A-OL-20-ONE | Sigma Biological Sample Library |
| 45 | 43.09 | 2,5-DIMETHOXY-4-ETHYLAMPHETAMINE | Georgia State Crime Lab Sample Library |
| 9099 | 42.52 | (2,4-Dimethoxyphenyl)acetone, 98% | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |
| 2669 | 41.65 | Cycloundecanone, 99+% | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |
| 1050 | 41.59 | Cyanox 1790 antioxidant | HR Hummel Polymer and Additives |
| 76 | 41.49 | 2,4-DIMETHOXYAMPHETAMINE HCL IN K | Georgia State Crime Lab Sample Library |
| 107 | 40.52 | KETAMINE IN KBR | Georgia State Crime Lab Sample Library |
| 104 | 39.99 | ISOPHORONE, 97% | Aldrich Vapor Phase Sample Library |

c. Urea

Title: Urea

Sat Dec 21 15:51:28 2024 (GMT+07:00)



Collection time: Sat Dec 21 11:54:58 2024 (GMT+07:00)

Sat Dec 21 15:51:19 2024 (GMT+07:00)

FIND PEAKS:

Spectrum: Urea
 Region: 4000.00 400.00
 Absolute threshold: 102.543
 Sensitivity: 50

Peak list:

| Position | Intensity |
|----------|-----------|
| 716.04 | 81.421 |
| 787.19 | 77.960 |
| 1148.09 | 50.465 |
| 1455.90 | 19.002 |
| 1587.86 | 18.997 |
| 1674.43 | 43.457 |
| 2798.75 | 93.441 |
| 3327.00 | 7.946 |
| 3426.12 | 6.006 |

Spectrum: Urea
 Region: 3495.26-455.13
 Search type: Correlation

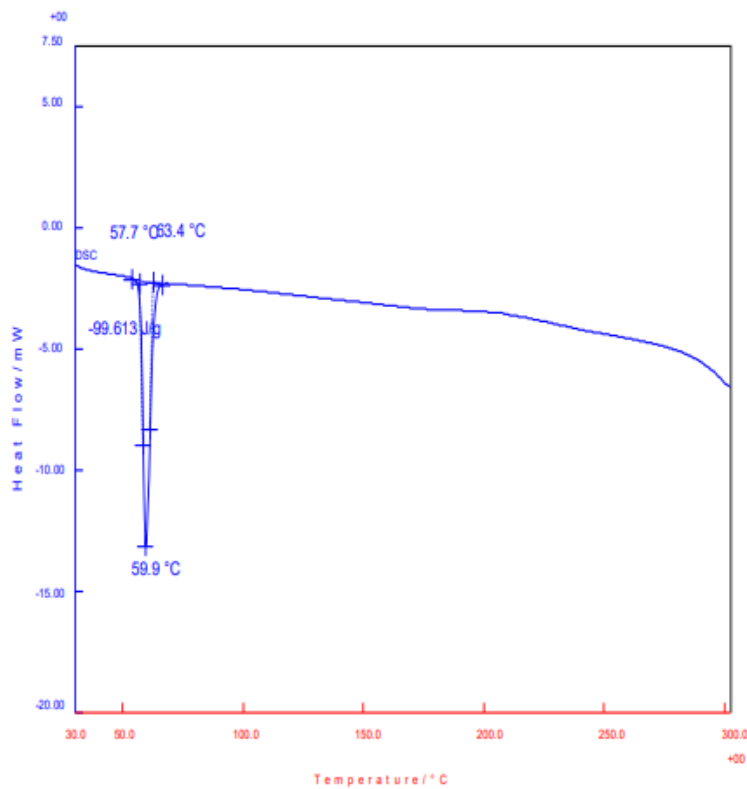
Hit List:

| Hit List | Match | Compound name | Library |
|----------|-------|---|--|
| 5313 | 52.43 | Urea-1,3-15N2, 98 atom % 15N | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |
| 1402 | 48.86 | Urea | HR Hummel Polymer and Additives |
| 5312 | 44.63 | Urea, 99%, A.C.S. reagent | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |
| 2 | 41.18 | Urea-formaldehyde resin pyrolyzate | HR Hummel Polymer and Additives |
| 88 | 31.00 | LITHIUM ACETYLIDE, ETHYLENEDIAMINE COMPL EX 90% | Aldrich Condensed Phase Sample Library |
| 1020 | 30.91 | Poly(aminophenylene sulfide) | HR Hummel Polymer and Additives |
| 5318 | 30.54 | Methylurea, 97% | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |
| 4950 | 30.49 | 2,2,3,3-Tetramethylcyclopropanecarboxamide, 98% | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |
| 14954 | 29.95 | 2,3-Pyrazinedicarboxamide, 97% | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |
| 5418 | 29.77 | Formamidoxime, 99% | HR Aldrich FT-IR Collection Edition II |

Lampiran 6 Data Karakterisasi dengan DSC

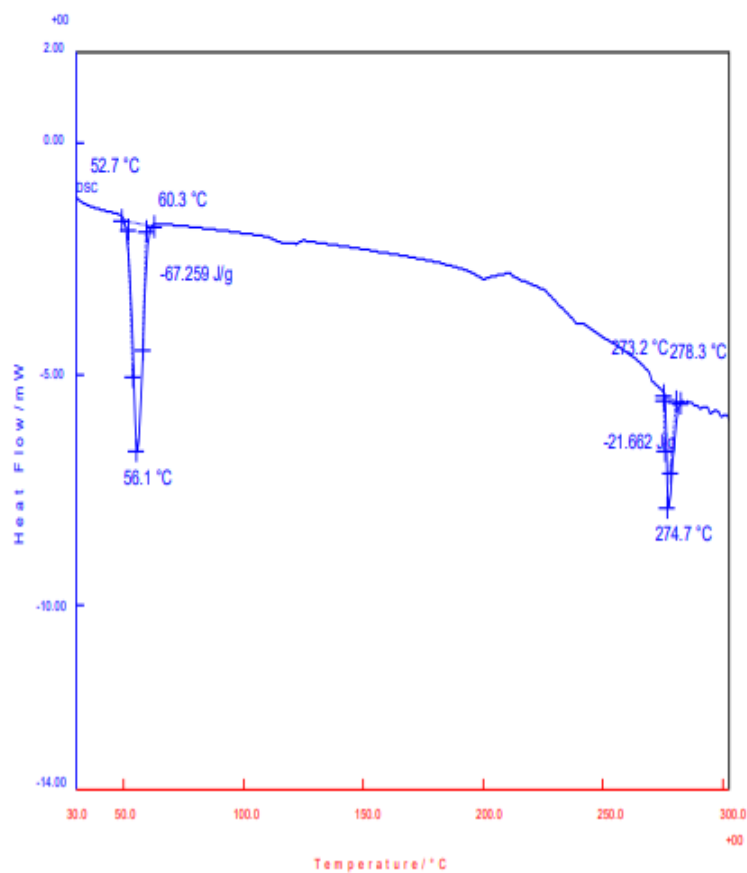
a. Gemfibrozil

| | | | |
|-------------|-----------------------|-------------|---------------------|
| NickName: | DSC-JT030806 | Atmosphere: | Static Air |
| Model: | DSC 8230 | Rate: | 10.0°C/min |
| Sample: | 435.18.24 | Sampling: | 1.0 s |
| Weight: | 2.100mg | Operator: | Retno |
| Reference: | Empty Pan | Record: | 2025/01/10 09:30:23 |
| Sample Pan: | Al | Print Out: | 2025/01/10 09:38:55 |
| Directory: | C:\TpEvo\Data | | |
| Meas File: | 435.18.24.entalpi.MES | | |
| Comments1: | | | |
| Comments2: | | | |



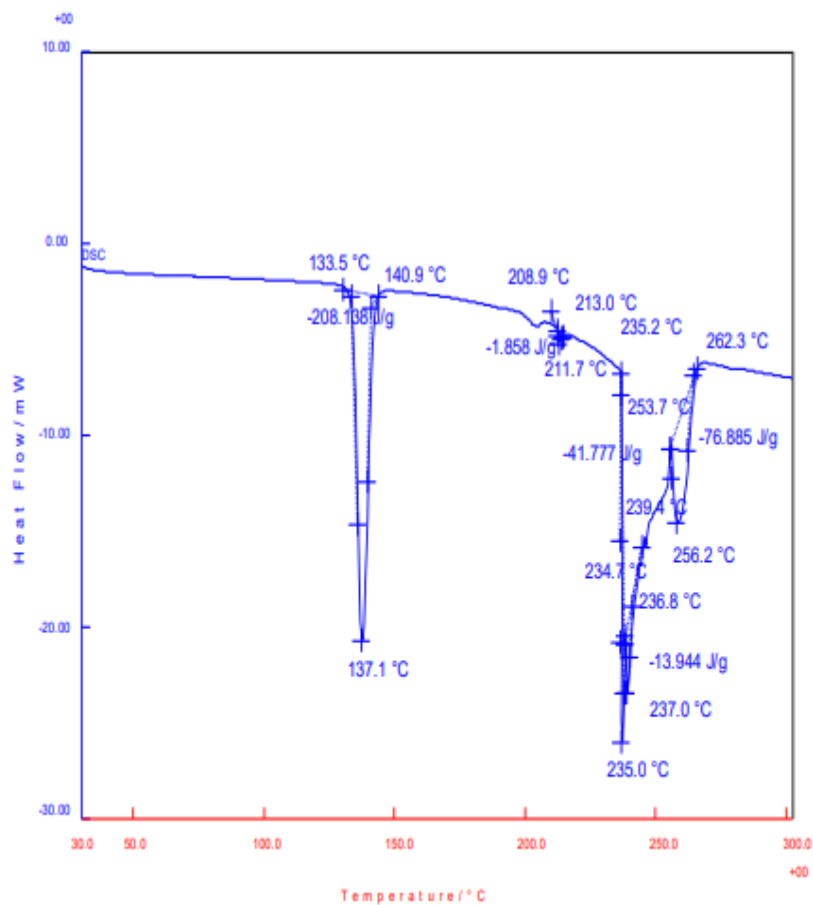
d. Padatan gemfibrozil-urea

| | | | |
|-------------|-----------------------|-------------|---------------------|
| NickName: | DSC-JT030806 | Atmosphere: | Static Air |
| Model: | DSC 8230 | Rate: | 10.0°C/min |
| Sample: | 435.23.24 | Sampling: | 1.0 s |
| Weight: | 2.000mg | Operator: | Retno |
| Reference: | Empty Pan | Record: | 2025/01/03 13:58:50 |
| Sample Pan: | Al | Print Out: | 2025/01/03 15:07:22 |
| Directory: | C:\TpEvo\Data | | |
| Meas File: | 435.23.24.entalpi.MES | | |
| Comments1: | | | |
| Comments2: | | | |



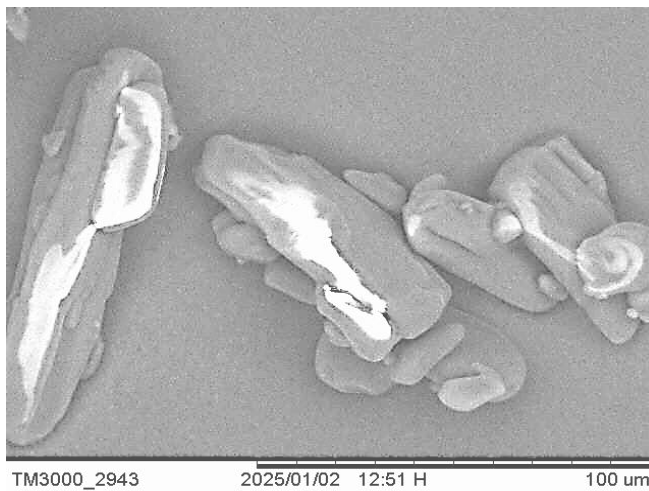
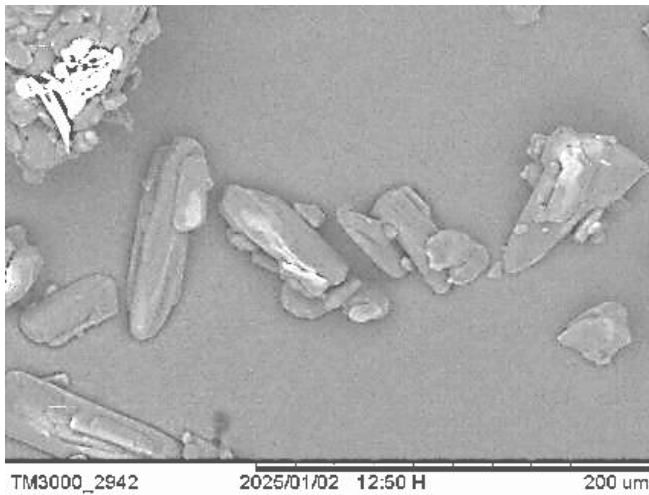
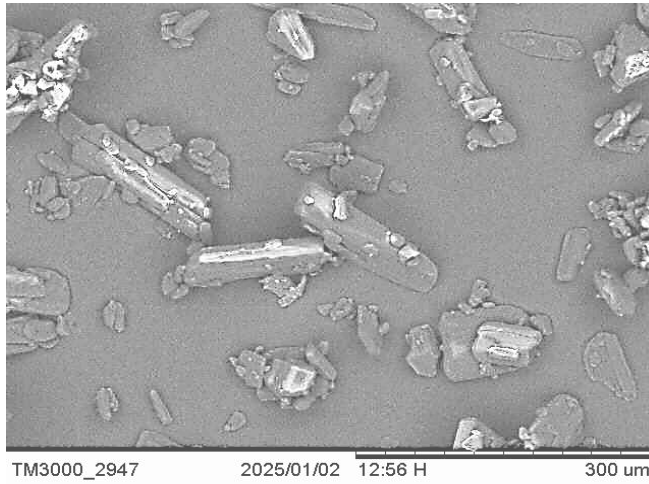
e. Urea

| | | | |
|-------------|-----------------------|-------------|---------------------|
| NickName: | DSC-JT030806 | Atmosphere: | Static Air |
| Model: | DSC 8230 | Rate: | 10.0 °C/min |
| Sample: | 435.24.24 | Sampling: | 1.0 s |
| Weight: | 2.300mg | Operator: | Retno |
| Reference: | Empty Pan | Record: | 2025/01/10 14:40:27 |
| Sample Pan: | Al | Print Out: | 2025/01/10 14:45:34 |
| Directory: | C:\TpEvo\Data | | |
| Meas File: | 435.24.24.entalpi.MES | | |
| Comments1: | | | |
| Comments2: | | | |

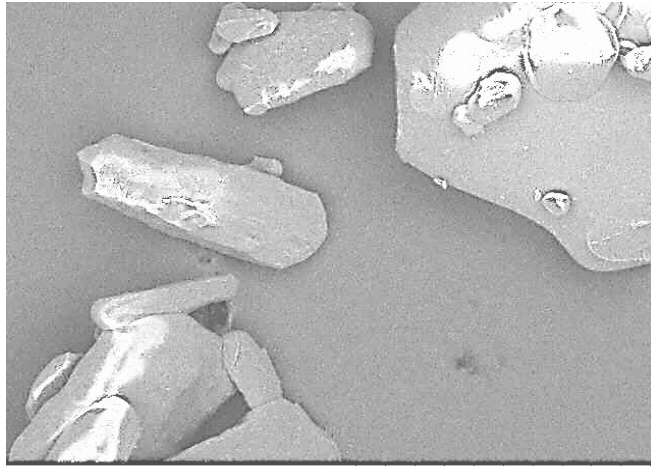


Lampiran 7 Data Karakterisasi dengan SEM

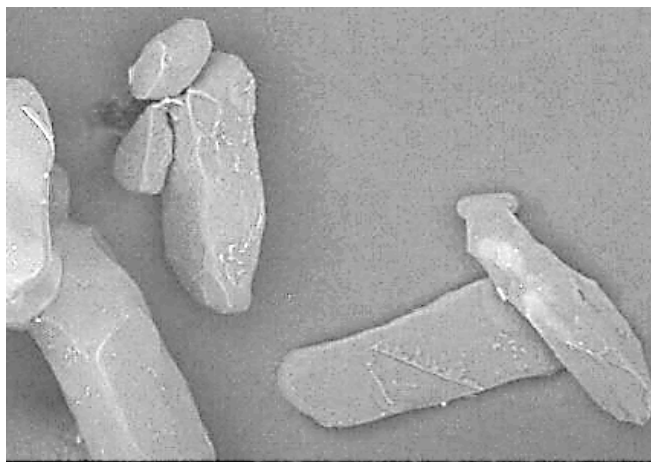
- Hasil Karakterisasi SEM Gemfibrozil (Perbesaran 250x, 500x, 1000x)



- Hasil Karakterisasi SEM Urea (Perbesaran 250x, 500x, 1000x)



TM3000_2915 2025/01/02 12:18 H 300 um

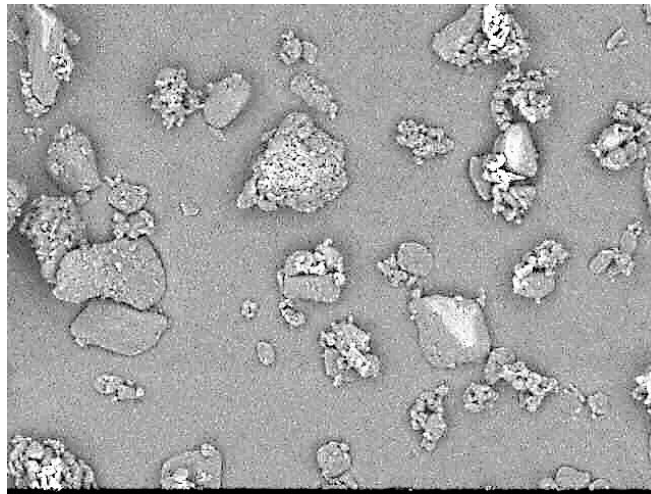


TM3000_2911 2025/01/02 12:14 H 200 um

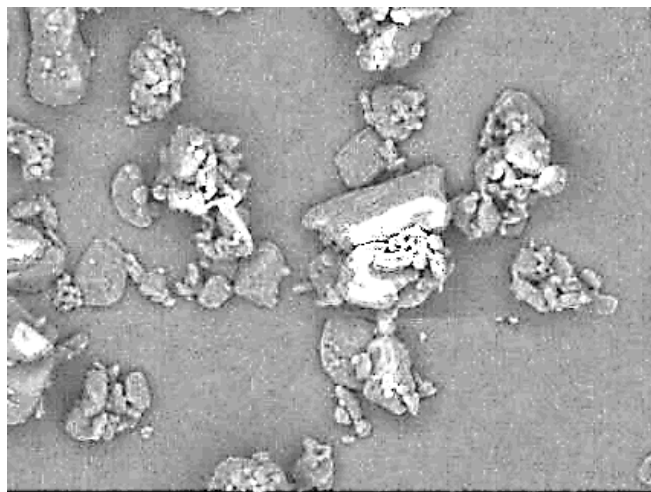


TM3000_2899 2025/01/02 12:04 H 100 um

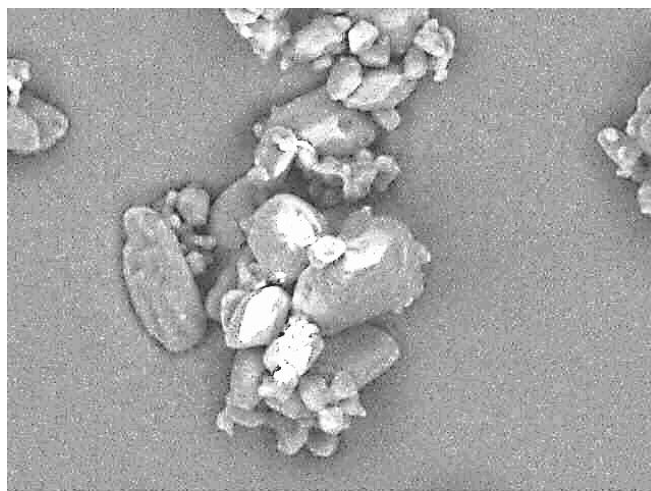
- Hasil Karakterisasi SEM Padatan (Perbesaran 250x, 500x, 1000x)



TM3000_2979 2025/01/02 13:36 H 300 um



TM3000_2963 2025/01/02 13:20 H 200 um



TM3000_2981 2025/01/02 13:38 H 100 um

Lampiran 8 Data Pengujian Kadar Lembab

a. Gemfibrozil murni



b. Urea



c. Padatan gemfibrozil



Tests of Normality

| Formula | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| Kadar Lembab GEM | .313 | 3 | . | .894 | 3 | .366 |
| GEM-UREA | .366 | 3 | . | .794 | 3 | .101 |

a. Lilliefors Significance Correction

Test of Homogeneity of Variances

kadar lembab

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| 4.817 | 1 | 4 | .093 |

| Independent Samples Test | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-----------------------------|---|------|------------------------------|-------|-----------------|-----------------|-----------------------|---|-----------|
| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | | | | | | | | Lower | Upper |
| Kadar Lembab | Equal variances assumed | 4.563 | .100 | -3.109 | 4 | .036 | -1.4976667 | .4816561 | -2.8349583 | -.1603751 |
| | Equal variances not assumed | | | -3.109 | 2.476 | .068 | -1.4976667 | .4816561 | -3.2315325 | .2361991 |

Lampiran 9 Data Pengujian *Tensile Strength*

a. Gemfibrozil murni

| Kompresi (Ton) | Replikasi | Cs (N) | h (mm) | D (mm) | Ts (MPa) | x Ts ± SD |
|----------------|-----------|--------|--------|--------|------------|----------------------|
| 0,5 | 1 | 14 | 4,07 | 12,96 | 0,16905537 | 0,15680136 ± 0,01225 |
| | 2 | 12 | 4,08 | 12,96 | 0,14454945 | |
| | 3 | 13 | 4,09 | 12,88 | 0,15679925 | |
| 0,75 | 1 | 16 | 4,04 | 12,9 | 0,19554614 | 0,20752156 ± 0,01243 |
| | 2 | 18 | 4,02 | 12,94 | 0,22205762 | |
| | 3 | 17 | 4,03 | 12,92 | 0,20796091 | |
| 1 | 1 | 23 | 4,03 | 12,9 | 0,28462011 | 0,27853 ± 0,00633 |
| | 2 | 23 | 4,04 | 12,92 | 0,28066245 | |
| | 3 | 22 | 4,05 | 12,8 | 0,27030746 | |
| 1,25 | 1 | 24 | 4,01 | 12,92 | 0,29579381 | 0,28230459 ± 0,01309 |
| | 2 | 23 | 4,03 | 12,91 | 0,28157682 | |
| | 3 | 22 | 4,04 | 12,9 | 0,26954313 | |
| 1,5 | 1 | 24 | 4,03 | 12,86 | 0,29496166 | 0,29169846 ± 0,00614 |
| | 2 | 23 | 3,99 | 12,9 | 0,28462011 | |
| | 3 | 24 | 4,01 | 12,9 | 0,29551362 | |

Keterangan :

Ts = *tensile strength* (N/mm²)

Cs = kekerasan tablet (N)

h = ketebalan tablet (mm)

D = diameter tablet (mm)

Perhitungan Nilai *Tensile Strength*

Tekanan Kompresi 0,5 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 14}{3,14 \times 4,07 \times 12,96} = 0,1691 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 12}{3,14 \times 4,08 \times 12,96} = 0,1445 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 13}{3,14 \times 4,09 \times 12,88} = 0,1571 \text{ N/mm}^2$$

Tekanan Kompresi 0,75 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 16}{3,14 \times 4,04 \times 12,9} = 0,1955 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 18}{3,14 \times 4,02 \times 12,94} = 0,2220 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 17}{3,14 \times 4,03 \times 12,92} = 0,2079 \text{ N/mm}^2$$

Tekanan Kompresi 1 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 23}{3,14 \times 4,03 \times 12,9} = 0,2846 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 23}{3,14 \times 4,04 \times 12,92} = 0,2807 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 22}{3,14 \times 4,05 \times 12,8} = 0,2079 \text{ N/mm}^2$$

Tekanan Kompresi 1,25 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 24}{3,14 \times 4,01 \times 12,92} = 0,2958 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 23}{3,14 \times 4,03 \times 12,91} = 0,2816 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 22}{3,14 \times 4,04 \times 12,9} = 0,2695 \text{ N/mm}^2$$

Tekanan Kompresi 1,5 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 24}{3,14 \times 4,03 \times 12,86} = 0,2949 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 23}{3,14 \times 3,99 \times 12,9} = 0,2846 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 24}{3,14 \times 4,01 \times 12,9} = 0,2955 \text{ N/mm}^2$$

b. Padatan gemfibrozil Urea (3:1)

| Kompresi (Ton) | Replikasi | Cs (N) | h (mm) | D (mm) | Ts (N/mm ²) | \bar{x} Ts \pm SD |
|----------------|-----------|--------|--------|--------|-------------------------|------------------------------|
| 0,5 | 1 | 48 | 4,01 | 12,55 | 0,60751008 | 0,62366774 \pm 0,0148 |
| | 2 | 49 | 3,97 | 12,54 | 0,6269146 | |
| | 3 | 50 | 3,98 | 12,57 | 0,63657855 | |
| 0,75 | 1 | 57 | 3,95 | 12,77 | 0,71975918 | 0,72761472 \pm 0,00782 |
| | 2 | 58 | 3,96 | 12,82 | 0,72768786 | |
| | 3 | 58 | 3,94 | 12,75 | 0,73539714 | |
| 1 | 1 | 62 | 3,95 | 12,57 | 0,79535252 | 0,80082011 \pm 0,00883 |
| | 2 | 63 | 3,93 | 12,59 | 0,81100329 | |
| | 3 | 62 | 3,94 | 12,59 | 0,79610451 | |
| 1,25 | 1 | 74 | 3,94 | 12,67 | 0,90591168 | 0,950623434 \pm 0,00656 |
| | 2 | 75 | 3,92 | 12,73 | 0,95729798 | |
| | 3 | 75 | 3,93 | 12,89 | 0,94300966 | |
| 1,5 | 1 | 84 | 3,9 | 12,58 | 1,09052188 | 1,09519227 \pm 0,01403 |
| | 2 | 85 | 3,88 | 12,56 | 1,11095868 | |
| | 3 | 84 | 3,92 | 12,59 | 1,08409624 | |

Keterangan :

Ts = *tensile strength* (N/mm²)

Cs = kekerasan tablet (N)

h = ketebalan tablet (mm)

D = diameter tablet (mm)

Perhitungan Nilai *Tensile Strength*

Tekanan Kompresi 0,5 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 48}{3,14 \times 4,01 \times 12,55} = 0,6075 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 49}{3,14 \times 3,97 \times 12,54} = 0,6269 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 50}{3,14 \times 3,98 \times 12,57} = 0,6366 \text{ N/mm}^2$$

Tekanan Kompresi 0,75 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 57}{3,14 \times 3,95 \times 12,77} = 0,7198 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 58}{3,14 \times 3,96 \times 12,82} = 0,7277 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 67}{3,14 \times 3,94 \times 12,75} = 0,7354 \text{ N/mm}^2$$

Tekanan Kompresi 1 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 62}{3,14 \times 3,95 \times 12,57} = 0,7954 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 63}{3,14 \times 3,93 \times 12,59} = 0,8110 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 62}{3,14 \times 3,94 \times 12,59} = 0,7961 \text{ N/mm}^2$$

Tekanan Kompresi 1,25 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 71}{3,14 \times 3,94 \times 12,67} = 0,9059 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 75}{3,14 \times 3,92 \times 12,73} = 0,9573 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 75}{3,14 \times 3,93 \times 12,79} = 0,9504 \text{ N/mm}^2$$

Tekanan Kompresi 1,5 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 84}{3,14 \times 3,9 \times 12,58} = 1,0905 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 85}{3,14 \times 3,88 \times 12,56} = 1,1109 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{2 \times Cs}{\pi \times h \times d} = \frac{2 \times 80}{3,14 \times 3,92 \times 12,59} = 1,0324 \text{ N/mm}^2$$

Lampiran 10 Data Pengujian *Elastic Recovery*

a. Gemfibrozil murni

| Kompresi (Ton) | Replikasi | h (mm) | h _c (mm) | ER (%) | x Ts ± SD |
|----------------|-----------|--------|---------------------|--------|------------------|
| 0,5 | 1 | 4,07 | 4,28 | 5,160 | 5,147 ± 0,01262 |
| | 2 | 4,08 | 4,29 | 5,147 | |
| | 3 | 4,09 | 4,3 | 5,134 | |
| 0,75 | 1 | 4,04 | 4,24 | 4,950 | 4,963 ± 0,01231 |
| | 2 | 4,02 | 4,22 | 4,975 | |
| | 3 | 4,03 | 4,23 | 4,963 | |
| 1 | 1 | 4,03 | 4,22 | 4,715 | 4,703 ± 0,01164 |
| | 2 | 4,04 | 4,23 | 4,703 | |
| | 3 | 4,05 | 4,24 | 4,691 | |
| 1,25 | 1 | 4,01 | 4,14 | 3,242 | 3,229 ± 0,01226 |
| | 2 | 4,03 | 4,16 | 3,226 | |
| | 3 | 4,05 | 4,17 | 3,218 | |
| 1,5 | 1 | 4,03 | 4,15 | 2,978 | 3,2993 ± 0,01493 |
| | 2 | 3,99 | 4,11 | 3,008 | |
| | 3 | 4,01 | 4,13 | 2,993 | |

Keterangan :

%ER = persentase *elastic recovery* (%)

h = ketebalan tablet segera setelah kompresi (cm)

h_c = ketebalan tablet 24 jam setelah kompresi (cm)

Perhitungan Nilai *Elastic Recovery*

Tekanan Kompresi 0,5 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{4,28-4,07}{4,07} \times 100\% = 5,160\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{4,29-4,08}{4,08} \times 100\% = 5,147\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{4,3-4,09}{4,09} \times 100\% = 5,134\%$$

Tekanan Kompresi 0,75 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{4,24-4,04}{4,04} \times 100\% = 4,950\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{4,22-3,02}{3,02} \times 100\% = 4,975\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{4,23-4,03}{4,03} \times 100\% = 4,963\%$$

Tekanan Kompresi 1 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{4,22-4,03}{4,03} \times 100\% = 4,715\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{4,23-4,04}{4,04} \times 100\% = 4,703\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{4,24-4,05}{4,05} \times 100\% = 4,691\%$$

Tekanan Kompresi 1,25 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{4,14-4,01}{4,01} \times 100\% = 3,242\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{4,16-4,03}{4,03} \times 100\% = 3,226\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{4,17-4,04}{4,04} \times 100\% = 3,218\%$$

Tekanan Kompresi 1,5 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{4,15-4,03}{4,03} \times 100\% = 2,978\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{4,11-3,99}{3,99} \times 100\% = 3,008\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{4,13-4,01}{4,01} \times 100\% = 2,993\%$$

b. Padatan Gemfibrozil-Urea (3:1)

| Kompresi (Ton) | Replikasi | h (mm) | h _c (mm) | ER (%) | x Ts ± SD |
|----------------|-----------|--------|---------------------|--------|----------------|
| 0,5 | 1 | 4,01 | 4,05 | 0,998 | 1,003 ± 0,0052 |
| | 2 | 3,97 | 4,01 | 1,008 | |

| | | | | | |
|------|---|------|------|-------|----------------|
| | 3 | 3,98 | 4,02 | 1,005 | |
| 0,75 | 1 | 3,95 | 3,99 | 1,013 | 1,013 ± 0,0026 |
| | 2 | 3,96 | 4 | 1,010 | |
| | 3 | 3,94 | 3,98 | 1,015 | |
| 1 | 1 | 3,95 | 3,98 | 0,759 | 0,761 ± 0,0019 |
| | 2 | 3,93 | 3,96 | 0,763 | |
| | 3 | 3,94 | 3,97 | 0,761 | |
| 1,25 | 1 | 3,94 | 3,97 | 0,761 | 0,763 ± 0,0019 |
| | 2 | 3,92 | 3,95 | 0,765 | |
| | 3 | 3,93 | 3,96 | 0,763 | |
| 1,5 | 1 | 3,9 | 3,92 | 0,513 | 0,513 ± 0,0026 |
| | 2 | 3,88 | 3,9 | 0,515 | |
| | 3 | 3,92 | 3,94 | 0,510 | |

Keterangan :

%ER = persentase *elastic recovery* (%)

h = ketebalan tablet segera setelah kompresi (cm)

h_c = ketebalan tablet 24 jam setelah kompresi (cm)

Perhitungan Nilai *Elastic Recovery*

Tekanan Kompresi 0,5 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{4,05-4,01}{4,01} \times 100\% = 0,998\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{4,01-3,97}{3,97} \times 100\% = 1,008\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{4,02-3,98}{3,98} \times 100\% = 1,005\%$$

Tekanan Kompresi 0,75 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{3,99-3,95}{3,95} \times 100\% = 1,013\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{4-3,96}{3,96} \times 100\% = 1,010\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{3,98-3,94}{3,94} \times 100\% = 1,015\%$$

Tekanan Kompresi 1 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{3,98-3,95}{3,95} \times 100\% = 0,759\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{3,96-3,93}{3,93} \times 100\% = 0,763\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{3,97-3,94}{3,94} \times 100\% = 0,761\%$$

Tekanan Kompresi 1,25 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{3,97-3,94}{3,94} \times 100\% = 0,761\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{3,95-3,92}{3,92} \times 100\% = 0,765\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{3,96-3,93}{3,93} \times 100\% = 0,763\%$$

Tekanan Kompresi 1,5 Ton

$$\text{Replikasi 1} = \frac{3,92-3,9}{3,9} \times 100\% = 0,513\%$$

$$\text{Replikasi 2} = \frac{3,9-3,88}{3,88} \times 100\% = 0,515\%$$

$$\text{Replikasi 3} = \frac{3,94-3,92}{3,92} \times 100\% = 0,510\%$$

Lampiran 11 Data Hasil Uji *One Way ANOVA* pada *Tensile Strength***Tests of Normality**

| formula | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| tensile strength GEM Murni 0,5 | .175 | 3 | . | 1.000 | 3 | .995 |
| GEM Murni 0,75 | .184 | 3 | . | .999 | 3 | .927 |
| GEM Murni 1 | .279 | 3 | . | .939 | 3 | .524 |
| GEM Murni 1.25 | .189 | 3 | . | .998 | 3 | .907 |
| GEM Murni 1,5 | .368 | 3 | . | .791 | 3 | .094 |
| GEM-Urea 0,5 | .254 | 3 | . | .963 | 3 | .632 |
| GEM-Urea 0,75 | .176 | 3 | . | 1.000 | 3 | .986 |
| GEM-Urea 1 | .369 | 3 | . | .788 | 3 | .086 |
| GEM-Urea 1,25 | .178 | 3 | . | .999 | 3 | .957 |
| GEM-Urea 1,5 | .296 | 3 | . | .918 | 3 | .447 |

a. Lilliefors Significance Correction

Oneway**Test of Homogeneity of Variances**

tensile strength

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| .607 | 9 | 20 | .777 |

ANOVA

tensile strength

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|----------|------|
| Between Groups | 3.120 | 9 | .347 | 2920.244 | .000 |
| Within Groups | .002 | 20 | .000 | | |
| Total | 3.123 | 29 | | | |

Post Hoc Tests**Multiple Comparisons**

Dependent Variable: tensile strength

| (I) formula | (J) formula | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | | |
|-------------|----------------|-----------------------|----------------------|--------|-------------------------|-------------|--------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound | |
| LSD | GEM Murni 0,5 | GEM Murni 0,75 | -.05175 [*] | .00890 | .000 | -.0703 | -.0332 |
| | GEM Murni 1 | -.12177 [*] | .00890 | .000 | -.1403 | -.1032 | |
| | GEM Murni 1.25 | -.12550 [*] | .00890 | .000 | -.1441 | -.1069 | |
| | GEM Murni 1,5 | -.13493 [*] | .00890 | .000 | -.1535 | -.1164 | |
| | GEM-Urea 0,5 | -.46690 [*] | .00890 | .000 | -.4855 | -.4483 | |
| | GEM-Urea 0,75 | -.57080 [*] | .00890 | .000 | -.5894 | -.5522 | |
| | GEM-Urea 1 | -.64407 [*] | .00890 | .000 | -.6626 | -.6255 | |
| | GEM-Urea 1,25 | -.79373 [*] | .00890 | .000 | -.8123 | -.7752 | |
| | GEM-Urea 1,5 | -.93843 [*] | .00890 | .000 | -.9570 | -.9199 | |

| | | | | | | |
|----------------|----------------|----------------------|--------|------|--------|--------|
| GEM Murni 0,75 | GEM Murni 0,5 | .05175 [*] | .00890 | .000 | .0332 | .0703 |
| | GEM Murni 1 | -.07002 [*] | .00890 | .000 | -.0886 | -.0515 |
| | GEM Murni 1.25 | -.07375 [*] | .00890 | .000 | -.0923 | -.0552 |
| | GEM Murni 1,5 | -.08318 [*] | .00890 | .000 | -.1017 | -.0646 |
| | GEM-Urea 0,5 | -.41515 [*] | .00890 | .000 | -.4337 | -.3966 |
| | GEM-Urea 0,75 | -.51905 [*] | .00890 | .000 | -.5376 | -.5005 |
| | GEM-Urea 1 | -.59232 [*] | .00890 | .000 | -.6109 | -.5738 |
| | GEM-Urea 1,25 | -.74198 [*] | .00890 | .000 | -.7605 | -.7234 |
| | GEM-Urea 1,5 | -.88668 [*] | .00890 | .000 | -.9052 | -.8681 |
| GEM Murni 1 | GEM Murni 0,5 | .12177 [*] | .00890 | .000 | .1032 | .1403 |
| | GEM Murni 0,75 | .07002 [*] | .00890 | .000 | .0515 | .0886 |
| | GEM Murni 1.25 | -.00373 | .00890 | .679 | -.0223 | .0148 |
| | GEM Murni 1,5 | -.01317 | .00890 | .154 | -.0317 | .0054 |
| | GEM-Urea 0,5 | -.34513 [*] | .00890 | .000 | -.3637 | -.3266 |
| | GEM-Urea 0,75 | -.44903 [*] | .00890 | .000 | -.4676 | -.4305 |
| | GEM-Urea 1 | -.52230 [*] | .00890 | .000 | -.5409 | -.5037 |
| | GEM-Urea 1,25 | -.67197 [*] | .00890 | .000 | -.6905 | -.6534 |
| | GEM-Urea 1,5 | -.81666 [*] | .00890 | .000 | -.8352 | -.7981 |
| GEM Murni 1.25 | GEM Murni 0,5 | .12550 [*] | .00890 | .000 | .1069 | .1441 |
| | GEM Murni 0,75 | .07375 [*] | .00890 | .000 | .0552 | .0923 |
| | GEM Murni 1 | .00373 | .00890 | .679 | -.0148 | .0223 |
| | GEM Murni 1,5 | -.00943 | .00890 | .302 | -.0280 | .0091 |
| | GEM-Urea 0,5 | -.34140 [*] | .00890 | .000 | -.3600 | -.3228 |
| | GEM-Urea 0,75 | -.44530 [*] | .00890 | .000 | -.4639 | -.4267 |
| | GEM-Urea 1 | -.51857 [*] | .00890 | .000 | -.5371 | -.5000 |
| | GEM-Urea 1,25 | -.66823 [*] | .00890 | .000 | -.6868 | -.6497 |
| | GEM-Urea 1,5 | -.81293 [*] | .00890 | .000 | -.8315 | -.7944 |
| GEM Murni 1,5 | GEM Murni 0,5 | .13493 [*] | .00890 | .000 | .1164 | .1535 |
| | GEM Murni 0,75 | .08318 [*] | .00890 | .000 | .0646 | .1017 |
| | GEM Murni 1 | .01317 | .00890 | .154 | -.0054 | .0317 |
| | GEM Murni 1.25 | .00943 | .00890 | .302 | -.0091 | .0280 |
| | GEM-Urea 0,5 | -.33197 [*] | .00890 | .000 | -.3505 | -.3134 |
| | GEM-Urea 0,75 | -.43587 [*] | .00890 | .000 | -.4544 | -.4173 |
| | GEM-Urea 1 | -.50913 [*] | .00890 | .000 | -.5277 | -.4906 |
| | GEM-Urea 1,25 | -.65880 [*] | .00890 | .000 | -.6774 | -.6402 |
| | GEM-Urea 1,5 | -.80349 [*] | .00890 | .000 | -.8221 | -.7849 |
| GEM-Urea 0,5 | GEM Murni 0,5 | .46690 [*] | .00890 | .000 | .4483 | .4855 |
| | GEM Murni 0,75 | .41515 [*] | .00890 | .000 | .3966 | .4337 |
| | GEM Murni 1 | .34513 [*] | .00890 | .000 | .3266 | .3637 |
| | GEM Murni 1.25 | .34140 [*] | .00890 | .000 | .3228 | .3600 |
| | GEM Murni 1,5 | .33197 [*] | .00890 | .000 | .3134 | .3505 |
| | GEM-Urea 0,75 | -.10390 [*] | .00890 | .000 | -.1225 | -.0853 |
| | GEM-Urea 1 | -.17717 [*] | .00890 | .000 | -.1957 | -.1586 |
| | GEM-Urea 1,25 | -.32683 [*] | .00890 | .000 | -.3454 | -.3083 |
| | GEM-Urea 1,5 | -.47153 [*] | .00890 | .000 | -.4901 | -.4530 |
| GEM-Urea 0,75 | GEM Murni 0,5 | .57080 [*] | .00890 | .000 | .5522 | .5894 |
| | GEM Murni 0,75 | .51905 [*] | .00890 | .000 | .5005 | .5376 |
| | GEM Murni 1 | .44903 [*] | .00890 | .000 | .4305 | .4676 |
| | GEM Murni 1.25 | .44530 [*] | .00890 | .000 | .4267 | .4639 |
| | GEM Murni 1,5 | .43587 [*] | .00890 | .000 | .4173 | .4544 |
| | GEM-Urea 0,5 | .10390 [*] | .00890 | .000 | .0853 | .1225 |
| | GEM-Urea 1 | -.07327 [*] | .00890 | .000 | -.0918 | -.0547 |
| | GEM-Urea 1,25 | -.22293 [*] | .00890 | .000 | -.2415 | -.2044 |
| | GEM-Urea 1,5 | -.36763 [*] | .00890 | .000 | -.3862 | -.3491 |

| | | | | | | |
|---------------|----------------|----------|--------|------|--------|--------|
| GEM-Urea 1 | GEM Murni 0,5 | .64407* | .00890 | .000 | .6255 | .6626 |
| | GEM Murni 0,75 | .59232* | .00890 | .000 | .5738 | .6109 |
| | GEM Murni 1 | .52230* | .00890 | .000 | .5037 | .5409 |
| | GEM Murni 1.25 | .51857* | .00890 | .000 | .5000 | .5371 |
| | GEM Murni 1,5 | .50913* | .00890 | .000 | .4906 | .5277 |
| | GEM-Urea 0,5 | .17717* | .00890 | .000 | .1586 | .1957 |
| | GEM-Urea 0,75 | .07327* | .00890 | .000 | .0547 | .0918 |
| | GEM-Urea 1,25 | -.14967* | .00890 | .000 | -.1682 | -.1311 |
| | GEM-Urea 1,5 | -.29436* | .00890 | .000 | -.3129 | -.2758 |
| GEM-Urea 1,25 | GEM Murni 0,5 | .79373* | .00890 | .000 | .7752 | .8123 |
| | GEM Murni 0,75 | .74198* | .00890 | .000 | .7234 | .7605 |
| | GEM Murni 1 | .67197* | .00890 | .000 | .6534 | .6905 |
| | GEM Murni 1.25 | .66823* | .00890 | .000 | .6497 | .6868 |
| | GEM Murni 1,5 | .65880* | .00890 | .000 | .6402 | .6774 |
| | GEM-Urea 0,5 | .32683* | .00890 | .000 | .3083 | .3454 |
| | GEM-Urea 0,75 | .22293* | .00890 | .000 | .2044 | .2415 |
| | GEM-Urea 1 | .14967* | .00890 | .000 | .1311 | .1682 |
| | GEM-Urea 1,5 | -.14469* | .00890 | .000 | -.1633 | -.1261 |
| GEM-Urea 1,5 | GEM Murni 0,5 | .93843* | .00890 | .000 | .9199 | .9570 |
| | GEM Murni 0,75 | .88668* | .00890 | .000 | .8681 | .9052 |
| | GEM Murni 1 | .81666* | .00890 | .000 | .7981 | .8352 |
| | GEM Murni 1.25 | .81293* | .00890 | .000 | .7944 | .8315 |
| | GEM Murni 1,5 | .80349* | .00890 | .000 | .7849 | .8221 |
| | GEM-Urea 0,5 | .47153* | .00890 | .000 | .4530 | .4901 |
| | GEM-Urea 0,75 | .36763* | .00890 | .000 | .3491 | .3862 |
| | GEM-Urea 1 | .29436* | .00890 | .000 | .2758 | .3129 |
| | GEM-Urea 1,25 | .14469* | .00890 | .000 | .1261 | .1633 |

Lampiran 12 Data Hasil Uji *One Way ANOVA* pada *Elastic recovery*

| | | Tests of Normality | | | | | |
|------------------|----------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|-------|
| formula | | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | | Statistic | df | Sig. | Statistic | df | Sig. |
| elastic recovery | GEM Murni 0,5 | .175 | 3 | . | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | GEM Murni 0,75 | .178 | 3 | . | .999 | 3 | .956 |
| | GEM Murni 1 | .175 | 3 | . | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | GEM Murni 1.25 | .253 | 3 | . | .964 | 3 | .637 |
| | GEM Murni 1,5 | .175 | 3 | . | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | GEM-Urea 0,5 | .269 | 3 | . | .949 | 3 | .567 |
| | GEM-Urea 0,75 | .219 | 3 | . | .987 | 3 | .780 |
| | GEM-Urea 1 | .175 | 3 | . | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | GEM-Urea 1,25 | .175 | 3 | . | 1.000 | 3 | 1.000 |
| | GEM-Urea 1,5 | .219 | 3 | . | .987 | 3 | .780 |

a. Lilliefors Significance Correction

Oneway

Test of Homogeneity of Variances

elastic recovery

| Levene Statistic | df1 | df2 | Sig. |
|------------------|-----|-----|------|
| 1.504 | 9 | 20 | .213 |

ANOVA

elastic recovery

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|----------------|----------------|----|-------------|------------|------|
| Between Groups | 99.419 | 9 | 11.047 | 124025.989 | .000 |
| Within Groups | .002 | 20 | .000 | | |
| Total | 99.421 | 29 | | | |

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: elastic recovery

LSD

| (I) formula | (J) formula | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|---------------|----------------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| GEM Murni 0,5 | GEM Murni 0,75 | .18433 [*] | .00771 | .000 | .1683 | .2004 |
| | GEM Murni 1 | .44400 [*] | .00771 | .000 | .4279 | .4601 |
| | GEM Murni 1.25 | 1.91833 [*] | .00771 | .000 | 1.9023 | 1.9344 |
| | GEM Murni 1,5 | 2.15400 [*] | .00771 | .000 | 2.1379 | 2.1701 |
| | GEM-Urea 0,5 | 4.14333 [*] | .00771 | .000 | 4.1273 | 4.1594 |
| | GEM-Urea 0,75 | 4.13433 [*] | .00771 | .000 | 4.1183 | 4.1504 |
| | GEM-Urea 1 | 4.38600 [*] | .00771 | .000 | 4.3699 | 4.4021 |
| | GEM-Urea 1,25 | 4.38400 [*] | .00771 | .000 | 4.3679 | 4.4001 |
| | GEM-Urea 1,5 | 4.63433 [*] | .00771 | .000 | 4.6183 | 4.6504 |

| | | | | | | |
|----------------|----------------|-----------|--------|------|---------|---------|
| GEM Murni 0,75 | GEM Murni 0,5 | -1.8433* | .00771 | .000 | -2.004 | -1.683 |
| | GEM Murni 1 | .25967* | .00771 | .000 | .2436 | .2757 |
| | GEM Murni 1.25 | 1.73400* | .00771 | .000 | 1.7179 | 1.7501 |
| | GEM Murni 1,5 | 1.96967* | .00771 | .000 | 1.9536 | 1.9857 |
| | GEM-Urea 0,5 | 3.95900* | .00771 | .000 | 3.9429 | 3.9751 |
| | GEM-Urea 0,75 | 3.95000* | .00771 | .000 | 3.9339 | 3.9661 |
| | GEM-Urea 1 | 4.20167* | .00771 | .000 | 4.1856 | 4.2177 |
| | GEM-Urea 1,25 | 4.19967* | .00771 | .000 | 4.1836 | 4.2157 |
| | GEM-Urea 1,5 | 4.45000* | .00771 | .000 | 4.4339 | 4.4661 |
| GEM Murni 1 | GEM Murni 0,5 | -.44400* | .00771 | .000 | -.4601 | -.4279 |
| | GEM Murni 0,75 | -.25967* | .00771 | .000 | -.2757 | -.2436 |
| | GEM Murni 1.25 | 1.47433* | .00771 | .000 | 1.4583 | 1.4904 |
| | GEM Murni 1,5 | 1.71000* | .00771 | .000 | 1.6939 | 1.7261 |
| | GEM-Urea 0,5 | 3.69933* | .00771 | .000 | 3.6833 | 3.7154 |
| | GEM-Urea 0,75 | 3.69033* | .00771 | .000 | 3.6743 | 3.7064 |
| | GEM-Urea 1 | 3.94200* | .00771 | .000 | 3.9259 | 3.9581 |
| | GEM-Urea 1,25 | 3.94000* | .00771 | .000 | 3.9239 | 3.9561 |
| | GEM-Urea 1,5 | 4.19033* | .00771 | .000 | 4.1743 | 4.2064 |
| GEM Murni 1.25 | GEM Murni 0,5 | -1.91833* | .00771 | .000 | -1.9344 | -1.9023 |
| | GEM Murni 0,75 | -1.73400* | .00771 | .000 | -1.7501 | -1.7179 |
| | GEM Murni 1 | -1.47433* | .00771 | .000 | -1.4904 | -1.4583 |
| | GEM Murni 1,5 | .23567* | .00771 | .000 | .2196 | .2517 |
| | GEM-Urea 0,5 | 2.22500* | .00771 | .000 | 2.2089 | 2.2411 |
| | GEM-Urea 0,75 | 2.21600* | .00771 | .000 | 2.1999 | 2.2321 |
| | GEM-Urea 1 | 2.46767* | .00771 | .000 | 2.4516 | 2.4837 |
| | GEM-Urea 1,25 | 2.46567* | .00771 | .000 | 2.4496 | 2.4817 |
| | GEM-Urea 1,5 | 2.71600* | .00771 | .000 | 2.6999 | 2.7321 |
| GEM Murni 1,5 | GEM Murni 0,5 | -2.15400* | .00771 | .000 | -2.1701 | -2.1379 |
| | GEM Murni 0,75 | -1.96967* | .00771 | .000 | -1.9857 | -1.9536 |
| | GEM Murni 1 | -1.71000* | .00771 | .000 | -1.7261 | -1.6939 |
| | GEM Murni 1.25 | -.23567* | .00771 | .000 | -.2517 | -.2196 |
| | GEM-Urea 0,5 | 1.98933* | .00771 | .000 | 1.9733 | 2.0054 |
| | GEM-Urea 0,75 | 1.98033* | .00771 | .000 | 1.9643 | 1.9964 |
| | GEM-Urea 1 | 2.23200* | .00771 | .000 | 2.2159 | 2.2481 |
| | GEM-Urea 1,25 | 2.23000* | .00771 | .000 | 2.2139 | 2.2461 |
| | GEM-Urea 1,5 | 2.48033* | .00771 | .000 | 2.4643 | 2.4964 |

| | | | | | | |
|---------------|----------------|-----------|--------|------|---------|---------|
| GEM-Urea 0,5 | GEM Murni 0,5 | -4.14333* | .00771 | .000 | -4.1594 | -4.1273 |
| | GEM Murni 0,75 | -3.95900* | .00771 | .000 | -3.9751 | -3.9429 |
| | GEM Murni 1 | -3.69933* | .00771 | .000 | -3.7154 | -3.6833 |
| | GEM Murni 1.25 | -2.22500* | .00771 | .000 | -2.2411 | -2.2089 |
| | GEM Murni 1,5 | -1.98933* | .00771 | .000 | -2.0054 | -1.9733 |
| | GEM-Urea 0,75 | -.00900 | .00771 | .257 | -.0251 | .0071 |
| | GEM-Urea 1 | .24267* | .00771 | .000 | .2266 | .2587 |
| | GEM-Urea 1,25 | .24067* | .00771 | .000 | .2246 | .2567 |
| | GEM-Urea 1,5 | .49100* | .00771 | .000 | .4749 | .5071 |
| GEM-Urea 0,75 | GEM Murni 0,5 | -4.13433* | .00771 | .000 | -4.1504 | -4.1183 |
| | GEM Murni 0,75 | -3.95000* | .00771 | .000 | -3.9661 | -3.9339 |
| | GEM Murni 1 | -3.69033* | .00771 | .000 | -3.7064 | -3.6743 |
| | GEM Murni 1.25 | -2.21600* | .00771 | .000 | -2.2321 | -2.1999 |
| | GEM Murni 1,5 | -1.98033* | .00771 | .000 | -1.9964 | -1.9643 |
| | GEM-Urea 0,5 | .00900 | .00771 | .257 | -.0071 | .0251 |
| | GEM-Urea 1 | .25167* | .00771 | .000 | .2356 | .2677 |
| | GEM-Urea 1,25 | .24967* | .00771 | .000 | .2336 | .2657 |
| | GEM-Urea 1,5 | .50000* | .00771 | .000 | .4839 | .5161 |
| GEM-Urea 1 | GEM Murni 0,5 | -4.38600* | .00771 | .000 | -4.4021 | -4.3699 |
| | GEM Murni 0,75 | -4.20167* | .00771 | .000 | -4.2177 | -4.1856 |
| | GEM Murni 1 | -3.94200* | .00771 | .000 | -3.9581 | -3.9259 |
| | GEM Murni 1.25 | -2.46767* | .00771 | .000 | -2.4837 | -2.4516 |
| | GEM Murni 1,5 | -2.23200* | .00771 | .000 | -2.2481 | -2.2159 |
| | GEM-Urea 0,5 | -.24267* | .00771 | .000 | -.2587 | -.2266 |
| | GEM-Urea 0,75 | -.25167* | .00771 | .000 | -.2677 | -.2356 |
| | GEM-Urea 1,25 | -.00200 | .00771 | .798 | -.0181 | .0141 |
| | GEM-Urea 1,5 | .24833* | .00771 | .000 | .2323 | .2644 |
| GEM-Urea 1,25 | GEM Murni 0,5 | -4.38400* | .00771 | .000 | -4.4001 | -4.3679 |
| | GEM Murni 0,75 | -4.19967* | .00771 | .000 | -4.2157 | -4.1836 |
| | GEM Murni 1 | -3.94000* | .00771 | .000 | -3.9561 | -3.9239 |
| | GEM Murni 1.25 | -2.46567* | .00771 | .000 | -2.4817 | -2.4496 |
| | GEM Murni 1,5 | -2.23000* | .00771 | .000 | -2.2461 | -2.2139 |
| | GEM-Urea 0,5 | -.24067* | .00771 | .000 | -.2567 | -.2246 |
| | GEM-Urea 0,75 | -.24967* | .00771 | .000 | -.2657 | -.2336 |
| | GEM-Urea 1 | .00200 | .00771 | .798 | -.0141 | .0181 |
| | GEM-Urea 1,5 | .25033* | .00771 | .000 | .2343 | .2664 |
| GEM-Urea 1,5 | GEM Murni 0,5 | -4.63433* | .00771 | .000 | -4.6504 | -4.6183 |
| | GEM Murni 0,75 | -4.45000* | .00771 | .000 | -4.4661 | -4.4339 |
| | GEM Murni 1 | -4.19033* | .00771 | .000 | -4.2064 | -4.1743 |
| | GEM Murni 1.25 | -2.71600* | .00771 | .000 | -2.7321 | -2.6999 |
| | GEM Murni 1,5 | -2.48033* | .00771 | .000 | -2.4964 | -2.4643 |
| | GEM-Urea 0,5 | -.49100* | .00771 | .000 | -.5071 | -.4749 |
| | GEM-Urea 0,75 | -.50000* | .00771 | .000 | -.5161 | -.4839 |
| | GEM-Urea 1 | -.24833* | .00771 | .000 | -.2644 | -.2323 |
| | GEM-Urea 1,25 | -.25033* | .00771 | .000 | -.2664 | -.2343 |

Lampiran 13 Proses Preparasi Padatan Gemfibrozil-Urea dengan Metode Solvent Drop Grinding



Penimbangan bahan



Pengisian bahan ke mortir



Penambahan pelarut dengan mikropipet



Penggerusan serbuk



Pengisian serbuk ke vial



Penimbangan bahan



Pembuatan tablet



Pemberian tekanan



Pengeluaran tablet



Pengukuran ketebalan tablet



Tablet padatan gemfibrozil-urea