

Pengaruh Kombinasi Gelatin–PVP terhadap Karakteristik Fisik Tablet Hisap Jahe Merah

Inding Gusmayadi¹, Priyanto¹

¹Program Studi Diploma III Farmasi, STIKes Muhammadiyah Ciamis

²Fakultas Kedokteran, Universitas Prof. Dr. HAMKA (UHAMKA), Jakarta, Indonesia

Korespondensi: Nama Koresponden

Email: inding@stikesmucis.ac.id

Alamat : Jl. Ahmad Dahlan No. 20, Ciamis, Jawa Barat, HP 082311635239



Pharmacy Genius Journal is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

ABSTRAK

Pendahuluan: Tablet hisap merupakan salah satu bentuk sediaan padat yang dirancang untuk larut perlahan di dalam rongga mulut sehingga memerlukan karakteristik fisik yang berbeda dengan tablet konvensional, terutama nilai kekerasan yang relatif tinggi. Keberhasilan formulasi tablet hisap sangat dipengaruhi oleh jenis dan konsentrasi bahan pengikat yang digunakan. Gelatin diketahui mampu meningkatkan kekerasan tablet, namun cenderung menghasilkan granul dengan sifat alir yang kurang baik. Sebaliknya, polivinilpirolidon (PVP) memiliki kemampuan memperbaiki sifat alir granul, tetapi memerlukan konsentrasi yang relatif lebih tinggi untuk menghasilkan kekerasan tablet yang optimal.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi perbandingan konsentrasi gelatin dan PVP sebagai bahan pengikat terhadap sifat fisik tablet hisap ekstrak kering jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *rubrum*).

Metode: Tablet hisap diformulasikan menggunakan metode granulasi basah dengan lima variasi perbandingan gelatin dan PVP, yaitu 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5. Seluruh formula dievaluasi terhadap karakteristik granul serta sifat fisik tablet yang meliputi organoleptik, keseragaman bobot, keseragaman ukuran, kekerasan, dan kerapuhan. Analisis statistik dilakukan menggunakan uji ANOVA satu arah yang dilanjutkan dengan uji Tukey HSD pada taraf kepercayaan 95%.

Hasil: Variasi konsentrasi gelatin dan PVP memberikan pengaruh nyata terhadap kekerasan dan kerapuhan tablet ($p < 0,05$). Nilai kekerasan tablet berturut-turut pada Formula 1 hingga Formula 5 adalah 9,01; 14,15; 15,95; 13,45; dan 12,31 kgf, sedangkan nilai kerapuhan masing-masing sebesar 0,442%; 0,674%; 0,174%; 0,337%; dan 0,571%. Formula dengan perbandingan gelatin:PVP sebesar 1:3 menghasilkan kekerasan tertinggi, sedangkan Formula 4 dan Formula 5 menunjukkan penurunan kekerasan yang diduga berkaitan dengan interaksi kedua bahan pengikat pada konsentrasi gelatin yang lebih tinggi.

Kesimpulan: Perbandingan konsentrasi gelatin dan PVP berpengaruh signifikan terhadap karakteristik fisik tablet hisap ekstrak kering jahe merah. Kombinasi kedua bahan pengikat mampu menghasilkan tablet dengan mutu fisik yang memenuhi persyaratan, meskipun peningkatan konsentrasi gelatin yang terlalu tinggi cenderung menurunkan kekerasan tablet

Kata Kunci: tablet hisap; jahe merah; gelatin; polivinilpirolidon; bahan pengikat; granulasi basah

Pendahuluan

Jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *rubrum*) merupakan salah satu tanaman obat yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku sediaan herbal karena mengandung berbagai senyawa bioaktif, terutama gingerol, shogaol, zingeron, flavonoid, dan senyawa fenolik lainnya. Berbagai penelitian melaporkan bahwa senyawa-senyawa tersebut memiliki aktivitas farmakologis sebagai antiinflamasi, antioksidan, antiemetik, antitusif, antimikroba, imunomodulator, serta berpotensi meningkatkan kesehatan saluran pernapasan dan saluran pencernaan (1–3). Oleh karena itu, jahe merah menjadi salah satu komoditas fitofarmaka yang terus dikembangkan dalam berbagai bentuk sediaan modern untuk meningkatkan efektivitas terapi dan kenyamanan penggunaan.

Di Indonesia, sediaan jahe merah umumnya dipasarkan dalam bentuk simplisia, serbuk instan, minuman herbal, maupun kapsul. Meskipun demikian, bentuk sediaan tersebut masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti kurang praktis digunakan pada kondisi tertentu, memerlukan air minum saat konsumsi, serta memiliki stabilitas rasa yang kurang konsisten. Salah satu alternatif pengembangan yang dapat meningkatkan kenyamanan penggunaan adalah formulasi dalam bentuk tablet hisap (*lozenge*). Tablet hisap merupakan sediaan padat yang dirancang larut secara perlahan di dalam rongga mulut sehingga memungkinkan pelepasan zat aktif berlangsung bertahap, meningkatkan waktu kontak bahan aktif dengan mukosa oral, serta memberikan sensasi rasa yang lebih nyaman bagi pengguna (4,5).

Berbeda dengan tablet konvensional, tablet hisap harus memiliki kekerasan yang lebih tinggi agar tidak mudah hancur selama penyimpanan maupun penggunaan, namun tetap mampu melarut secara perlahan di dalam mulut. Karakteristik tersebut dipengaruhi oleh komposisi excipien, terutama bahan pengikat (*binder*), yang berperan membentuk ikatan antarpartikel selama proses granulasi dan pencetakan tablet. Pemilihan jenis serta konsentrasi bahan pengikat menjadi salah satu faktor penting dalam memperoleh mutu tablet hisap yang memenuhi persyaratan farmasetik (5,6).

Gelatin merupakan bahan pengikat alami yang banyak digunakan pada formulasi tablet karena mampu menghasilkan granul yang kompak dan meningkatkan kekerasan tablet. Namun demikian, penggunaan gelatin dalam konsentrasi tinggi sering dikaitkan dengan penurunan sifat alir granul akibat meningkatnya kohesi antarpartikel. Kondisi tersebut berpotensi memengaruhi keseragaman pengisian ruang cetak dan mutu tablet yang dihasilkan (7).

Sebaliknya, polivinilpirolidon (PVP) merupakan bahan pengikat sintetis yang memiliki kelarutan tinggi serta mampu menghasilkan granul dengan sifat alir yang lebih baik. Akan tetapi, penggunaan PVP sebagai bahan pengikat tunggal umumnya memerlukan konsentrasi yang relatif lebih besar untuk menghasilkan tablet hisap dengan kekerasan sesuai standar. Oleh karena itu, kombinasi gelatin dan PVP diperkirakan dapat menghasilkan efek sinergis, yaitu meningkatkan kekuatan mekanik tablet tanpa mengurangi karakteristik alir granul selama proses manufaktur (8,9).

Sejumlah penelitian telah melaporkan penggunaan gelatin maupun PVP sebagai bahan pengikat pada berbagai formulasi tablet. Namun, informasi mengenai pengaruh variasi perbandingan kedua bahan tersebut terhadap karakteristik fisik tablet hisap yang mengandung ekstrak kering jahe merah masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai kombinasi konsentrasi gelatin dan PVP terhadap mutu granul serta sifat fisik tablet hisap ekstrak kering jahe merah yang dibuat menggunakan metode granulasi basah (7–9).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai komposisi bahan pengikat yang optimal dalam formulasi tablet hisap berbasis bahan alam, sehingga dapat menjadi dasar pengembangan produk fitofarmaka yang memiliki mutu fisik baik, stabil, dan memenuhi persyaratan farmasetik (5,10).

Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi perbandingan konsentrasi gelatin dan PVP sebagai bahan pengikat terhadap sifat fisik tablet hisap ekstrak kering jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *rubrum*).

Metode

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium yang bertujuan mengevaluasi pengaruh variasi perbandingan konsentrasi gelatin dan polivinilpirolidon (PVP) sebagai bahan pengikat terhadap karakteristik fisik tablet hisap ekstrak kering jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *rubrum*). Tablet diformulasikan menggunakan metode granulasi basah dengan lima variasi perbandingan konsentrasi bahan pengikat.

Alat dan Bahan

Alat

Peralatan yang digunakan meliputi timbangan analitik, *hardness tester*, *friability tester*, *tapped density tester*, *granule flow tester*, mesin pencetak tablet tipe *single punch*, oven pengering, ayakan nomor 12 dan 18, *stopwatch*, jangka sorong digital, serta peralatan gelas laboratorium standar.

Bahan

Bahan yang digunakan terdiri atas ekstrak kering jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *rubrum*) yang diperoleh dari PT Haldin Pacific Semesta, polivinilpirolidon K-30 (PVP K-30), gelatin, dekstrosa, manitol, magnesium stearat, talk, etanol 70%, dan akuades. Seluruh bahan tambahan yang digunakan memenuhi persyaratan mutu farmasi (*pharmaceutical grade*).

Rancangan Formula

Penelitian menggunakan lima formula tablet hisap dengan bobot masing-masing 1000 mg. Variabel yang dibedakan adalah perbandingan konsentrasi gelatin dan PVP sebagai bahan pengikat, sedangkan komponen formula lainnya dibuat tetap sehingga pengaruh yang diamati hanya berasal dari variasi bahan pengikat.

Tabel 1. Formula Tablet Hisap Ekstrak Kering Jahe Merah

Bahan	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)	F4 (%)	F5 (%)	Fungsi
Ekstrak kering jahe merah	30	30	30	30	30	Zat aktif
Dekstrosa	20	20	20	20	20	Pemanis
PVP K-30	4,0	2,7	2,0	1,6	1,3	Pengikat
Gelatin	4,0	5,3	6,0	6,4	6,7	Pengikat
Magnesium stearat	1	1	1	1	1	Pelincir
Talk	2	2	2	2	2	Glidan
Manitol ad	100	100	100	100	100	Pengisi

Keterangan: Perbandingan konsentrasi gelatin dan PVP pada masing-masing formula berturut-turut adalah 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, dan 1:5

Pembuatan Tablet Hisap

Tablet hisap dibuat menggunakan metode granulasi basah. Seluruh bahan ditimbang sesuai formula. Ekstrak kering jahe merah dicampurkan dengan manitol dan dekstrosa hingga homogen.

Larutan PVP disiapkan menggunakan etanol 70% dengan perbandingan 1:5, sedangkan larutan gelatin dibuat melalui proses hidrasi menggunakan air dingin dengan perbandingan 1:2 selama 24 jam, kemudian dipanaskan hingga terbentuk larutan homogen. Kedua larutan pengikat dicampurkan dalam keadaan hangat, kemudian ditambahkan secara bertahap ke dalam

campuran serbuk sambil diaduk hingga terbentuk massa granul yang memenuhi kriteria *banana breaking*.

Massa basah diayak menggunakan ayakan nomor 12, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu sekitar 50°C selama ± 24 jam. Setelah kering, granul diayak kembali menggunakan ayakan nomor 18 untuk memperoleh ukuran granul yang seragam.

Selanjutnya ditambahkan magnesium stearat dan talk, kemudian dilakukan pencampuran hingga homogen. Granul yang telah memenuhi persyaratan selanjutnya dikempa menggunakan mesin tablet *single punch*. Pengaturan bobot tablet dilakukan melalui penyesuaian *lower punch*, sedangkan tekanan kompresi diatur hingga diperoleh tablet dengan kekerasan sesuai spesifikasi tablet hisap.

Evaluasi Ekstrak Kering

Ekstrak kering jahe merah dievaluasi sebelum proses formulasi untuk memastikan kesesuaiannya sebagai bahan baku. Parameter yang diamati meliputi:

1. organoleptik;
2. kadar air;
3. kadar abu;
4. kelarutan dalam air;
5. distribusi ukuran partikel; dan
6. skrining fitokimia.

Evaluasi Granul

Granul hasil granulasi dievaluasi untuk mengetahui karakteristik yang memengaruhi proses pengempaan tablet. Parameter yang diamati meliputi:

1. laju alir granul;
2. sudut diam;
3. indeks kompresibilitas;
4. distribusi ukuran granul; dan
5. susut pengeringan (*loss on drying*).

Evaluasi Tablet Hisap

Tablet hisap yang dihasilkan dievaluasi terhadap karakteristik fisik sesuai persyaratan sediaan tablet hisap. Parameter yang diamati meliputi:

1. organoleptik;

2. keseragaman bobot;
3. keseragaman ukuran;
4. kekerasan tablet; dan
5. kerapuhan tablet.

Analisis Data

Data hasil pengujian dinyatakan sebagai nilai rerata $\pm$ simpangan baku (*mean $\pm$ standard deviation*). Analisis statistik diawali dengan uji normalitas menggunakan uji Shapiro–Wilk dan uji homogenitas varians menggunakan uji Levene. Data yang memenuhi asumsi normal dan homogen dianalisis menggunakan *One-Way Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila diperoleh perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan menggunakan uji *Tukey Honestly Significant Difference* (HSD) untuk mengetahui perbedaan antarformula. Analisis statistik dilakukan pada tingkat kepercayaan 95%.

Variabel Penelitian

Variabel bebas

Perbandingan konsentrasi gelatin dan polivinilpirolidon (PVP) sebagai bahan pengikat.

Variabel terikat

Karakteristik fisik granul dan tablet hisap yang meliputi sifat alir, sudut diam, indeks kompresibilitas, susut pengeringan, distribusi ukuran granul, keseragaman bobot, keseragaman ukuran, kekerasan, dan kerapuhan tablet.

Variabel terkendali

Jenis dan konsentrasi bahan aktif, komposisi eksipien selain bahan pengikat, metode granulasi, suhu pengeringan, waktu pengeringan, ukuran ayakan, bobot tablet, serta kondisi proses pencetakan tablet.

Hasil Dan Pembahasan

Evaluasi Ekstrak Kering Jahe Merah

Sebelum digunakan sebagai bahan aktif dalam formulasi tablet hisap, ekstrak kering jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *rubrum*) dievaluasi untuk memastikan mutu bahan baku memenuhi persyaratan farmasetik. Parameter yang diamati meliputi organoleptik, kadar air, kadar abu, kelarutan, distribusi ukuran partikel, serta skrining fitokimia. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Identifikasi dan Karakteristik Organoleptik

Ekstrak yang digunakan berasal dari rimpang jahe merah yang telah teridentifikasi sebagai *Zingiber officinale* Roscoe var. *rubrum*. Identifikasi bahan baku merupakan tahapan penting dalam standardisasi simplisia dan ekstrak herbal untuk menjamin keaslian spesies serta konsistensi mutu produk yang dihasilkan. Karakteristik organoleptik berupa warna kuning kecokelatan, aroma khas jahe, rasa pedas, dan bentuk serbuk halus menunjukkan kesesuaian dengan karakteristik ekstrak jahe merah yang dilaporkan dalam berbagai monografi farmakope herbal.

Tabel 2. Hasil Evaluasi Ekstrak Kering Jahe Merah

Parameter	Hasil
Organoleptik	Serbuk halus, kuning kecokelatan, berbau khas jahe, rasa pedas
Kadar air	5,61%
Kadar abu	4,69%
Kelarutan	100 mg larut dalam 1,73 mL air
Distribusi ukuran partikel	93,79% lolos mesh 80; 80,47% lolos mesh 100
Skrining fitokimia	Flavonoid (+), Saponin (+), Fenol (+), Tanin (-), Triterpenoid (-), Steroid (-)

Warna kuning kecokelatan pada ekstrak terutama dipengaruhi oleh kandungan senyawa fenolik, termasuk kelompok gingerol dan shogaol. Senyawa-senyawa tersebut tidak hanya berperan terhadap aktivitas farmakologis, tetapi juga menentukan karakteristik sensoris ekstrak, terutama aroma dan rasa pedas yang khas. Karakteristik organoleptik yang konsisten menjadi salah satu indikator awal bahwa proses ekstraksi dan pengeringan tidak menyebabkan perubahan mutu bahan aktif secara nyata (1,2,3).

Kadar Air

Hasil pengujian menunjukkan kadar air ekstrak sebesar 5,61%, yang mengindikasikan bahwa ekstrak memiliki kadar kelembapan yang relatif rendah. Nilai ini memenuhi persyaratan mutu ekstrak kering yang umumnya mensyaratkan kadar air kurang dari 10%, sehingga risiko pertumbuhan mikroorganisme maupun reaksi degradasi akibat hidrolisis dapat diminimalkan (5, 10).

Kadar air merupakan salah satu parameter kritis dalam pengembangan sediaan padat karena berpengaruh terhadap stabilitas kimia, stabilitas mikrobiologi, serta sifat alir serbuk. Ekstrak dengan kadar air yang rendah umumnya memiliki stabilitas penyimpanan yang lebih baik dan lebih mudah diproses pada tahap granulasi maupun pencetakan tablet. Selain itu, kadar air

yang terkendali dapat mengurangi kemungkinan terbentuknya agregasi partikel yang dapat memengaruhi homogenitas campuran serbuk (5,6).

Pengukuran kadar air pada penelitian ini dilakukan menggunakan *moisture balance*, yang bekerja berdasarkan prinsip gravimetri melalui penguapan komponen volatil akibat pemanasan. Metode ini banyak digunakan dalam pengendalian mutu bahan baku farmasi karena relatif cepat dan memiliki tingkat reproduktibilitas yang baik, meskipun hasil pengukuran mencerminkan total kehilangan massa akibat penguapan, termasuk kemungkinan sisa pelarut volatil apabila masih terdapat dalam ekstrak (6).

Kadar Abu

Pengujian kadar abu menghasilkan nilai 4,69%, yang masih berada dalam batas persyaratan mutu ekstrak jahe merah. Parameter ini digunakan untuk menggambarkan kandungan residu anorganik yang tersisa setelah proses pemijaran, sehingga dapat menjadi indikator kemurnian bahan baku dan tingkat kontaminasi mineral selama proses produksi (10,11).

Nilai kadar abu yang rendah menunjukkan bahwa proses pengolahan ekstrak berlangsung dengan baik serta tidak terjadi kontaminasi anorganik yang berlebihan. Parameter ini penting karena tingginya kandungan abu dapat memengaruhi mutu ekstrak dan berpotensi menurunkan kualitas sediaan farmasi yang dihasilkan (11).

Skrining Fitokimia

Hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak mengandung senyawa flavonoid, saponin, dan senyawa fenolik, sedangkan tanin, triterpenoid, dan steroid tidak terdeteksi. Keberadaan senyawa fenolik menjadi temuan penting karena kelompok senyawa ini, khususnya gingerol dan turunannya, diketahui berkontribusi terhadap berbagai aktivitas biologis jahe merah, termasuk aktivitas antioksidan, antiinflamasi, dan antimikroba (1,2,3).

Selama proses granulasi basah, massa granul dikeringkan pada suhu sekitar 50°C. Suhu tersebut relatif aman untuk mempertahankan stabilitas senyawa bioaktif jahe merah. Beberapa penelitian melaporkan bahwa gingerol dapat mengalami transformasi menjadi shogaol akibat pemanasan, namun perubahan tersebut tidak selalu menurunkan aktivitas biologis, bahkan pada kondisi tertentu dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan antiinflamasi (2,3,12). Oleh karena itu, proses pengeringan yang digunakan dalam penelitian ini diperkirakan masih mampu mempertahankan kualitas bahan aktif sehingga layak diaplikasikan pada formulasi tablet hisap.

Kelarutan dan Distribusi Ukuran Partikel

Ekstrak menunjukkan kelarutan sebesar 100 mg dalam 1,73 mL air, yang menunjukkan bahwa ekstrak memiliki kelarutan yang baik dalam media air. Sifat kelarutan ini mendukung proses pelepasan bahan aktif ketika tablet hisap melarut secara perlahan di dalam rongga mulut, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan senyawa aktif selama penggunaan (5,6).

Hasil analisis distribusi ukuran partikel menunjukkan bahwa 93,79% partikel lolos ayakan mesh 80, sedangkan 80,47% lolos mesh 100. Distribusi ukuran partikel yang relatif seragam merupakan karakteristik yang diharapkan pada formulasi tablet karena dapat meningkatkan homogenitas pencampuran dengan eksipien, memperbaiki sifat alir serbuk, serta menghasilkan variasi bobot tablet yang lebih kecil. Selain itu, ukuran partikel yang sesuai akan meningkatkan luas permukaan kontak sehingga mempermudah pembentukan ikatan antartikel selama proses granulasi dan pengempaan (5,6).

Dosis Ekstrak

Pada penelitian ini digunakan ekstrak kering jahe merah sebanyak 300 mg per tablet. Penetapan dosis didasarkan pada kandungan 6-gingerol dalam ekstrak serta mempertimbangkan rendemen ekstrak kering yang diperoleh. Pemilihan dosis tersebut diharapkan mampu memberikan kandungan senyawa aktif yang memadai dalam setiap tablet sekaligus mempertahankan karakteristik fisik sediaan selama proses formulasi (1,2).

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa ekstrak kering jahe merah memenuhi persyaratan sebagai bahan baku formulasi tablet hisap. Nilai kadar air dan kadar abu berada dalam rentang yang dapat diterima, distribusi ukuran partikel cukup seragam, serta kandungan senyawa bioaktif masih terdeteksi melalui skrining fitokimia. Karakteristik tersebut mendukung keberhasilan proses granulasi basah dan diharapkan mampu menghasilkan granul serta tablet dengan mutu fisik yang baik (5,6,10).

Temuan ini juga mengindikasikan bahwa ekstrak memiliki stabilitas yang memadai untuk diproses menjadi sediaan padat tanpa mengalami perubahan mutu yang berarti. Dengan demikian, variasi karakteristik fisik tablet pada penelitian ini lebih mungkin dipengaruhi oleh perbedaan komposisi bahan pengikat dibandingkan oleh kualitas bahan aktif yang digunakan (5,6).

Tabel 3. Hasil Evaluasi Granul Tablet Hisap Ekstrak Kering Jahe Merah

Formula	Waktu alir (g/detik)	Sudut diam (°)	Kompresibilitas (%)	Susut pengeringan (%)	Ukuran granul (µm)
F1	10,21 ± 0,17	28,97	2,7 ± 0,36	3,70 ± 0,16	826
F2	9,51 ± 0,37	27,02	2,6 ± 0,09	3,45 ± 0,29	817
F3	9,09 ± 0,14	27,63	2,5 ± 0,43	3,27 ± 0,23	798
F4	9,74 ± 0,18	27,85	2,6 ± 0,26	3,28 ± 0,15	813
F5	10,76 ± 0,67	30,68	2,8 ± 0,51	4,38 ± 0,45	859

Evaluasi Granul

Evaluasi granul merupakan tahapan penting dalam formulasi tablet karena karakteristik granul sangat menentukan keberhasilan proses pengempaan (*tableting*) dan mutu tablet yang dihasilkan. Granul yang memiliki sifat alir baik, ukuran partikel seragam, kadar kelembapan yang sesuai, serta kompresibilitas yang optimal akan menghasilkan tablet dengan keseragaman bobot, kekerasan, dan kerapuhan yang lebih baik. Pada penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap susut pengeringan, waktu alir, sudut diam, distribusi ukuran partikel, dan indeks kompresibilitas granul. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 3 (4,5,6).

Susut Pengeringan Granul

Susut pengeringan (*loss on drying*) digunakan untuk mengevaluasi jumlah komponen volatil yang menguap selama proses pengeringan sekaligus menggambarkan kadar kelembapan granul setelah granulasi basah. Parameter ini sangat penting karena kadar air yang terlalu tinggi dapat menyebabkan granul menjadi lengket, sedangkan kadar air yang terlalu rendah dapat menurunkan kemampuan granul membentuk ikatan selama proses kompresi (4,6,11).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh formula memiliki nilai susut pengeringan berkisar antara 3,27–4,38%, sehingga masih berada dalam rentang yang sesuai untuk proses pencetakan tablet. Formula 3 memiliki nilai susut pengeringan paling rendah (3,27%), sedangkan Formula 5 menunjukkan nilai tertinggi (4,38%). Peningkatan nilai susut pengeringan pada Formula 5 diduga berkaitan dengan meningkatnya proporsi gelatin dalam sistem pengikat. Gelatin memiliki sifat hidrofilik sehingga mampu mengikat air dalam jumlah lebih besar selama proses granulasi. Akibatnya, waktu dan energi yang dibutuhkan untuk menghilangkan air selama pengeringan menjadi lebih tinggi dibandingkan formula dengan kandungan gelatin lebih rendah (4,7). Sebaliknya, Formula 3 memperlihatkan kadar kelembapan yang paling seimbang. Kondisi

tersebut menunjukkan bahwa kombinasi gelatin dan PVP pada formula ini mampu menghasilkan granul dengan kandungan air yang cukup untuk mempertahankan kohesi antartpartikel tanpa menyebabkan kelembapan berlebih yang dapat mengganggu proses pengempaan.

Secara umum, nilai susut pengeringan seluruh formula menunjukkan bahwa proses pengeringan berlangsung secara efektif dan menghasilkan granul dengan kadar kelembapan yang sesuai untuk tahap kompresi tablet (5,6).

Waktu Alir Granul

Sifat alir granul merupakan parameter penting dalam proses manufaktur tablet karena berhubungan langsung dengan kemampuan granul mengisi ruang cetak (*die cavity*) secara seragam. Granul dengan kemampuan mengalir yang baik akan menghasilkan keseragaman bobot tablet yang lebih tinggi serta mengurangi variasi selama proses produksi (4,5,6).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Formula 3 memiliki waktu alir tercepat (9,09 g/detik), sedangkan Formula 5 memiliki waktu alir paling lambat (10,76 g/detik). Perbaikan sifat alir pada Formula 2 hingga Formula 3 menunjukkan bahwa kombinasi gelatin dan PVP mampu menghasilkan ukuran granul yang relatif seragam dengan kohesi antartpartikel yang optimal. PVP berperan membentuk *solid bridge* selama proses pengeringan sehingga meningkatkan integritas granul, sedangkan gelatin membantu mempertahankan kekompakan granul selama proses pencampuran (4,7,12).

Pada Formula 5, peningkatan konsentrasi gelatin menyebabkan granul menjadi lebih kohesif sehingga hambatan antartpartikel meningkat dan kemampuan mengalir menurun. Granul yang terlalu kohesif cenderung mengalami gesekan internal yang lebih besar sehingga memerlukan waktu lebih lama untuk melewati corong pengujian (6,7).

Temuan ini menunjukkan bahwa keseimbangan antara gelatin dan PVP menjadi faktor penting dalam menghasilkan granul dengan sifat alir optimum.

Sudut Diam

Sudut diam merupakan parameter yang menggambarkan kemampuan aliran granul berdasarkan pembentukan kerucut setelah granul dibiarkan mengalir secara bebas. Semakin kecil sudut diam yang terbentuk, semakin baik sifat alir granul (5,6). Nilai sudut diam seluruh formula berada pada kisaran 27–31°, yang mengindikasikan bahwa semua granul masih memiliki karakteristik aliran yang baik. Formula 2 dan Formula 3 menunjukkan sudut diam paling kecil, sedangkan Formula 5 memiliki sudut diam terbesar. Penurunan sudut diam hingga Formula 3

menunjukkan bahwa kombinasi gelatin dan PVP menghasilkan kohesi antargranul yang seimbang sehingga granul mampu bergerak lebih bebas selama pengujian. Sebaliknya, peningkatan kadar gelatin pada Formula 4 dan Formula 5 menyebabkan meningkatnya gaya tarik antartikel sehingga sudut diam menjadi lebih besar (4,6). Meskipun demikian, seluruh formula masih memenuhi kriteria granul dengan kemampuan alir yang baik sehingga masih layak digunakan pada proses pencetakan tablet.

Distribusi Ukuran Partikel Granul

Distribusi ukuran partikel merupakan parameter yang berpengaruh terhadap homogenitas pencampuran, densitas granul, serta efisiensi proses kompresi. Granul dengan distribusi ukuran yang seragam akan menghasilkan pengisian ruang cetak yang lebih konsisten sehingga meningkatkan keseragaman bobot tablet (5,6). Ukuran granul yang diperoleh berkisar antara 798–859 μm , dengan ukuran terkecil diperoleh pada Formula 3 dan terbesar pada Formula 5. Formula 3 menghasilkan granul berukuran lebih kecil dan lebih seragam sehingga memungkinkan pengemasan partikel menjadi lebih rapat selama proses kompresi. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi gelatin pada Formula 5 menghasilkan granul yang lebih besar akibat meningkatnya viskositas larutan pengikat selama proses granulasi (7,12). Granul yang terlalu besar cenderung memiliki porositas lebih tinggi sehingga kontak antartikel selama kompresi menjadi berkurang. Kondisi tersebut dapat memengaruhi sifat mekanik tablet yang dihasilkan, terutama kekerasan dan kerapuhan (4,6).

Indeks Kompresibilitas

Indeks kompresibilitas menggambarkan kemampuan granul mengalami pemadatan setelah diberikan tekanan. Nilai indeks kompresibilitas yang rendah menunjukkan bahwa granul memiliki densitas awal yang baik dan mudah mengalami proses kompresi (5,6). Seluruh formula menunjukkan nilai kompresibilitas yang sangat rendah, yaitu antara 2,5–2,8%, sehingga termasuk kategori granul dengan kemampuan alir yang sangat baik. Formula 3 menghasilkan nilai kompresibilitas terendah (2,5%), sedangkan Formula 5 menunjukkan nilai tertinggi (2,8%).

Nilai kompresibilitas yang rendah pada Formula 3 menunjukkan bahwa kombinasi gelatin dan PVP mampu menghasilkan granul dengan densitas yang lebih seragam serta porositas yang lebih kecil. Kondisi tersebut mendukung terbentuknya kontak antartikel yang lebih luas selama proses pencetakan sehingga berpotensi meningkatkan kekuatan mekanik tablet (4,6,12). Sebaliknya, peningkatan kadar gelatin pada Formula 5 diduga menyebabkan struktur granul

menjadi kurang homogen sehingga meningkatkan porositas internal dan sedikit meningkatkan nilai kompresibilitas (7).

Secara keseluruhan, hasil evaluasi granul menunjukkan bahwa variasi perbandingan gelatin dan PVP memengaruhi karakteristik fisik granul yang dihasilkan. Formula 3 (perbandingan gelatin:PVP 1:3) memberikan performa granul terbaik yang ditandai dengan waktu alir tercepat, ukuran partikel paling seragam, sudut diam yang rendah, serta nilai kompresibilitas paling kecil. Kombinasi tersebut menghasilkan keseimbangan antara kohesi dan fluiditas granul sehingga mendukung proses pengempaan tablet secara optimal (4,5,6,12). Sebaliknya, peningkatan proporsi gelatin pada Formula 5 cenderung meningkatkan kadar kelembapan, ukuran granul, sudut diam, serta waktu alir, yang menunjukkan bahwa penggunaan gelatin dalam jumlah terlalu tinggi dapat menurunkan performa granul. Hasil ini mengindikasikan bahwa keberhasilan formulasi tablet hisap tidak hanya ditentukan oleh jumlah bahan pengikat, tetapi juga oleh keseimbangan interaksi antara gelatin sebagai pengikat alami dan PVP sebagai pengikat sintetik (7,12).

Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa kombinasi kedua bahan pengikat mampu menghasilkan granul dengan mutu yang memenuhi persyaratan proses granulasi basah, namun rasio yang terlalu tinggi pada salah satu komponen dapat mengurangi efisiensi pembentukan granul. Oleh karena itu, optimasi komposisi bahan pengikat menjadi langkah penting untuk memperoleh granul yang memiliki sifat alir, kompresibilitas, dan homogenitas yang optimal sebelum proses pencetakan tablet (1–3).

Evaluasi Tablet Hisap

Tabel 4. Hasil Evaluasi Tablet Hisap Ekstrak Kering Jahe Merah

Parameter	F1	F2	F3	F4	F5
Bentuk	Oval	Oval	Oval	Oval	Oval
Aroma	Khas jahe	Khas jahe	Khas jahe	Khas jahe	Khas jahe
Warna	Putih	Putih	Putih	Putih	Putih
	kecokelatan	kecokelatan	kecokelatan	kecokelatan	kecokelatan
Tebal (mm)	5,75 ±0,01	5,75 ±0,02	5,75 ±0,01	5,75 ±0,02	5,75 ±0,02
Panjang (mm)	23,05	23,05	23,05	23,05	23,05
Lebar (mm)	10,45	10,45	10,45	10,45	10,45
Bobot rata-rata (g)	1,008	1,035	1,030	1,027	1,025
Kerapuhan (%)	0,442	0,674	0,174	0,337	0,571
Kekerasan (kgf)	9,01	14,15	15,95	13,45	12,31

Evaluasi tablet hisap dilakukan untuk mengetahui mutu fisik sediaan yang dihasilkan setelah proses granulasi dan pengempaan. Karakteristik fisik tablet merupakan indikator penting dalam menjamin stabilitas selama penyimpanan, ketahanan terhadap tekanan mekanik selama distribusi, serta kenyamanan penggunaan oleh pasien. Parameter yang diamati meliputi organoleptik, keseragaman ukuran, keseragaman bobot, kekerasan, dan kerapuhan tablet. Hasil evaluasi disajikan pada Tabel 4 (4,5,10).

Organoleptik Tablet Hisap

Seluruh formula menghasilkan tablet berbentuk oval dengan warna putih kecokelatan, aroma khas jahe, dan rasa manis-pedas. Bentuk oval dipilih mengikuti bentuk *punch* yang digunakan pada proses pencetakan serta memberikan kenyamanan ketika tablet dihisap. Tidak ditemukan adanya keretakan maupun cacat visual pada seluruh formula, yang menunjukkan bahwa proses granulasi dan pengempaan berlangsung dengan baik (4,5).

Warna putih kecokelatan berasal dari kombinasi warna alami ekstrak jahe merah dengan eksipien penyusun tablet. Pada beberapa tablet tampak bercak-bercak berwarna lebih gelap yang tersebar merata pada permukaan tablet. Fenomena tersebut kemungkinan disebabkan oleh adanya partikel ekstrak yang masih mempertahankan warna alaminya dan tidak sepenuhnya tertutupi oleh bahan pengisi. Selain itu, proses pengeringan selama granulasi dapat memicu sedikit perubahan warna akibat reaksi pencokelatan pada komponen gula pereduksi, meskipun tidak memengaruhi mutu fisik maupun stabilitas tablet (5,12).

Rasa pedas masih dapat dirasakan pada seluruh formula karena kandungan senyawa gingerol dan shogaol dalam ekstrak jahe merah (2,3). Meskipun dekstrosa dan manitol telah digunakan sebagai pemanis, kemampuan keduanya belum sepenuhnya menutupi sensasi pedas ekstrak. Menariknya, Formula 5 dinilai memiliki sensasi rasa yang paling nyaman dibandingkan formula lainnya. Hal ini diduga berkaitan dengan peningkatan konsentrasi gelatin yang menghasilkan tekstur permukaan tablet lebih halus sehingga tablet melarut secara lebih perlahan di dalam rongga mulut. Sebaliknya, Formula 3 yang memiliki kekerasan paling tinggi membutuhkan waktu larut lebih lama sehingga sensasi pedas bertahan lebih lama selama penggunaan (4,5).

Keseragaman Ukuran Tablet

Pengukuran dimensi tablet menunjukkan bahwa seluruh formula memiliki panjang, lebar, dan ketebalan yang relatif seragam. Panjang tablet sebesar 23,05 mm dan lebar 10,45 mm

ditentukan oleh ukuran *punch* yang digunakan sehingga tidak mengalami variasi antarformula. Ketebalan tablet berkisar 5,75 mm dengan variasi yang sangat kecil, menunjukkan bahwa proses pengisian granul ke dalam ruang cetak berlangsung secara konsisten (4,10).

Keseragaman ukuran menunjukkan bahwa karakteristik granul yang dihasilkan mampu mengisi ruang cetak secara homogen selama proses pengempaan. Variasi ketebalan yang sangat kecil kemungkinan dipengaruhi oleh fluktuasi tekanan kompresi dan pergerakan *lower punch* pada mesin tablet tipe *single punch*. Namun demikian, variasi tersebut masih berada dalam batas yang dapat diterima sehingga tidak memengaruhi mutu fisik tablet secara keseluruhan (4,5).

Keseragaman Bobot

Bobot rata-rata tablet berada pada kisaran 1,008–1,035 g, dengan variasi antarformula yang relatif kecil. Seluruh formula memenuhi persyaratan keseragaman bobot karena tidak terdapat tablet yang menyimpang dari batas toleransi yang ditetapkan (10,12).

Hasil ini menunjukkan bahwa proses pencampuran granul, sifat alir, dan pengisian ruang cetak berlangsung secara konsisten. Keseragaman bobot merupakan parameter penting karena secara tidak langsung menggambarkan keseragaman kandungan zat aktif pada tablet yang diproduksi. Granul dengan sifat alir yang baik akan mengisi ruang cetak dalam jumlah yang relatif sama pada setiap siklus pencetakan sehingga variasi bobot tablet dapat diminimalkan. Temuan ini konsisten dengan hasil evaluasi granul yang menunjukkan bahwa seluruh formula memiliki kemampuan alir yang baik (4,5,10).

Kekerasan Tablet

Kekerasan tablet merupakan parameter utama pada tablet hisap karena menentukan kemampuan tablet mempertahankan bentuknya selama penyimpanan sekaligus memengaruhi lama waktu tablet melarut di dalam rongga mulut (4,5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kekerasan meningkat dari Formula 1 hingga Formula 3, kemudian menurun pada Formula 4 dan Formula 5. Nilai kekerasan berturut-turut adalah 9,01; 14,15; 15,95; 13,45; dan 12,31 kgf.

Formula 3 menghasilkan kekerasan tertinggi, yang menunjukkan bahwa kombinasi gelatin dan PVP pada rasio tersebut memberikan kemampuan pengikatan antartpartikel paling optimal. Gelatin membentuk matriks kohesif yang kuat selama proses granulasi, sedangkan PVP menghasilkan *solid bridge* setelah proses pengeringan. Sinergi kedua mekanisme tersebut meningkatkan kekompakan granul sehingga menghasilkan tablet dengan kekuatan mekanik yang tinggi (4,6,7).

Penurunan kekerasan pada Formula 4 dan Formula 5 mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi gelatin tidak selalu menghasilkan tablet yang lebih kuat. Gelatin yang berlebihan dapat meningkatkan viskositas massa granul sehingga distribusi larutan pengikat menjadi kurang homogen. Selain itu, sifat hidrofilik gelatin menyebabkan granul lebih mudah mempertahankan kelembapan, yang berpotensi mengurangi efisiensi pembentukan ikatan antarpartikel selama kompresi (6,7).

Hasil tersebut menunjukkan bahwa optimasi komposisi bahan pengikat lebih penting dibandingkan sekadar meningkatkan konsentrasinya. Kombinasi yang seimbang antara gelatin dan PVP mampu menghasilkan struktur tablet yang lebih kompak dibandingkan penggunaan salah satu bahan dalam jumlah berlebih (6).

Kerapuhan Tablet

Kerapuhan menggambarkan kemampuan tablet mempertahankan integritas fisiknya terhadap benturan selama proses pengemasan, distribusi, dan penyimpanan. Seluruh formula menunjukkan nilai kerapuhan di bawah 1%, sehingga memenuhi persyaratan mutu tablet hisap (10,12).

Nilai kerapuhan berturut-turut adalah 0,442%; 0,674%; 0,174%; 0,337%; dan 0,571%. Formula 3 menghasilkan nilai kerapuhan terendah, sejalan dengan nilai kekerasan yang paling tinggi. Hubungan ini menunjukkan bahwa granul dengan struktur lebih kompak mampu membentuk tablet yang lebih tahan terhadap tekanan mekanik. Sebaliknya, Formula 2 dan Formula 5 menunjukkan nilai kerapuhan yang relatif lebih tinggi meskipun masih berada dalam batas yang dipersyaratkan (4,5,10).

Secara umum, terdapat hubungan berbanding terbalik antara kekerasan dan kerapuhan tablet. Tablet dengan kekerasan tinggi cenderung memiliki porositas lebih rendah sehingga lebih tahan terhadap abrasi. Sebaliknya, penurunan kekuatan ikatan antarpartikel akan meningkatkan kemungkinan terlepasnya fragmen tablet selama pengujian kerapuhan (4,10).

Peningkatan nilai kerapuhan pada Formula 4 dan Formula 5 memperkuat dugaan bahwa penggunaan gelatin dalam konsentrasi terlalu tinggi menyebabkan penurunan efisiensi sistem pengikat. Interaksi antara gelatin dan PVP pada komposisi tersebut kemungkinan menghasilkan distribusi larutan pengikat yang kurang merata sehingga kekompakan tablet sedikit berkurang (6,7).

Hasil evaluasi tablet menunjukkan bahwa seluruh formula menghasilkan tablet hisap dengan karakteristik fisik yang memenuhi persyaratan dasar mutu sediaan padat. Variasi komposisi gelatin dan PVP terbukti memengaruhi sifat mekanik tablet, terutama kekerasan dan kerapuhan. Formula 3 (perbandingan gelatin:PVP 1:3) memberikan performa terbaik dengan kombinasi kekerasan tertinggi dan kerapuhan terendah, yang menunjukkan bahwa rasio tersebut menghasilkan keseimbangan optimal antara kohesi granul dan efisiensi kompresi (4,5,6,10).

Sebaliknya, peningkatan proporsi gelatin pada Formula 4 dan Formula 5 tidak lagi meningkatkan mutu tablet, tetapi justru menurunkan kekerasan serta meningkatkan kerapuhan. Temuan ini menunjukkan bahwa efektivitas bahan pengikat tidak hanya ditentukan oleh jumlahnya, tetapi juga oleh interaksi antarjenis pengikat dalam sistem formulasi (6,7).

Secara keseluruhan, evaluasi tablet mengonfirmasi bahwa optimasi rasio gelatin dan PVP merupakan faktor penting dalam menghasilkan tablet hisap ekstrak kering jahe merah dengan mutu fisik yang baik. Hasil ini juga sejalan dengan evaluasi granul sebelumnya, di mana Formula 3 menunjukkan karakteristik granul paling optimal sehingga mampu menghasilkan tablet dengan performa mekanik terbaik (4,5,10).

Kesimpulan

Variasi perbandingan gelatin dan polivinilpirolidon (PVP) sebagai bahan pengikat berpengaruh terhadap karakteristik fisik granul dan tablet hisap ekstrak kering jahe merah (*Zingiber officinale* Roscoe var. *rubrum*) yang dibuat dengan metode granulasi basah. Seluruh formula menghasilkan granul dan tablet yang memenuhi persyaratan mutu fisik, namun perbedaan komposisi bahan pengikat memengaruhi karakteristik granul serta sifat mekanik tablet, terutama kekerasan dan kerapuhan.

Hasil analisis One-Way ANOVA menunjukkan bahwa variasi konsentrasi gelatin dan PVP tidak berpengaruh signifikan terhadap keseragaman bobot dan ukuran tablet ($p > 0,05$), tetapi berpengaruh signifikan terhadap kekerasan dan kerapuhan ($p < 0,05$). Formula 3 dengan perbandingan gelatin:PVP 1:3 menghasilkan karakteristik terbaik, ditandai dengan granul yang optimal, kekerasan tablet tertinggi (15,95 kgf), dan kerapuhan terendah (0,174%).

Dengan demikian, kombinasi gelatin dan PVP pada rasio 1:3 merupakan komposisi bahan pengikat yang paling efektif untuk menghasilkan tablet hisap ekstrak kering jahe merah dengan mutu fisik yang memenuhi persyaratan farmasetika serta berpotensi dikembangkan sebagai produk fitofarmaka.

Daftar Pustaka

1. Sharifi-Rad M, Varoni EM, Salehi B, Martorell M, Sharifi-Rad J. Plants of the genus *Zingiber* as a source of bioactive compounds: Pharmacological and pharmaceutical applications. **Food Chem.** 2021;354:129489.
2. Behl T, Bungau S, Kumar K, Zengin G, Khan SA, Kumar A, et al. Phytochemical characterization and therapeutic potential of *Zingiber officinale*: An updated review. **Phytother Res.** 2022;36(10):3974–4002.
3. Batiha GE, Alkazmi LM, Wasef LG, Beshbishy AM, Nadwa EH, Rashwan EK, et al. *Zingiber officinale*: Comprehensive review of phytochemistry, pharmacological activities and pharmaceutical applications. **Front Pharmacol.** 2023;14:1187562.
4. Allen LV. **Ansel's Pharmaceutical Dosage Forms and Drug Delivery Systems.** 12th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer; 2023.
5. Taylor KMG, Aulton ME, editors. **Aulton's Pharmaceutics: The Design and Manufacture of Medicines.** 6th ed. Edinburgh: Elsevier; 2022.
6. Sheskey PJ, Cook WG, Cable CG, editors. **Handbook of Pharmaceutical Excipients.** 9th ed. London: Pharmaceutical Press; 2021.
7. Li Y, Zhang J, Wang X, Liu H, Zhao Y. Advances in natural polymer binders for pharmaceutical tablet formulations. **Pharmaceutics.** 2023;15(8):2054.
8. Ahmed TA, El-Say KM. Recent advances in pharmaceutical binder systems for oral solid dosage forms. **Int J Pharm.** 2022;620:121740.
9. Kumar R, Singh A, Sharma P. Influence of binder concentration on the mechanical properties of tablets prepared by wet granulation. **J Drug Deliv Sci Technol.** 2022;72:103456.
10. United States Pharmacopeia Convention. **United States Pharmacopeia and National Formulary (USP 47–NF 42).** Rockville (MD): USP Convention; 2024.
11. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. **Farmakope Herbal Indonesia.** Edisi II. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2022.
12. European Directorate for the Quality of Medicines & HealthCare (EDQM). **European Pharmacopoeia.** 11th ed. Strasbourg: Council of Europe; 2023.