

Karakteristik Fisik Beras Analog dari Jagung Berkadar Amilosa Sedang dengan Menggunakan Ulir Ekstruder Kecepatan Menengah

Physical Characteristic of Rice Analogous from Corn with Medium Amylose Content Made by Middle Speed of Screw Extruder

Faleh Setia Budi^{1,2)*}, Purwiyatno Hariyadi^{1,2)}, Slamet Budijanto^{1,2)}, Imam Perdana Putra¹⁾

¹⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University, Bogor

²⁾ South-East Asia Food & Agricultural Science and Technology (SEAFASST) Center, IPB University, Bogor

Abstract. *Indonesia has the highest rice consumption rate in the world, averaging 130 kg per capita per year. Despite government efforts to reduce this through food diversification programs, there has been little success. One approach to reducing rice consumption is to process non-rice ingredients into rice analogues that have similar characteristics to traditional rice. The amylose content of the ingredients plays a significant role in determining the physical properties of these rice analogues. Additionally, the screw speed of the extruder used in the production process also influences these physical characteristics. This study aimed to explore the impact of extruder screw speed and material amylose content on the physical properties of rice analogues. Local corn flour was mixed with high-amylose corn starch to create mixtures with amylose contents of 16.99, 19.35, 21.72, and 24.08%. The tested screw speeds were 100, 125, and 150 rpm. The evaluated physical characteristics included the hardness of the rice analogues, bulk density, cooked rice hardness, gumminess, and sensory properties of the cooked rice. The results showed that as amylose levels increased, the hardness of the rice analogues, cooked rice hardness, and gumminess also increased. Similarly, increasing the screw speed of the extruder led to higher cooked rice hardness, gumminess, and rice analogue hardness, but it decreased bulk density. The optimal extruder operating conditions were found to be an amylose content of 21.72% and a screw speed of 100 rpm, producing rice analogues with a hardness of 3610 g_f, a bulk density of 0.63 g/mL, a cooked rice hardness of 3200 g_f, and gumminess of 1200 g_f.*

Keywords: *amylose content, physical characteristic, rice analogous, speed of screw*

Abstrak. Indonesia merupakan negara dengan tingkat konsumsi beras tertinggi dunia (130 kg/kapita/tahun). Program diversifikasi pangan yang telah dilakukan oleh pemerintah untuk menurunkan tingkat konsumsi beras belum memberikan hasil yang diharapkan. Perlu dilakukan upaya untuk mengolah bahan non beras menjadi produk yang memiliki karakteristik seperti beras (beras analog). Kadar amilosa setiap bahan yang berbeda-beda berpengaruh terhadap sifat fisik beras analog. Parameter kecepatan ulir ekstruder juga berpengaruh terhadap karakteristik fisik beras analog yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang pengaruh kecepatan ulir ekstruder dan kadar amilosa bahan terhadap karakteristik fisik beras analog yang dihasilkan. Tepung jagung dicampur dengan pati jagung untuk mendapatkan bahan dengan kadar amilosa 16,99; 19,35; 21,72; dan 24,08%, sedangkan kecepatan ulir ditentukan 100, 125, dan 150 rpm. Karakteristik fisik yang diamati adalah kekerasan beras, densitas kamba beras, kekerasan dan daya kunyah nasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kadar amilosa bahan meningkatkan kekerasan beras, kekerasan nasi, dan daya kunyah nasi. Sementara itu kenaikan kecepatan ulir ekstruder yang digunakan juga meningkatkan kekerasan nasi, daya kunyah nasi, dan kekerasan beras, tetapi menurunkan densitas beras. Kondisi operasi ekstruder terbaik adalah kadar amilosa 21,72% dan kecepatan ulir 100 rpm yang menghasilkan karakteristik beras analog dengan kekerasan 3.610 g_f; densitas kamba 0,63 g/mL; kekerasan nasi 3.200 g_f dan daya kunyah 1.200 g_f.

Kata kunci: beras analog, kadar amilosa, karakteristik fisik, kecepatan ulir

Aplikasi Praktis: Hasil penelitian dapat diaplikasikan untuk memperoleh beras analog dari bahan tepung jagung dengan kadar amilosa 21,72% yang dibuat dengan menggunakan ekstruder ulir ganda dengan kecepatan putar ulir 100 rpm. Bahan sumber karbohidrat lain dengan kadar amilosa yang sama (21,72%) juga dapat menggunakan metode ini sehingga dapat menjadi alternatif penggunaan bahan non beras sebagai sumber karbohidrat. Jika kadar amilosa bahan rendah (jauh di bawah 21,72%), dapat ditambahkan bahan berkadar amilosa tinggi untuk meningkatkan kadar amilosanya dan sebaliknya jika kadar amilosa bahan tinggi (jauh di atas 21,72%) dapat dicampurkan bahan beramilosa rendah untuk menurunkan kadar amilosanya.

*Korespondensi: falehbu@apps.ipb.ac.id

PENDAHULUAN

Dewasa ini beras analog sudah cukup dikenal di Indonesia dan sudah diproduksi secara komersial. Beras analog yang dibuat dari sumber karbohidrat non beras diproduksi untuk mengatasi masalah kurangnya pasokan beras guna memenuhi konsumsi beras masyarakat Indonesia yang sangat tinggi. Beras analog yang telah dikomersialkan di Indonesia masih memiliki beberapa masalah terkait karakter fisik produk seperti memiliki sifat mudah pecah dan nasinya yang pera setelah ditanak (Budi *et al.* 2017), sehingga belum mampu menarik minat konsumen. Oleh sebab itu diperlukan teknologi proses yang potensial untuk menangani hal tersebut. Untuk dapat memperoleh karakter produk yang sesuai, diperlukan pengamatan terhadap beberapa faktor yang diduga memengaruhi karakter produk yaitu karakteristik bahan seperti komposisi zat yang terkandung dalam bahan, kadar air, ukuran bahan, dan zat yang ditambahkan. Kadar amilosa sebagai karakteristik bahan akan berpengaruh terhadap karakter fisik produk. Karakter fisik seperti tekstur, viskositas, dan stabilitas produk dipengaruhi secara nyata oleh kadar amilosa-amilopektin. Eliasson (2013) menyatakan bahwa rasio amilosa-amilopektin setiap pati berbeda-beda dan dapat memengaruhi perbedaan pada saat pengembangan pati (*swelling*) dalam proses pemasakan. Kandungan amilosa yang rendah menyebabkan suspensi pati membutuhkan waktu yang lama untuk mengalami proses retrogradasi sehingga produknya lebih rapuh tetapi lebih mengembang (Budi *et al.* 2017). Pengujian terhadap kadar amilosa, selain melihat pengaruhnya terhadap karakter produk, juga dapat dijadikan sebagai acuan untuk produksi beras analog dari bahan pangan sumber karbohidrat lainnya yang diketahui memiliki kandungan amilosa yang berbeda satu sama lain.

Faktor lain yang juga diduga berpengaruh yaitu parameter proses ekstrusi seperti suhu proses, kecepatan putar ulir, laju alir bahan, dan kecepatan pisau pemotong. Kedua faktor, yaitu karakteristik bahan dan parameter proses akan berpengaruh terhadap sifat fisik dan sensori dari produk akhir (Budi *et al.* 2015a). Kecepatan ulir yang tepat perlu dipertimbangkan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan karakter beras, karena menurut Roye *et al.* (2020), kecepatan ulir berpengaruh nyata terhadap proses ekstrusi dan produk akhir. Pada laju bahan masuk yang konstan, perlambatan kecepatan ulir yang berlebih menyebabkan turunnya kapasitas produksi dan meningkatnya waktu tinggal bahan di dalam *barrel* yang berdampak pada perubahan warna produk menjadi lebih gelap, serta kepadatan bahan yang tinggi yang akan meningkatkan densitas produk. Sebaliknya peningkatan kecepatan ulir yang berlebih akan menurunkan kepadatan bahan di dalam *barrel* sehingga akan menurunkan densitas kamba beras analog. Di samping itu, peningkatan kecepatan ulir yang berlebih juga akan meningkatkan laju alir bahan di dalam *barrel* dan panas friksi yang dapat mengakibatkan suhu produk di *die head* menjadi tinggi. Suhu bahan di *die head* yang tinggi (>100 °C) dapat

menyebabkan terjadinya *puffing* yang berdampak pada menurunnya densitas kamba beras analog (Sandrin *et al.* 2018). Kecepatan ulir di bawah 100 rpm merupakan kecepatan rendah, kecepatan ulir di atas 200 rpm merupakan kecepatan tinggi, sedangkan kecepatan 100–200 rpm dapat dikategorikan sebagai kecepatan sedang (Singh *et al.* 2017).

Pengamatan karakter fisik beras seperti kekerasan beras analog, densitas kamba beras analog, serta sifat penanakan dengan pengukuran kekerasan dan kemampuan pengunyahan nasi analog (beras analog pasca tanak) perlu diketahui. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan pengaruh konsentrasi amilosa dan kecepatan ulir terhadap karakter kekerasan, densitas kamba, kekerasan nasi dan, daya kunyah nasi dari produk beras analog.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tepung jagung, pati jagung, air, dan gliserol monostearat (GMS). Tepung jagung yang digunakan berukuran 40 mesh dan diperoleh dari PT Matahari Corn Mill, Kediri, Indonesia. Pati jagung yang digunakan diperoleh dari PT Anugerah, Tangerang, Indonesia. GMS diperoleh dari PT Tegar Inti Sentosa, Jakarta, Indonesia. Komposisi kimia dari bahan tepung jagung dan pati jagung yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia tepung jagung dan pati jagung

Parameter	Tepung Jagung	Pati Jagung
Kadar air (%)	9,53±0,04	12,04±0,05
Kadar abu (%)	0,67±0,01	0,09±0,01
Kadar lemak (%)	1,19±0,08	0,20±0,02
Kadar protein (%)	7,91±0,07	0,46±0,02
Kadar pati (%)	71,20±2,14	86,73±2,81
Kadar serat (%)	5,93±0,06	0,46±0,07
Kadar amilosa (%)	14,62±0,13	38,29±0,34

Keterangan: Sumber= Budi *et al.* (2015b)

Metode

Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah kadar amilosa bahan yang diperoleh melalui pencampuran tepung jagung dengan pati jagung dan kecepatan ulir ekstruder. Kadar amilosa bahan terdiri dari empat taraf, yaitu: 16,99; 19,35; 21,72; dan 24,08% dan diperoleh dengan mencampur tepung jagung dan pati jagung dalam perbandingan 90:10, 80:20, 70:30, dan 60:40 (b:b). Nilai level dari faktor kecepatan ulir yang digunakan adalah 100, 125, dan 150 rpm.

Campuran bahan baku tepung jagung dan pati jagung dengan kadar amilosa tertentu ditambahkan GMS sebanyak 2% (b:b) dari berat campuran tepung dan pati jagung. Air ditambahkan secara bertahap ke adonan sampai kadar airnya mencapai 40%. Setelah homogen adonan dibiarkan selama 2 jam dalam kemasan plastik. Selanjutnya adonan dimasukkan ke dalam *hopper* untuk diumpankan ke dalam ekstruder ulir ganda (Berto BEX-DS-2256 Tangerang, Indonesia). Setelah suhu *barrel* menca-

pai 90 °C dan kecepatan putar ulir 100, 125, dan 150 rpm, *auger* dioperasikan dengan kecepatan alir 26,4 kg basis kering/jam. Ekstrudat yang keluar dari *die* dipotong dengan pisau pada kecepatan putar tertentu. Setelah proses *steady* dan menghasilkan ekstrudat yang baik, produk diambil dan dikeringkan dengan *tray dryer* pada suhu media udara pengering 60 °C sampai kadar airnya di bawah 15%. Sampel ekstrudat yang sudah kering diukur sifat fisiknya. Setiap perlakuan diulang dua kali.

Pengukuran kekerasan beras

Kekerasan beras analog diukur dengan menggunakan instrumen *hardness tester* (Kiya Seisaku Shd Ltd, Kawagoe, Jepang) yang mengacu pada metode Andika *et al.* (2021). Pengukuran dilakukan setelah proses ekstrusi dan pengeringan beras analog. Sampel ditekan oleh alat dan nilai kekerasan akan terbaca sebagai besarnya gaya yang dibutuhkan untuk memecah beras. Pengukuran dilakukan sebanyak 30 kali untuk masing-masing perlakuan. Kemudian ditentukan rerata dan standar deviasi kekerasan beras.

Pengukuran densitas kamba

Densitas kamba ditentukan dengan membandingkan bobot sampel dalam suatu volume tertentu (Pokhrel *et al.* 2020). Sampel dimasukkan dalam gelas ukur dengan volume tertentu, yaitu 10 mL, kemudian ditepatkan hingga batas ukur sehingga volumenya tepat 10 mL. Gelas ukur yang telah berisi sampel kemudian diketuk-ketuk hingga tidak ada lagi rongga kemudian ditimbang bobotnya. Pengukuran dilakukan sebanyak empat kali ulangan, kemudian ditentukan rerata dan standar deviasinya (Persamaan (1)).

$$\text{Densitas kamba (g/mL)} = \frac{\text{bobot sampel (g)}}{\text{volume (mL)}} \dots\dots\dots (1)$$

Pengukuran kekerasan dan daya kunyah nasi (*Gumminess*)

Kekerasan dan daya kunyah nasi dievaluasi menggunakan *texture profile analyzer* (TA-XT2i, Stable Micro Systems, Surrey, Inggris) yang telah dilengkapi dengan *expert software* untuk mendapatkan data beberapa parameter sekaligus. Sampel nasi adalah hasil penanakan beras analog dengan *rice cooker* mini (500 mL) dan perbandingan beras analog:air panas 1:1 (b/b). Sampel 5 butir nasi diletakkan pada instrumen TPA dan ditekan sampai 80% penekanan dengan kecepatan *pretest* 5 mm/s, kecepatan uji 2 mm/s dan kecepatan *post test* 5 mm/s dengan dua kali penekanan (Zhuang *et al.* 2010). Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali ulangan. Data kekerasan didapat dari puncak kurva maksimum pada penekanan pertama, sedangkan daya kunyah untuk pangan semisolid merupakan data sekunder berupa hasil perkalian antara data kekerasan dan kohesivitas. Data kohesivitas didapat dari perbandingan luas di bawah kurva pada penekanan kedua dengan luas di bawah kurva penekanan pertama (Kramer dan Szczesniak 2014).

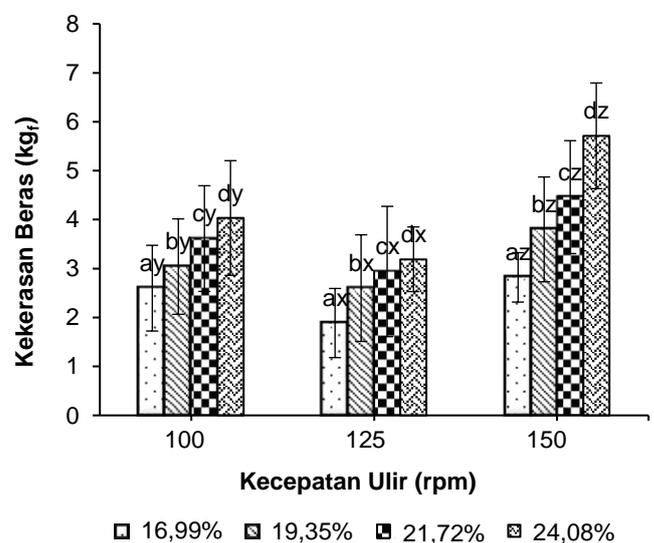
Analisis data

Analisis data dilakukan dengan mengolah data yang diperoleh melalui metode analisis sidik ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan menggunakan *software* SPSS (Versi 22.0; SPSS Inc. New York, US). Uji lanjut akan dilakukan apabila ditemukan pengaruh nyata (pada taraf kepercayaan 5%) yang diakibatkan oleh faktor perlakuan. Uji lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 5% untuk menentukan apakah terdapat perbedaan untuk tiap perlakuan dari faktor yang berpengaruh nyata tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekerasan beras analog

Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1, kekerasan beras berkisar antara 1 hingga 7 kgf. Hasil tersebut cukup rendah bila dibandingkan dengan beras padi yang dapat mencapai kekerasan 9,2 kgf. Hal ini dapat terjadi karena adanya penurunan nilai derajat kristalinitas dan pembentukan pori-pori pada beras analog yang berdampak pada menurunnya kekerasan beras analog (Budi *et al.* 2015b). Kecepatan ulir 150 rpm dan kadar amilosa 24,08% menghasilkan beras dengan kekerasan tertinggi, sedangkan kekerasan terendah diperoleh pada perlakuan kecepatan ulir 125 rpm dan kadar amilosa 16,99%. Gambar 1 menunjukkan bahwa peningkatan kadar amilosa akan meningkatkan kekerasan beras dengan hubungan yang tidak linier terhadap faktor kecepatan ulir.



Gambar 1. Hubungan kecepatan ulir dan kadar amilosa terhadap kekerasan beras analog. Huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Huruf a, b, c, dan d untuk faktor kadar amilosa dan huruf x, y, dan z untuk faktor kecepatan ulir

Analisis statistik uji sidik ragam pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan ulir, kadar amilosa, dan interaksi antara keduanya memberi-

kan pengaruh secara nyata terhadap kekerasan beras analog. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan ulir dari 100 rpm menjadi 150 rpm mampu meningkatkan kekerasan beras secara signifikan dari 2,60–4,03 menjadi 2,82–5,71 kgf, sedangkan pada kecepatan ulir 125 rpm justru terjadi penurunan kekerasan yang berbeda nyata dibandingkan kedua perlakuan kecepatan ulir lainnya yaitu pada rentang 1,89–3,19 kgf. Peningkatan kadar amilosa dari 16,99 menjadi 19,35%, 21,72 dan 24,08% berpengaruh secara nyata terhadap peningkatan kekerasan beras secara berurutan yaitu 1,89–2,82; 2,60–3,80; 2,94–4,46; 3,19–5,71 kgf.

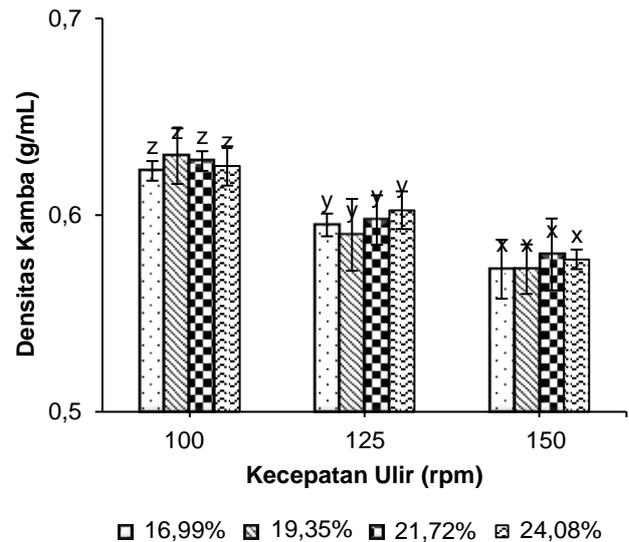
Menurut Pokhrel *et al.* (2020), sebagian komponen amilosa bahan akan berinteraksi dengan lipida membentuk senyawa kompleks amilosa-lipida, dan sebagian lainnya akan menjadi amilosa bebas yang dapat berinteraksi dengan amilopektin terdegradasi dan senyawa lain dalam beras analog yang dapat meningkatkan tingkat kekerasan beras analog. Penelitian yang dilakukan Budi *et al.* (2017) yang juga menggunakan sampel beras analog jagung dengan suhu ekstrusi 90 °C dan kecepatan ulir 75 rpm juga menunjukkan bahwa peningkatan kadar amilosa berkorelasi positif terhadap kekerasan beras, yaitu meningkatkan kekerasan dari 4,06–4,74 menjadi 4,91–8,20 kgf. Penelitian tersebut dilakukan pada kecepatan ulir 75 rpm, sehingga apabila dihubungkan dengan data penelitian ini menunjukkan bahwa kekerasan beras tersebut lebih tinggi daripada beras yang dibuat dengan kecepatan ulir 100, 125 dan 150 rpm. Gilang (2012) melaporkan bahwa kecepatan ulir berpengaruh secara nyata dalam meningkatkan kekerasan produk ekstrusi pada rentang kecepatan ulir 350–370 rpm. Berdasarkan uji korelasi, ditunjukkan bahwa faktor kecepatan ulir adalah faktor terpenting dalam penentuan tekstur dibandingkan dengan faktor tingkat substitusi gandum dan perlakuan *preconditioning*. Menurut Kantrong *et al.* (2018), peningkatan kecepatan ulir dapat meningkatkan pemecahan amilosa-amilopektin sehingga kekerasan beras analog dapat meningkat. Beras IR 64 yang berfungsi sebagai kontrol mempunyai kekerasan 4,21 kgf. Kondisi proses kecepatan ulir ekstruder dan kadar amilosa bahan yang menghasilkan beras analog dengan tingkat kekerasan yang mendekati beras IR 64 adalah kecepatan ulir 100 rpm dengan kadar amilosa 21,72 dan 24,08%, atau pada kecepatan ulir 150 rpm dengan kadar amilosa 19,35 dan 21,72%.

Densitas kamba beras

Densitas kamba beras analog dinyatakan dalam bobot beras per volume tertentu (dalam penelitian ini yaitu 10 mL). Densitas kamba menggambarkan kepadatan dari produk ekstrusi beras analog yang secara tidak langsung dapat menggambarkan struktur produk. Densitas kamba yang rendah umumnya memiliki volume rongga yang lebih besar dan dinding pembentuk rongga lebih tipis, sedangkan produk dengan densitas tinggi memiliki rongga yang lebih kecil dan dinding pembentuk rongga lebih tebal (Gilang 2012).

Hasil ANOVA pada taraf kepercayaan 5%, menunjukkan bahwa kecepatan ulir berpengaruh secara nyata

terhadap densitas kamba. Densitas kamba akan mengalami penurunan yang signifikan apabila kecepatan ulir dinaikkan. Tidak ada pengaruh yang signifikan dari kadar amilosa dan interaksi antara kadar amilosa dan kecepatan ulir. Terlihat pada Gambar 2, bahwa pada kecepatan ulir 100 rpm menghasilkan densitas kamba beras berada pada rentang 0,62–0,63 g/mL dan menurun menjadi 0,59–0,6 g/mL pada 125 rpm, kemudian menurun lagi menjadi 0,57–0,58 g/mL. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan ulir dari 100 menjadi 125 dan 150 rpm memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap densitas kamba beras analog.



Gambar 2. Grafik hubungan kecepatan ulir dan kadar amilosa terhadap densitas kamba beras analog. Huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Huruf x, y, dan z untuk faktor kecepatan ulir

Penelitian Budi *et al.* (2016) mengenai beras analog jagung dengan kecepatan ulir 75 rpm juga menunjukkan bahwa kadar amilosa tidak berpengaruh nyata terhadap densitas beras analog. Penelitian Gilang (2012) menunjukkan bahwa substitusi tepung gandum sebanyak 0, 5 dan 10% yang secara tidak langsung mengakibatkan perubahan kadar amilosanya, juga tidak berpengaruh secara nyata terhadap densitas produk ekstrusi. Begitu pula dengan penelitian Franciska *et al.* (2015) yang menunjukkan bahwa perubahan komposisi substitusi tepung *cassava* yang dapat meningkatkan kadar amilosa pada produk beras analog, tidak berpengaruh nyata terhadap densitas kamba produk akhir yaitu berkisar antara 0,6–0,64 g/mL.

Penelitian Budi *et al.* (2016) yang menggunakan bahan tepung jagung dengan ekstrusi pada kecepatan ulir 75 rpm dan suhu 90 °C menunjukkan densitas berkisar pada 0,65 g/mL. Apabila dibandingkan dengan data yang diperoleh pada penelitian ini, dapat menguatkan adanya kecenderungan penurunan densitas akibat peningkatan kecepatan ulir, tetapi Gilang (2012) menyatakan bahwa kecepatan ulir (sebesar 350, 360, dan 370 rpm) tidak memberikan pengaruh nyata terhadap densitas. Namun,

menurut Ozcan dan Ackson (2005), semakin tinggi kecepatan ulir akan meningkatkan gesekan dan memberikan energi pada bahan baku sehingga terjadi gelatinisasi. Kantrong *et al.* (2018) menyatakan bahwa tingkat gelatinisasi yang tinggi akan menyebabkan tingginya volume produk, karena densitas berbanding terbalik dengan volume sehingga peningkatan kecepatan ulir dapat menurunkan densitas. Pernyataan tersebut sesuai dengan data yang diperoleh pada penelitian ini.

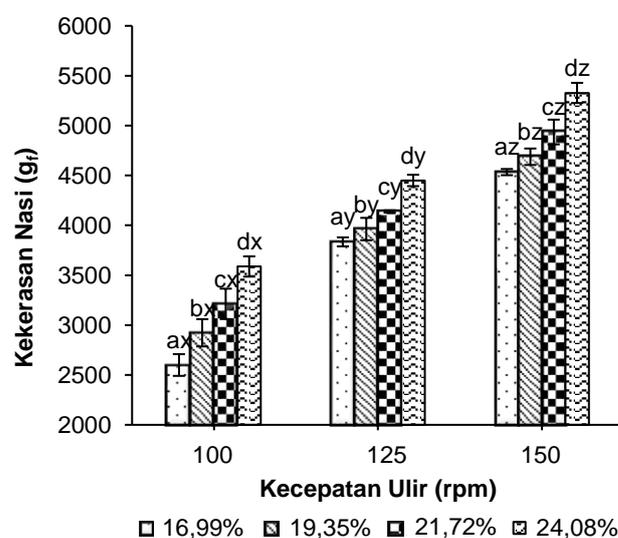
Beras IR 64 yang berfungsi sebagai kontrol memiliki densitas kamba sebesar 0,83 g/mL (Pokhrel *et al.* 2020). Kondisi proses kecepatan ulir ekstruder dan kadar amilosa bahan yang menghasilkan beras analog dengan densitas kamba yang mendekati Beras IR 64 adalah kecepatan ulir 100 rpm dengan kadar amilosa 16,99; 19,35; 21,72; dan 24,08%.

Kekerasan nasi

Kekerasan menunjukkan resistensi suatu produk terhadap deformasi yang diberikan. Gambar 3 yang menyatakan hubungan antara kadar amilosa dan kecepatan ulir terhadap kekerasan nasi, menunjukkan bahwa peningkatan kadar amilosa dapat meningkatkan kekerasan nasi. Begitu juga dengan peningkatan kecepatan ulir dapat meningkatkan kekerasan nasi, seperti yang terlihat pada nasi dengan kadar amilosa yang sama, yaitu pada 125 rpm (3.834–4.449 gr) lebih rendah kekerasannya daripada 150 rpm (4.533–5.327 gr) tetapi lebih keras daripada 100 rpm (2.599–3.587gr). Tabel 2 menunjukkan kadar amilosa beras di Indonesia dan tekstur yang dihasilkan. Peningkatan kadar amilosa akan membuat nasi semakin pera. Hasil tersebut sama seperti yang didapatkan pada penelitian ini yaitu terjadinya kecenderungan peningkatan kekerasan nasi akibat meningkatnya kadar amilosa bahan. Perlakuan kadar amilosa yang dilakukan, seluruhnya terletak pada rentang 20–25% yang seharusnya masih tergolong dalam nasi bertekstur pulen. Analisis statistik uji sidik ragam pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa kadar amilosa dan kecepatan ulir memberikan perbedaan nyata terhadap kekerasan nasi, tetapi interaksi antara keduanya tidak memberikan perbedaan nyata terhadap kekerasan nasi. Uji lanjut DMRT menunjukkan bahwa setiap peningkatan kadar amilosa dan kecepatan ulir memberikan perbedaan yang nyata terhadap kekerasan nasi analog. Kadar amilosa yang tinggi dapat meningkatkan interaksi antara molekul amilosa dengan komponen seperti protein dan lipida sehingga meningkatkan jaringan dan membuat produk menjadi lebih rigid/keras (Pokhrel *et al.* 2020). Peningkatan kadar amilosa dari 16,99 menjadi 24,08% dengan proses ekstrusi pada kecepatan ulir 75 rpm akan meningkatkan keke-

rasan nasi dari 1.305,30–1.996,40 menjadi 1.788,10–2.364,5 gr.

Data penelitian Budi *et al.* (2016) tersebut sekaligus memperkuat hasil penelitian ini, bahwa terdapat kecenderungan peningkatan kekerasan nasi akibat peningkatan kecepatan ulir. Gilang (2012) juga melaporkan bahwa semakin tinggi kecepatan ulir (dari 350 menjadi 370 rpm) menyebabkan tekstur yang semakin keras. Penelitian Muhandri *et al.* (2013) juga menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan ulir dari 10 Hz (60 rpm) menjadi 20 Hz (120 rpm) pada proses pembuatan mi sorgum kering akan meningkatkan kekerasan mi tersebut. Bouvier dan Campanella (2014) juga menyatakan bahwa peningkatan kecepatan ulir akan meningkatkan efek pemotongan dan penyusunan ulang molekul-molekul besar seperti karbohidrat dan protein, yang mengakibatkan kerusakan dan kehilangan sifat untuk mengembang atau memiliki dinding tebal sehingga tekstur menjadi lebih keras. Mojiono *et al.* (2016) menambahkan bahwa proses peningkatan kecepatan ulir secara simultan meningkatkan laju friksi, besarnya tekanan *shear*, dan meningkatnya intensitas proses pengadukan di dalam *barrel* ekstruder. Beras IR 64 yang berfungsi sebagai kontrol mempunyai kekerasan nasi 2.901 gr. Kondisi proses kecepatan ulir ekstruder dan kadar amilosa bahan yang menghasilkan beras analog dengan tingkat kekerasan nasi yang mendekati beras IR 64 adalah 100 rpm dengan kadar amilosa 19,35 dan 21,72%.



Gambar 3. Grafik hubungan kecepatan ulir dan kadar amilosa terhadap kekerasan nasi analog. Huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Huruf a, b, c, d untuk faktor kadar amilosa dan huruf x, y, z untuk faktor kecepatan ulir

Tabel 2. Kadar amilosa beberapa varietas beras di Indonesia dan tekstur nasinya

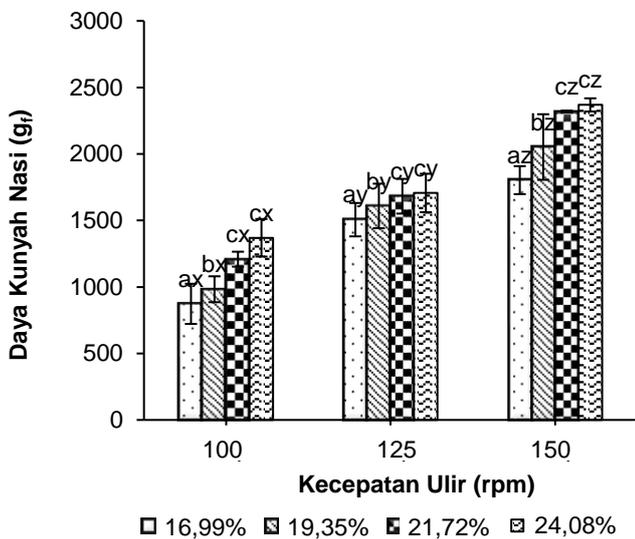
Kadar Amilosa (%)	Tekstur Nasi	Varietas
9–20	Pulen	Bengawan Solo, Tukad Petanu, Sentani, Sintanur, Membramo, Cilosari, Cisadane
20–25	Sedang	Bondoyudo, Pandanwangi, Rojolele, IR64, Cibodas, Maros, Way Apo Buru, Ciherang, Ciliwung
25–33	Pera	IR68, Batang Anai, Digul, Dei Ratih, IR36, Cisokan

Keterangan: Sumber= Luna *et al.* (2015)

Daya kunyah nasi

Daya kunyah merupakan kemampuan/gaya yang dibutuhkan untuk mengunyah produk pangan. Pada penelitian ini, daya kunyah nasi juga diperoleh dengan menggunakan *texture profile analyzer* (TPA), karena pengukuran dengan TPA dapat memberikan data untuk beberapa parameter sekaligus. Menurut Kramer dan Szczesniak (2014), daya kunyah pada produk pangan semi solid hanya dapat ditentukan dari *gumminess*.

Gambar 4 yang menyatakan hubungan antara daya kunyah nasi dengan kadar amilosa dan kecepatan ulir, menunjukkan bahwa peningkatan kadar amilosa akan meningkatkan daya kunyah nasi. Begitu juga untuk peningkatan faktor kecepatan ulir dapat meningkatkan daya kunyah nasi. Pada kecepatan ulir 100 rpm (872,87–1.369,50 gr) dan 150 rpm (1.803–2.368 gr), perbedaan daya kunyah nasi antar perlakuan kadar amilosa menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan, namun pada kecepatan ulir 125 rpm (1.550–1.706 gr) perbedaannya tidak nyata kedua kecepatan ulir tadi.



Gambar 4. Grafik hubungan kecepatan ulir dan kadar amilosa terhadap daya kunyah nasi analog. Huruf yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata. Huruf a, b, c untuk kadar amilosa dan huruf x, y, z untuk kecepatan ulir

Analisis statistik uji sidik ragam pada taraf kepercayaan 5% menunjukkan bahwa kecepatan ulir dan kadar amilosa memberikan perbedaan nyata terhadap daya kunyah nasi, tetapi interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap daya kunyah nasi. Uji lanjut DMRT menunjukkan perlakuan peningkatan kadar amilosa dari 16,99 menjadi 19,35 dan 21,72% memberikan perbedaan nyata terhadap daya kunyah, tetapi untuk perlakuan 24,08% tidak berbeda nyata dengan perlakuan 21,72%. Pada perlakuan kecepatan ulir, peningkatan dari 100 menjadi 125 dan 150 rpm memberikan perbedaan yang nyata terhadap daya kunyah nasi.

Peningkatan kadar amilosa dari 16,99 menjadi 24,08% pada ekstrusi dengan kecepatan ulir 75 rpm dapat meningkatkan daya kunyah nasi dari 549–1.025 gr men-

jadi 728–1.177 gr (Budi *et al.* 2016). Data tersebut juga memperkuat hasil penelitian ini, bahwa terdapat kecenderungan peningkatan daya kunyah nasi analog akibat peningkatan kecepatan ulir. Namun hasil yang berbeda ditemukan pada penelitian Muhandri *et al.* (2013), yang menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh nyata akibat perubahan kecepatan ulir (10–20 Hz/60–120 rpm) terhadap daya kunyah mi. Hal ini mungkin terjadi karena daya kunyah diperoleh dari perkalian antara kekerasan dan kohesivitas, yang artinya daya kunyah juga dipengaruhi oleh kekerasan. Kramer dan Szczesniak (2014) membagi parameter tekstur menjadi *initial mechanical texture* (*hardness, brittleness, viscosity*) dan *masticatory mechanical texture* (*gumminess, chewiness, adhesiveness*). *Initial mechanical texture* adalah parameter yang dipersepsikan pada gigitan pertama produk dan dikategorikan sebagai atribut tekstur primer, sedangkan *masticatory mechanical texture* adalah parameter yang dipersepsikan selama proses pengunyahan yang dikategorikan sebagai atribut tekstur sekunder yang dipengaruhi oleh beberapa atribut tekstur primer. Hal ini menjelaskan bila peningkatan kadar amilosa dan kecepatan ulir mampu meningkatkan kekerasan nasi, maka juga memungkinkan daya kunyah yang diperlukan menjadi lebih tinggi. Beras IR 64 yang berfungsi sebagai kontrol mempunyai daya kunyah nasi sebesar 1.497 gr. Kondisi proses kecepatan ulir ekstruder dan kadar amilosa bahan yang menghasilkan beras analog dengan tingkat daya kunyah nasi yang mendekati beras IR 64 adalah 100 rpm dengan kadar amilosa 21,72 dan 24,08%, serta 125 rpm pada semua perlakuan kadar amilosa.

Penentuan kondisi operasi ekstruder yang terbaik dilakukan dengan analisis data hasil penelitian yang meliputi parameter kekerasan, densitas kamba, kekerasan nasi, dan daya kunyah nasi yang dibandingkan dengan kontrol Beras IR 64. Parameter penelitian yang dapat digunakan untuk menentukan kadar amilosa bahan terbaik adalah daya kunyah nasi. Berdasarkan data parameter daya kunyah nasi, daya kunyah nasi maksimum dicapai pada kadar amilosa bahan 21,72%. Pada data parameter kekerasan, densitas kamba, dan kekerasan nasi tidak ditemukan nilai maksimum sehingga dilakukan perbandingan dengan kontrol (beras IR 64) untuk menentukan kecepatan ulir ekstruder yang terbaik. Kecepatan ulir ekstruder yang dapat menghasilkan beras analog dengan kekerasan, densitas kamba, kekerasan nasi yang mendekati kontrol adalah 100 rpm. Beras analog yang dihasilkan dengan kadar amilosa 21,72% dan kecepatan ulir 100 rpm memiliki kekerasan 3.610 gr; densitas kamba 0,63 g/mL; kekerasan nasi 3.200 gr dan daya kunyah 1.200 gr.

KESIMPULAN

Hasil analisis data menunjukkan bahwa peningkatan kadar amilosa dari 16,99 menjadi 24,08% berpengaruh nyata terhadap peningkatan kekerasan beras, kekerasan dan daya kunyah nasi (beras analog tanak), tetapi tidak berpengaruh secara nyata terhadap densitas beras. Keke-

rasan beras analog meningkat dari 1.890–2.820 menjadi 3.190–5.710 gr, kekerasan beras analog tanak meningkat dari 2.600–4.530 menjadi 3.590–5.330 gr, dan daya kunyah beras analog tanak meningkat dari 870–1.800 gr menjadi 1.370–2.370 gr. Peningkatan kecepatan ulir dari 100–150 rpm memberi pengaruh pada peningkatan kekerasan dan daya kunyah beras analog tanak dari 2.600–3.590 menjadi 4.530–5.330 gr dan dari 870–1.370 menjadi 1.800–2.370 gr. Pada parameter kekerasan beras analog juga cenderung terjadi peningkatan dari 2.600–4.000 menjadi 2.820–5.710 gr, tetapi menurunkan densitas beras analog dari 0,6225–0,6250 menjadi 0,5725–0,5775 g/mL. Kondisi operasi ekstruder terbaik adalah kadar amilosa 21,72% dan kecepatan ulir 100 rpm yang menghasilkan beras analog dengan kekerasan 3.610 gr; densitas kamba 0,63 g/mL; kekerasan nasi 3.200 gr dan daya kunyah 1.200 gr.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika A, Kusnandar F, Budijanto S. 2021. Karakteristik fisikokimia dan sensori beras analog multigrain berprotein tinggi. *J Teknol Industri Pangan* 32(1): 60–71. DOI: 10.6066/jtip.2021.32.1.60.
- Bouvier JM, Campanella OH. 2014. *Extrusion Processing Technology*. 1st ed. West Sussex (UK): John Wiley & Sons, Ltd. DOI: 10.1002/9781118541685.
- Budi FS, Hariyadi P, Budijanto S, Syah D. 2015a. Effect of dough moisture content and extrusion temperature on degree of gelatinization and crystallinity of rice analogues. *J Dev Sus Agr* 10(2): 91–100. DOI: 10.11178/jdsa.10.91.
- Budi FS, Hariyadi P, Budijanto S, Syah D. 2015b. Effect of extrusion temperature and moisture content of corn flour on crystallinity and hardness of rice analogues. *AIP Conference Proceeding Vol. 1699*. International Conference of Chemical and Material Engineering (ICCME) 2015, Sept 29-30, Semarang, Indonesia. Semarang (ID): AIP Publishing LLC. DOI: 10.1063/1.4938286.
- Budi FS, Hariyadi P, Budijanto S, Syah D. 2016. Peran Reologi Adonan di *Die Head* Ekstruder, Derajat Gelatinisasi dan Kristalinitas Beras Analog pada Karakteristik Fisiknya. [Disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Budi FS, Hariyadi P, Budijanto S, Syah D. 2017. Kristalinitas dan kekerasan beras analog yang dihasilkan dari proses ekstrusi panas tepung jagung. *J Teknol Industri Pangan* 28(1): 46–54. DOI: 10.6066/jtip.2017.28.1.46.
- Eliasson AC. 2013. *Carbohydrates in Food* (3rd ed.). Boca Raton (US): CRC Press.
- Franciska CY, Tamrin, Waluyo S, Warji. 2015. Pembuatan dan uji karakteristik fisik beras analog dengan bahan baku tepung *cassava* yang diperkaya dengan protein ikan tuna. *Artikel Ilmiah Teknik Pertanian Lampung* 4(2): 39–44.
- Gilang. 2012. *Mempelajari Pengaruh Pre-Conditioner, Kecepatan Ulir dan Substitusi Gandum Utuh terhadap Ekstrusi*. [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Kantrong H, Charunuch C, Limsangouan N, Pengpinit W. 2018. Influence of process parameters on physical properties and specific mechanical energy of healthy mushroom-rice snacks and optimization of extrusion process parameters using response surface methodology. *J Food Sci Technol* 55(9): 3462–3472. DOI: 10.1007/s13197-018-3271-2.
- Kramer A, Szczesniak AS. 2014. *Texture Measurement of Foods*. Dordrecht (NL): Springer. DOI: 10.1007/978-94-010-2562-1.
- Luna P, Herawati H, Widowati S, Prianto AB. 2015. Pengaruh kandungan amilosa terhadap karakteristik fisik dan organoleptik nasi instan. *J Penelitian Pascapanen Pertanian* 12(1): 1–10.
- Mojiono, Nurtama B, Budijanto S. 2016. Pengembangan mi bebas gluten dengan teknologi ekstrusi. *Pangan* 25(2): 125–136.
- Muhandri T, Subarna, Mustakim I. 2013. Optimasi proses pembuatan mi sorgum dengan menggunakan ekstruder ulir ganda. *J Sains Terapan* 3(1): 1–8. DOI: 10.29244/jstsv.3.1.1-7.
- Ozcan S, Jackson DS. 2005. Functionality behavior of raw and extruded corn starch mixtures. *Cereal Chem* 82(2): 223–227. DOI: 10.1094/CC-82-0223.
- Pokhrel A, Dhakal A, Sharma S, Poudel A. 2020. Evaluation of physicochemical and cooking characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) Landraces of Lamjung and Tanahun Districts, Nepal. *Int J Food Sci* 2020(1): 1589150. DOI: 10.1155/2020/1589150.
- Roye C, Chanvrier H, Henrion M, Roeck KD, Bondt YD, Liberloo I, King R, Courtin CM. 2020. Single-pass, double-pass and acid twin-screw extrusion-cooking impact physicochemical and nutrition-related properties of wheat bran. *Innov Food Sci Emerg Technol* 66: 102520. DOI: 10.1016/j.ifset.2020.102520.
- Sandrin R, Caon T, Zibetti AW, de Francisco A. 2018. Effect of extrusion temperature and screw speed on properties of oat and rice flour extrudates. *J Sci Food Agric* 98(9): 3427–3436. DOI: 10.1002/jsfa.8855.
- Singh B, Sharma C, Sharma S. 2017. Fundamentals of extrusion processing. In: Nanda V, Sharma S (editor). *Novel Food Processing Technologies*. New Delhi (IN): New India Publishing Agency.
- Zhuang H, An H, Chen H, Xie Z, Zhao J, Xu X, Jin Z. 2010. Effect of extrusion parameters on physicochemical properties of hybrid Indica Rice (Type 9718) extrudates. *J Food Process Pres* 34(6): 1080–1102. DOI: 10.1111/j.1745-4549.2009.00439.x.