

**RE KAYASA MESIN PENCETAK BUTIR BERAS SIMULASI  
DARI MATERI TANAMAN HUTAN  
(*Simulated Rice Grain (SRG) Forming Machine Made From Forest  
Intercropping Plant Flour as Raw Material*)**

**Iyus Hendrawan<sup>1</sup>, Sutrisno<sup>2</sup>, Purwiyatno Hariyadi<sup>2</sup>, Y.Aris Purwanto<sup>2</sup>,  
Rokhani Hasbullah<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Prodi Teknik Mesin, Institut Teknologi Indonesia  
Jl. Raya Puspiptek - Serpong, Tangerang Banten 15320 Telepon/Fax: (021) 7561102

<sup>2</sup>Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor  
Kampus IPB Dramaga PO. Box 220 Bogor 16002 Telp/Fax. (0251) 8624947  
E-mail: iyushendrawan@yahoo.com

Diterima 11 Januari 2015, Direvisi 1 Juni 2015, Disetujui 18 Juni 2015

**ABSTRACT**

*Indonesia is rich of non-rice carbohydrate source including forest intercropping plants. Simulated Rice Grain (SRG) was made from non-rice carbohydrate sources which had close characteristic to the physicochemical properties of flour and Ciherang grain variety. This paper studies the machine design of Stimulated Rice Grain (SRG) made of non-rice carbohydrate from forest intercropping plant. SRG forming machine design is approached through the design criteria, design analysis, functional design and manufacturing processes, while SRG forming machine was tested using mixed material made from 30% of arrowroot starch, 42% of benengtaro flour and 28% of sorghum. The specification of SRG forming machine is 6.8 x 2.2 x 5.06 mm for die space dimension, 1.9–2.3 for pressure ratio, 600 N for pressure force, 70° for angle of repose, 0–5000 microseconds for space time length, capacity of 900 grain per hour and 25-80 °C for die space temperature regulator. It resulted SRG with length of 7.1 mm, thickness of 2.8 mm, slightly rounded shape, grain firmness of 0.1-2 N, rice grain density of 620-770 kg/m<sup>3</sup> and grain weight of weight grain 17.5-29 g per 1000 grains.*

*Keywords: Non-rice carbohydrate source, simulated rice grain, SRG forming machine, design*

**ABSTRAK**

Indonesia kaya akan aneka sumber karbohidrat non-beras, termasuk di dalamnya tumpang sari tanaman hutan. Bulir beras simulasi (*Simulated Rice Grain/SRG*) dibuat dari bahan tepung aneka sumber karbohidrat non-beras dengan pendekatan sifat fisika kimia tepung dan bulir beras varietas Ciherang. Tulisan ini mempelajari rancang bangun mesin pencetak SRG berbahan baku campuran tepung hasil tumpang sari tanaman hutan. Perancangan mesin pencetak SRG didekati melalui kriteria perancangan, analisa desain, desain fungsional dan proses manufaktur, mesin ini diuji coba dengan menggunakan bahan campuran terbuat 30% pati garut, 42 % tepung tales beneng dan 28% tepung sorgum. Hasil rekayasa mesin pencetak SRG mempunyai dimensi ruang pencetak 6,8 x 2,2 x 5,06 mm, rasio pemampatan 1,9-2,3, kekuatan tekan 600 N. Sudut luncur pengumpan 70°, lama tekan pencetakan 0-5000 mikrodetik, kapasitas 900 bulir per jam dan temperatur bantalan ruang cetak 25-80 °C. Pengujian mesin pencetak menghasilkan bulir SRG dengan panjang 7,1 mm, tebal 2,8 mm, bentuk agak bulat, kekerasan bulir 0,1-2 N, massa jenis SRG 620-770 kg/m<sup>3</sup> dan bobot 17,5-29 g per 1000 butir.

Kata kunci : Aneka sumber karbohidrat non-beras, bulir beras simulasi, mesin pencetak SRG, desain

## I. PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai potensi yang besar baik dari segi jumlah maupun penyebaran aneka sumber karbohidrat, seperti singkong, garut, ganyong, sukun, ubi jalar, jagung, talas, gembili, suweg, gadung, huwi sawu, kimpul, kentang jawa dan sagu. Dengan potensi 52 juta ha hutan yang dikelola untuk menghasilkan kayu juga dapat dihasilkan 1560 juta ton/tahun bahan pangan (Suhardi, Sabarnurdi, Soedjoko, Dwidjono, Minarningsih & Widodo, 1999) dengan keragaman 77 jenis pangan sumber karbohidrat dan 26 jenis kacang-kacangan (Kuswiyati, Djanuardi, Syaefulah, 1999). Sejak tahun 1998 sampai dengan tahun 2010 sektor kehutanan memasok pangan dari areal seluas 16 juta hektar atau 6,3 juta ha/tahun, dimana pola tumpang sari di sela pohon mampu menghasilkan 9,4 juta ton per tahun mulai dari padi, jagung sampai kedelai (Hamzirwan, 2011). Aneka sumber karbohidrat mempunyai komponen dasar yang sama dengan beras, oleh karena itu, aneka sumber karbohidrat mempunyai prospek untuk dapat menyusun pangan alternatif pengganti beras, yang mempunyai sifat fisiko kimia seperti beras.

Kecenderungan menurunnya konsumsi beras per kapita dan meningkatnya konsumsi bahan makanan impor seperti terigu serta naiknya konsumsi ubi-ubian menunjukkan bahwa diversifikasi pangan pada masyarakat sudah berjalan (Rangkuti, 2009). Program pengembangan substitusi beras penting dilakukan untuk memperoleh bahan dengan sifat fisikokimia dan bentuk yang seperti beras mengingat ditinjau dari sudut pandang budaya masyarakat di Indonesia, pengertian makan diinterpretasikan sebagai makan nasi yang berasal dari beras (Haryadi, 2008).

Beras artifisial yang menyerupai beras telah diproduksi dari berbagai sumber tepung dengan introduksi penambahan nutrien dan *flavor* yang tidak terdapat pada beras (Kurachi, 1995). Bulir menyerupai beras yang dikenal dengan *simulated rice grain* telah dilakukan dengan penambahan bahan fortifikasi *Ferrous sulfate heptahydrate* (FSH) melalui proses ekstrusi (Kapanidis & Lee, 1996), sementara pendekatan optimasi penyusunan formula untuk bahan bulir beras SRG yang mempunyai sifat fisiko kimia beras telah dibuat dari pati garut, tepung talas dan tepung sorgum

(Hendrawan, Sutrisno, Heriyadi, Purwanto, & Hasbullah, 2014).

Teknologi ekstrusi dalam pembentukan bulir menyerupai beras telah dilakukan dengan bahan tepung beras (Mishra, Mishra & Rao, 2012). Proses ekstrusi dalam pembuatan beras analog dengan komposisi tepung jagung 70% dan pati 30% telah memberikan hal yang positif (Budi, Hari, Yadi, Budiyanto, & Syah, 2013). Pembentukan granular butiran beras artifisial optimal dilakukan dengan menggunakan *twin screw* dengan putaran 168, temperatur screw 95 °C, konsentrasi GMS 2% dan kombinasi *steaming* selama 5 menit (Herawati, Kusnandar, Adawiyah, & Budiyanto, 2013) dan menurut Hagenimana, Ding, & Fang, (2006) daya serap air granular dipengaruhi oleh kecepatan *screw*, temperatur *screw* dan kadar air pada saat pembentukan granular menggunakan *double screw*. Pembentukan bulir dalam menghasilkan beras artifisial telah dilakukan dengan menggunakan *roll-type* granulator (Kurachi, 1995). Teknologi pencetak bulir yang telah dibuat menggunakan proses panas atau bahan baku yang diberikan perlakuan panas terlebih dahulu, sehingga perlu dikembangkan pencetak bulir yang berbasis tepung tanpa perlakuan panas baik pada proses pencetakan ataupun penyiapan bahan baku sebelum dilakukan pencetakan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun mesin pencetak bulir beras SRG dengan bahan campuran hasil tumpang sari tanaman hutan.

## II. BAHAN DAN METODE

### A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan selama 9 bulan terhitung dari bulan Maret 2013 sampai dengan bulan November 2013 di Laboratorium Analisis Pangan, Departemen Ilmu dan Teknologi Pangan, Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor (IPB) dan di Laboratorium Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca panen-Kementan-RI. Penelitian ini dilakukan melalui tahapan: 1) mengukur sifat fisik tepung dan bulir beras varietas Ciherang dan tepung aneka sumber karbohidrat non beras; 2) merancang bangun mesin pencetak SRG, dan 3) menguji mesin pencetak bulir beras SRG.

## B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam proses perancangan antara lain perlengkapan pengelasan, mesin bubut, bor, gerinda, gergaji serta peralatan bengkel, serta sistim kontrol yang dilengkapi dengan *mikroprocessor* AT Mega 256. Bahan yang digunakan adalah bahan besi baja, stainless steel, besi plat dan kawat las.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari pati garut (*Maranta arundinacea L inn*), pati ganyong (*Canna edulis Ker.*), pati sagu (*Metroxylon sagu Rottb.*), pati aren (*Arenga pinnata Merr*), tepung tales beneng (*Coloasia esculanta (L.) Schott*), tepung ubi jalar putih (*Ipomoea batatas Poir*), tepung tapioka (*Manihot utilissima Pohl.*), tepung jagung putih (*Zea mays L.*), tepung sorgum (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) varietas Numbu dan tepung sukun (*Artocarpus communis Forst*), campuran bahan bulir beras SRG yang terdiri dari 30% pati garut, 42% tepung tales beneng dan 28% tepung sorgum (Hendrawan et al., 2015) dan beras (*Oryza sativa L.*) varietas Ciherang. Semua bahan dalam bentuk tepung diayak dengan menggunakan ayakan berukuran 120 mesh.

Karakteristik/ sifat fisik beras dan bulir SRG yang diukur adalah dimensi bulir, densitas kamba,

kekerasan bulir. Untuk tepung/ pati, tepung beras Ciherang dan bahan SRG, diukur sudut luncur, massa jenis kamba (Hartoyo & Sunandar, 2006).

## C. Pendekatan Teknis Rancangan Mesin Pencetak SRG

### 1. Kriteria perancangan

Kriteria perancangan mesin pencetak SRG antara lain: a) alat pencetak mampu menghasilkan bulir seperti beras baik dari segi dimensi, massa jenis dan kekuatan, b) campuran bahan berbentuk tepung mampu mensuplai dan mengumpan dengan lancar pada lubang pencetakan, c) bulir mampu bergulir melalui lubang keluaran setelah proses pencetakan bahan selesai, d) mesin pencetak mempunyai pengatur lama tekan, e) mesin pencetak dilengkapi pemanas pada bantalan ruang cetak dengan temperatur yang dapat diatur.

### 2. Parameter dan model matematis untuk analisis

Perancangan mesin pencetak SRG dilakukan melalui pendekatan pembuatan tablet dengan memperhatikan parameter-parameter seperti pada Tabel 1 dan dengan model matematis persamaan (1) sampai dengan persamaan (9). Hasil analisis desain disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 1. Parameter-parameter yang diformulasikan**

**Table 1. Formulated parameters**

No.	Parameter ( <i>Parameter</i> )	Simbol ( <i>Unit</i> )
1.	Massa jenis bahan a,b,c, gabungan ( <i>Density of a,b,c, mixed materials</i> )	$\rho, \rho, \rho, \rho$
2.	Kadar air bahan a,b,c, gabungan ( <i>Moisture content of a,b,c, mixed materials</i> )	$K_{aa}, K_{ab}, K_{ac}, K_{ag}$
3.	Volume gabungan bahan, 1 bahan bulir, 1 granular ( <i>Mixed material volume, Material volume (1 grain), Volume of 1 granular</i> )	$V_g, V_{1g}, V_{1b}$
4.	Massa granular ( <i>Mass of granular</i> )	$M_g$
5.	Jumlah granular ( <i>Number of granular</i> )	$J_b$
6.	Perbandingan volume ( <i>Comparison volume</i> )	$Comp$
7.	Kapasitas ( <i>Capacity</i> )	$K_{ap}$
8.	Angle of repose bahana,g ( <i>Angle of repose of the material, grain</i> )	$A_b, A_g$

$$K_{ag} = \frac{K_{aa} m_a + K_{ab} m_b + K_{ac} m_c}{m_a + m_b + m_c} \dots\dots\dots 1)$$

$$\rho_g = \frac{\rho_a m_a + \rho_b m_b + \rho_c m_c}{m_a + m_b + m_c} \dots\dots\dots 2)$$

$$m_g = m_a + m_b + m_c \dots\dots\dots 3)$$

$$V_g = \frac{m_g (1-l_t)}{\rho_g} \dots\dots\dots 4)$$

$$J_b = \frac{m_g (1-l_t)}{m_{1g}} \dots\dots\dots 5)$$

$$V_{1g} = \frac{V_g}{J_b} \dots\dots\dots 6)$$

$$V_{1b} = \frac{4}{3} \pi (l_a^2) \cdot (l_b) \dots\dots\dots 7)$$

$$comp = \frac{V_{1b}}{V_{1g}} \dots\dots\dots 8)$$

$$kap = (rpm) J_p J_h \cdot (60) \dots\dots\dots 9$$

3. Desain fungsional mesin pencetak SRG

Sesuai dengan kriteria mesin pencetak SRG dan hasil analisis desain, maka diperoleh bagian-bagian yang mempunyai fungsi untuk mendukung dihasilkannya bulir beras simulasi. Fungsi dari bagian tersebut adalah 1) frame atau rangka berfungsi sebagai landasan untuk meletakkan unit press dan menahan seluruh komponen mesin, 2) *Press unit assy* merupakan bagian utama dari mesin pencetak bulir simulasi yang berfungsi dalam proses pencetakan bulir, 3) *cylinder* berfungsi sebagai tenaga utama untuk mendorong *punch* pada unit press assy, 4) *hopper assy* berfungsi untuk meletakkan dan mensuplai campuran tepung pada bagian die pada bushing, 5) *control box* berfungsi untuk meletakkan panel- panel sistem elektrik, pada bagian ini diletakkan saklan *power*, saklar *on/ off*,

lampu power, lampu *on/ off* dan saklar darurat. Saklar darurat dipergunakan untuk memutus aliran listrik ke sistem mesin pencetak bulir beras simulasi dengan cepat pada keadaan darurat terjadi saat mesin sedang dioperasikan, 6) *air service unit* berfungsi untuk mengatur udara sehingga dapat memberikan tekanan yang berbeda-beda pada unit silinder, 7) *unit kompressor* berfungsi untuk menyediakan sumber tenaga fluida yang akan disuplai pada air service unit, dan 8) *cover* berfungsi untuk menutup bagian frame.

4. Manufaktur mesin pencetak SRG

Proses manufaktur mesin pencetak SRG didasarkan pada hasil analisis desain yang telah dilakukan (Tabel 2), agar proses manufaktur menghasilkan mesin sesuai dengan fungsinya dan tujuan mesin ini dibuat maka dilakukan tahapan

**Tabel 2. Hasil analisis untuk rancang bangun mesin pencetak bulir beras simulasi**  
*Table 2. Parameters used to design SRG forming machine*

No.	Yang dianalisis (Parameters)	Hasil analisa (Calculated result)	Keterangan perhitungan (Remarks calculation)	Persamaan yang digunakan (Equation number)
1.	Kadar air total (Total moisture content)	12 %	$K_{aa}=K_{ab}=K_{ac}=12$ persen(percent), $m_a=m_b=m_c=10$ kg	(1)
2.	Massa jenis campuran (Weight of mixed material)	1300 kg/m <sup>3</sup>	$\rho_a=1200$ kg/m <sup>3</sup> , $\rho_b=1200$ kg/m <sup>3</sup> , $\rho_c=1200$ kg/m <sup>3</sup> ,	(2)
3.	Massa gabungan (Weight of mixed material)	30 kg		(3)
4.	Volume bahan yang telah dicampur untuk di tekan (Volume of mixed material to be pressed)	0,022165 m <sup>3</sup>	Asumsi tercecce 2% (Losses uns 2% (assumption))	(4)
5.	Jumlah bulir dari bahan campuran (Number of grains of mixed material)	1225000 Bulir (grain)	$m_g1=0,024$ g	(5)
6.	Volume bahan baku untuk 1 bulir/granular (Volume of raw material for 1 grain/ granular)	0,01846 cm <sup>3</sup>		(6)
7.	Volume 1 bulir beras simulasi (Volume simulated rice grain per 1 grain)	0,012571 cm <sup>3</sup>	$a=1$ mm ( 0,5 x lebar beras (rice width), $b=3$ mm (0,5 x panjang beras)(rice length)	(7)
8.	Pemadatan antara volume bahan menjadi volume 1 bulir (Compression ratio)	1,468		(8)
9.	Kapasitas Mesin Pencetak bulir beras simulasi (Capacity of SRG molding machine)	2400 bulir (grains)	$J_p=1, J_h=1$	(9)
10.	Angle of Repose untuk bahan campuran dan bulir (Angle of repose of mixed material and grain)		Sudut curah dari bahan yang digunakan (Angle of repose of used material)	
11.	Diamater Bulir (Grain diameter)	2 mm	Tebal beras ukuran sedang (Rice width uns moderate)	
12.	Panjang Bulir (Length diameter)	6 mm	Panjang beras ukuran sedang (Rice length uns moderate)	
13.	Frekuensi tekan (Pressure frequency)	40 per menit (per minute)		
14.	Jumlah penekan (Number of pressure)	1		
15.	Jumlah hopper (Number of hopper)	1		

berikut ini, 1) rangka dipasang dengan memperhatikan titik keseimbangan, 2) pada saat assembling antar sambungan di las menggunakan argon, serta disiapkan lubang untuk pemasangan skrup untuk memasang bagian-bagian lainnya agar dipasang dengan presisi yang tinggi, 3) semua komponen terpasang dengan baik dan memperhatikan garis porosnya.

Pada proses manufaktur mesin pencetak SRG terdiri dari delapan bagian utama (Lampiran 1), yang dijelaskan berikut ini. 1) Rangka atau frame berdimensi 930 mm x 500 mm x 500 mm terbuat dari SS41, antar sambungan akan di las dengan argon. Pada landasan dimana unit press diletakkan diperlukan ketelitian dalam proses pengeboran yang akan dipasang dengan menggunakan baur dan mur. 2) *Press unit assy* adalah bagian utama yang memerlukan ketelitian tinggi dan terpasang dalam poros yang tepat. Unit ini terdiri dari 34 bagian. Dalam penelitian ini yang divariasikan adalah bagian *die* pada *punch* dan *die* pada *bushing* dengan dimensi 6,8 x 2,2 x 5,06 mm yang disesuaikan dengan dimensi bulir yang akan dicetak serta tingkat kepadatan dari bulir yang akan dibuat. Bagian-bagian dari *Press unit assy* dibuat dengan bahan dari SS41. 3) *Cylinder* bertenaga hidrolis dengan fluida udara yang berkemampuan menyalurkan tenaga satu sampai maksimum 10 MPa. 4) *Hopper assy* terdiri dari lima bagian utama yaitu *hopper holder*, *hopper guide*, *hopper*, *hopper extract* dan *guide pin*. Material yang digunakan untuk membuat unit ini terbuat dari SUS dan SS41. Titik kritis dalam desain ini terletak pada desain *hopper* dan *hopper extract* yang harus memperhatikan *angle of repose* dari bahan campuran tepung (mempunyai kisaran sudut 32,48 - 45,27 derajat) yang akan dicetak menjadi bulir. 5) *Control box* berdimensi 40 x 60 x 15 cm diletakkan disamping mesin pencetak bulir simulasi dan mudah dijangkau pada saat mesin dioperasikan yang dilengkapi penutup sebagai pengaman sistem elektrik termasuk di dalamnya sistem kontrol. 6) *Air service unit* sebagai penyalur tenaga fluida dari unit kompresor ke unit silinder dan mampu memberikan tekanan yang berbeda-beda pada unit silinder, dengan demikian perlakuan tekanan dapat diatur dari mulai 1 sampai dengan 10 MPa. 7) *Unit kompresor* yang digunakan berkekuatan  $\frac{3}{4}$  HP dan mampu dioperasikan pada 12 Kg/cm<sup>2</sup> sumber tenaga fluida yang akan dihasilkan akan disalurkan *air service unit*. Power yang digunakan

untuk menghasilkan sumber tenaga fluida. 8) *Cover* mempunyai dimensi 810 x 504 x 502 mm, terbuat dari material SUS.

Proses manufaktur mesin pencetak SRG yang didasarkan pada kriteria desain dan desain fungsionalnya, mesin pencetak ini diharapkan dapat menghasilkan butir sesuai dengan konsep desain yaitu bahan tepung campuran dapat meluncur dari *hopper* menuju ruang pencetak, saat ruang telah terisi bahan campuran maka bagian pensuplai akan meninggalkan ruang pencetak, untuk selanjutnya proses pencetakan dilakukan. Proses pencetakan dapat diatur rasio pemampatannya, lama pencetakan dan besarnya tekanan yang diberikan. Pada saat proses pencetakan selesai dilakukan bagian *die* akan mengeluarkan butir dan dihasilkanlah butir beras simulasi, proses pencetakan dilakukan berulang, pensuplai akan mengisi ruang pencetak kembali sambil mendorong butir yang telah dihasilkan.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Sifat Fisik Bulir dan Tepung Beras Varietas Ciherang dan Tepung Aneka Sumber Karbohidrat

Data fisik bulir beras dan aneka sumber karbohidrat non beras dipergunakan untuk menentukan panjang dan lebar lubang pencetak, tekanan yang akan diberikan pada bahan tepung yang akan dicetak, serta sudut luncur tepung yang harus mampu masuk pada lubang pencetakan.

Dari hasil pengukuran sifat fisik bulir beras varietas Ciherang mempunyai panjang (6,8±0,4) mm dan rata-rata lebar sebesar (2,2±0,2) mm, masuk katagori beras panjang dengan ratio lonjong dalam skala USDA (Haryadi, 2008), kekerasan bulir (62±12) N, variasi tingkat kekerasan untuk beberapa varian beras berkisar antara 56 – 81 N [3], massa jenis bulir beras (780 ± 0) kg/m<sup>3</sup>, sedangkan dalam bentuk tepung menunjukkan sudut luncur (42,85±0,99)°. Indeks warna (92,13±0,13)% dan massa jenis kamba (467,47±2,09) kg/m<sup>3</sup>. Sepuluh aneka sumber karbohidrat non-beras menunjukkan rata-rata sudut luncur (39,38±7,80)°, indeks warna (73,13±12,03) %, dan massa jenis kamba (461,82±57,3) kg/m<sup>3</sup>. Sudut luncur dan massa jenis aneka sumber karbohidrat serta bahan tepung campuran dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Sudut Luncur dan massa jenis kamba aneka sumber karbohidrat**  
*Table 3. Angle of repose and bulk density of various non-rice carbohydrate sources*

Sumber karbohidrat non-beras ( <i>Non-rice carbohydrate source</i> )	Sudut luncur ( <i>Angle of repose</i> ), Derajat ( <i>Degree</i> )	Massa Jenis ( <i>Density</i> ), kg/m <sup>3</sup>
Pati garut ( <i>Arrowroot starch</i> )	(35,09± 0,44)	(514,21± 10,51)
Pati ganyong ( <i>Canna starch</i> )	(45,27± 3,04)	(497,99± 5,26)
Pati sago ( <i>Sago starch</i> )	(41,47± 0,65)	(498,68± 4,09)
Pati aren ( <i>Sugar Palm starch</i> )	(40,08± 0,01)	(540,86± 1,21)
Tepung tales beneng ( <i>Beneng taro flour</i> )	(34,27± 0,05)	(396,32± 0,09)
Tepung ubi jalar putih ( <i>White sweet potato flour</i> )	(32,48± 0,33)	(487,20± 3,02)
Tepung tapioka ( <i>Tapioca flour</i> )	(25,34± 4,86)	(467,70± 0,47)
Tepung jagung putih ( <i>White corn flour</i> )	(49,16± 1,14)	(399,08± 5,86)
Tepung sorgum ( <i>Sorghum flour</i> )	(50,46± 1,00)	(448,65± 1,72)
Tepung sukun ( <i>Breadfruit flour</i> )	(40,16± 0,54)	(367,50± 3,07)
Tepung beras ciherang ( <i>Ciherang rice flour</i> )	(42,85± 0,99)	(467,47± 2,09)
Bahan bulir beras (SRG) ( <i>Mixed material of SRG</i> )	(33,7± 1,27)	(460± 0,00)

Aneka sumber karbohidrat mempunyai sudut luncur (*angle of repose*) minimum sebesar 25,34° untuk tepung tapioka, sudut luncur maksimum untuk bahan tepung sorgum sebesar 50,46°, sementara sudut luncur bahan SRG sebesar 33,7°.

### B. Hasil Rancangan Mesin Pencetak SRG

Didasarkan pada kriteria perancangan mesin pencetak SRG, hasil analisis untuk rancang

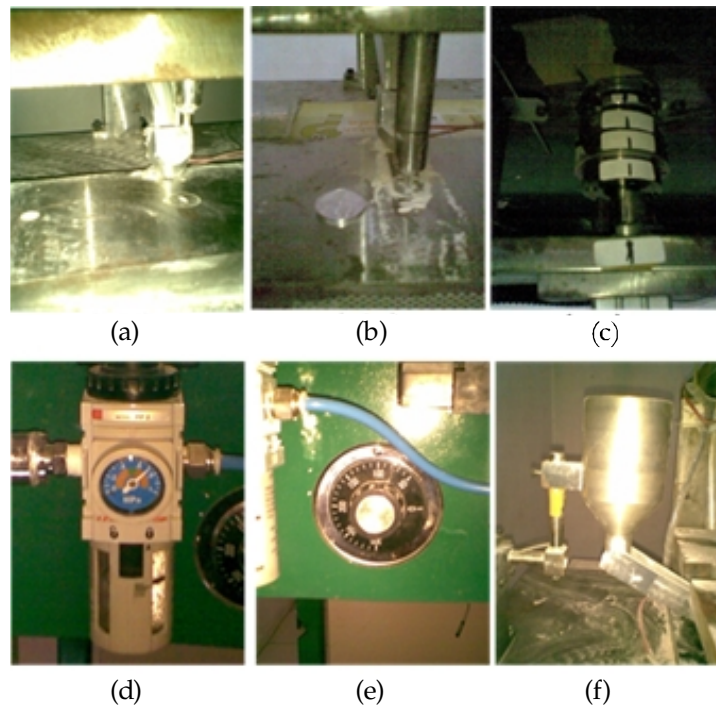
bangun mesin pencetak SRG (Tabel 2) dan sifat fisik bahan maka telah dihasilkan gambar piktorial pada Lampiran 1 dan hasil rancang bangun mesin pencetak SRG seperti terlihat pada Gambar 1., sedangkan bagian utama dapat dilihat pada Gambar 2.

Untuk memenuhi kriteria perancangan mesin pencetak SRG untuk dimensi, massa jenis dan kekerasan bulir maka: 1) dimensi tempat



**Gambar 1. Hasil rancang bangun mesin pencetak bulir SRG**  
*Figure 1. SRG forming machine prototype*





**Gambar 2.** Bagian-bagian utama pencetak bulir SRG (a) lubang pencetak (die), (b) penekan (Punch), (c) pengatur rasio pemampatan, (d) pengatur tekanan, (e) pengatur temperatur ruang cetak dan (f) hopper yang dilengkapi dengan pengatur sudut luncur

**Figure 2.** Main parts of SRG molding machine: (a) die, (b) punch, (c) compression ratio regulator, (d) pressure regulator, (e) die space temperature regulator, (f) hopper equipped with angle of repose regulator

pencetakan SRG mempunyai panjang 6,8 mm, lebar 2,2 mm dan kedalaman 5,06 mm ( Gambar 2a), kedalaman 5,06 mm yang merupakan perkalian dari hasil pengukuran tebal beras.

Varietas Ciherang sebesar  $(2,2 \pm 0,2)$  mm dengan faktor rasio pemampatan sebesar 2,3 (rasio pemampatan dapat diatur dari mulai 1,9–2,3, Gambar 2c ; 2) pemenuhan kriteria massa jenis dan kekerasan bulir selain memperhatikan kedalaman ruang cetak juga pada alat penekan mempunyai kemampuan tekan sebesar 600 N (Gambar 2b).

Pemenuhan kriteria perancangan mesin pencetak SRG harus mampu mensuplai bahan tepung campuran bahan SRG pada ruang pencetakan maka sudut pengumpan dari hopper ke ruang mencetak diberikan sudut luncur yang dapat diatur ( Gambar 2f) sebesar antara sudut luncur minimal sampai sudut luncur maksimal dari bahan tepung bahan non-karbohidrat (Tabel 4) yaitu antara  $(25,34 \pm 4,86)^\circ$  sampai dengan

$(50,46 \pm 1,00)^\circ$  dan akan optimum penyetalan sudut luncur jika menggunakan bahan SRG sebesar  $(33,7 \pm 1,27)^\circ$ . Dapat diartinya sudut pengumpanan bahan dari hopper ke ruang cetak bulir sangatlah penting apabila bahan mempunyai kadar air yang berbeda, hal ini terjadi adanya peningkatan ikatan kohesif antar partikel tepung, khususnya pada antar lapisan partikel yang mempunyai sifat ikatan aglomerasi secara spontan pada partikel tepung. Untuk mengakomodasi sudut luncur yang berbeda pada setiap bahan campuran mesin pencetak SRG dilengkapi dengan pengatur sudut luncur sampai  $70^\circ$  (Gambar 2g).

Pemberian sumber tekanan pneumatik sebesar maksimum 10 MPa (Gambar 1d) selain mampu menghasilkan tekanan pada saat proses pencetakan sebesar 600 N juga mampu menghasilkan efek balik pengeluaran pada bulir yang dihasilkan pada saat proses pencetakan dilakukan, sehingga akan memenuhi kriteria bulir



mudah keluar dari ruang pencetakan setelah proses pembentukan bulir selesai dilakukan.

Untuk memberikan waktu pengikatan partikel tepung maka mesin pencetak bulir SRG telah dilengkapi dengan lama tekan yang dapat diatur antara 0 mikrodetik sampai 5000 mikrodetik. Dengan waktu pengaturan lama tekan 2 detik akan membutuhkan waktu proses selama 4 detik maka kapasitas mesin hanya mampu mencetak 900 bulir per jam.

Pada mesin pencetak bulir SRG dilengkapi pemanas pada bantalan ruang cetak dengan pengaturan temperatur 25-80°C (Gambar 2e) untuk dipersiapkan kondisi proses terjadinya gelatinisasi pada bahan yang akan dicetak, dimana menurut (Haryadi, 2013) suhu gelatinisasi pati beras dapat dibedakan menjadi tiga golongan yaitu beras bersuhu gelatinisasi rendah (70°C), sedang (70-74°C) dan tinggi (74°C).

Prosedur pengoprasian mesin pencetak bulir SRG yang telah dirancang adalah: 1) menghidupkan power untuk menghidupkan kompresor, sistim mekanik dan sistem control, 2) lakukan pengaturan besarnya tekanan, lama tekan serta pilihan manual setiap proses atau sistim pencetakan secara terus menerus, 3) masukkan bahan SRG pada hopper, 4) mesin pencetak bahan SRG siap beroperasi.

### C. Hasil Uji Fungsional Mesin Pencetak SRG

Mesin pencetak SRG menghasilkan panjang bulir yang lebih panjang dari pada bulir beras varietas Ciherang, begitu pula dengan tebal bulir SRG lebih tebal dibandingkan dengan bulir beras varietas Ciherang (Tabel 4). Dengan ukuran panjang dan tebal akan menghasilkan rasio bulir

SRG sebesar 2,5 dan beras varietas Ciherang mempunyai rasio bulir sebesar 3,1, sehingga sesuai standar USDA (Haryadi, 2008) bulir SRG masuk dalam katagori agak bulat sementara beras varietas Ciherang masuk dalam katagori beras lonjong. Untuk memenuhi kesamaan standar USDA maka dalam rancang bangun pencetak bulir SRG panjang lubang pencetakan dapat dikurangi 3 mm, sementara untuk kedalaman ruang cetak dilakukan pengaturan rasio pemampatan (Gambar 2c) yang dapat menghasilkan tebal bulir mendekati 2,2 mm dengan demikian bulir SRG akan mempunyai ratio bulir 3,1.

Hasil uji massa jenis bulir hasil mesin pencetak menunjukkan massa jenis bulir SRG mempunyai nilai yang lebih rendah dari bulir beras varietas Ciherang (Tabel 4), massa jenis bulir SRG ditentukan oleh pengatur rasio pemampatan sebesar 1,9 (ketebalan ruang yang berisi tepung setebal 4,1 mm akan dikompres menjadi 2,2 mm), 2,1 dan 2,3. Pemberian rasio pemampatan 1,9-2,3 akan menghasilkan kisaran massa jenis sebesar 620-770 kg/m<sup>3</sup>.

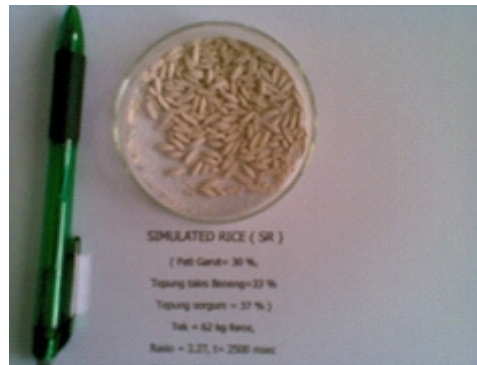
Rasio pemampatan pada proses pencetakan menghasilkan bobot per 1000 bulir seperti disajikan pada Tabel 5. Dengan rasio pemampatan 1,9 menghasilkan bobot 17,5 g per 1000 butir, sedangkan pengoprasian mesin pencetak pada rasio pemampatan sebesar 2,3 akan menghasilkan massa jenis seperti beras varietas Ciherang.

Hasil pengukuran uji kekerasan terhadap bulir SRG menunjukkan sebesar 0,1-2 N masih jauh dari nilai kekerasan bulir beras varietas Ciherang (Tabel 4). Kekerasan bulir SRG yang masih rendah mengakibatkan bulir masih rapuh, pemberian tekanan lubang pencetakan sebesar

**Tabel 4. Perbandingan fisik bulir SRG dan beras varietas Ciherang**

*Table 4. Comparison of physical properties of SRG and Ciherang rice grain*

Sifat fisik (Physical properties)	Bulir SRG (SRG grain)	Bulir beras Ciherang (Ciherang rice grain)
Panjang bulir ( <i>Grain length</i> ), mm	(7,1±0,4)	(6,8±0,4)
Tebal bulir ( <i>Grain thick ness</i> ), mm	(2,8±0,4)	(2,2±0,4)
Ratio bulir ( <i>Grain ratio</i> )	2,5	3,1
Massa jenis bulir( <i>Grain density</i> ), kg/m <sup>3</sup>	620-770	780
Bobot bulir 1000 bulir( <i>Grain weight per 1000 grains</i> ), g	(26,3±0,07)	17,5- 29
Kekerasan bulir( <i>Grain hardness</i> ), N	0,1 – 2	56 – 81



**Gambar 3. Bulir hasil mesin pencetak bulir beras SRG**  
*Figure 3. SRG resulted from the designed molding machine*

600 N belum mampu meningkatkan tingkat kekerasan terhadap bulir yang dihasilkan. Untuk meningkatkan kekerasan SRG dapat dilakukan dengan meningkatkan daya ikat antar partikel bahan penyusun, dengan cara menambah kadar air bahan atau dengan penambahan pati terprelatisasi (Juhaeni, Iskandarsyah, Animar, & Jenny, 2004). Bulir yang dihasilkan mesin pencetak bulir SRG dapat dilihat pada Gambar 3.

#### IV. KESIMPULAN

Sifat fisik bulir beras, tepung beras dan tepung aneka sumber karbohidrat non padi yang terdiri atas dimensi bulir, kekerasan bulir, massa jenis kamba dan bobot per 1000 bulir, sudut luncur tepung adalah parameter yang digunakan dalam menentukan kriteria perancangan mesin pencetak SRG. Mesin pencetak SRG mempunyai dimensi sesuai dimensi bulir beras dan dilengkapi dengan pengatur rasio pemanpatan bulir, tekanan, lama tekan bulir dan sudut luncur pengumpan. Hasil pengujian mesin pencetak SRG menghasilkan bulir SRG dengan dimensi, massa jenis dan bobot per 1000 butir mendekati bulir beras varietas Cihayang.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dana Hibah Doktor Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia dan Program KKP3N Badan Litbang Pertanian- Kementan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Budi, F.S., Hariyadi, P., Budiyanto, S., & Syah, D. (2013). Teknologi proses ekstrusi untuk membuat beras analog. *Pangan*, 22(3), 263-274.
- Hagenimana, A., Ding, X., & Fang, T., (2006). Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science*, 43, 38-46.
- Hartoyo, A, & Sunandar, F.H., (2006). Pemanfaatan tepung komposit tepung ubi jalar putih (*Ipomoea batatas* L ) kecambah kedelai (*Glicine max*, Merr ) dan kecambah kacang hijau (*Virginia radiata* L.) sebagai substituen parsial terigu dalam produk pangan alternatif biskuit kaya energi protein. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, XV III(1), 50-57.
- Haryadi. (2008). *Teknologi pengolahan beras*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hamzirwan. (2011). Merawat lumbung pangan dari hutan. Diakses dari: <https://jurnaltoddoppuli.wordpress.com/2011/10/21/merawat-lumbung-pangan-dari-hutan/>.
- Hendrawan, I., Sutrisno, P., Hariyadi, Y.A., Purwanto, & Hasbullah, R. (2015). Optimizing the formula of composite non-rice carbohydrate sources for simulated rice grain production. *IJSE R*, 6(3), 7-13.
- Herawati, H., Kusnandar, F., Adawiyah, D.R., & Budiyanto, S. (2013). Teknologi

- pembentukan butiran beras artificial instan dengan metode ekstrusi. *Pangan*, 22(4), 317-327.
- Juhaeni, Iskandarsyah, J.A., Animar & Jenny. (2004). Pengaruh kandungan pati singkong terpregelatinisasi terhadap karakteristik fisik tablet lepas terkontrol teofilin. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 1(1), 21-26.
- Kapanidis, A.N., & Lee, T.C. (1996). Novel method for the production of color-compatible ferrous sulfate-fortified simulated rice through extrusion. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(2), 522-525.
- Kurachi, H. (1995). *Process of Making Enriched Artificial Rice*. US. Patent No 5.403.606.
- Kuswiyati, B., Djanuardi & A., Syaefulah. (1999). Peningkatan ketahanan pangan melalui pemanfaatan hutan dan kebun untuk pangan. Biro Perencanaan Dephutbun dan Menteri Negara Pangan dan Holtikultura.
- Mishra, A., Mishra, M.N., & Rao, P.S. (2012). Preparation of rice analogues using extrusion technology. *International Journal of Food Science. & Technology*, 47, 1-9.
- Nariswara, Y., Hidayat, N., & Effendi, M. (2013). Pengaruh waktu dan gaya tekan terhadap kekerasan dan waktu larut tablet effervescent dari serbuk wortel (*Daucus Carota L.*). *Jurnal Industria*, 2(1), 27-35.
- Suhardi, S., Sabarnurdi, S.A., Soedjoko, H. Dwidjono, D., Minarningsih, & Widodo, A. (1999). *Hutan dan kebun sebagai sumber pangan nasional*, Jakarta: Dephut.
- Suprihatna, B., Darajat, A.A., Satoto, Suwarno, Lubis, E., Boehaki, Sudir, D., Indrasari, I.P., Wardana, M.J., Mejaya. (2011). *Deskripsi varietas padi*. BBPTP, Badan Litbang-Kementan.
- Rangkuti, P.A. (2009). Strategi komunikasi membangun kemandirian pangan. *Jurnal. Penelitian Pertanian*, 28(2), 39-45.

**Lampiran 1. Gambar piktorial pencetak bulir beras simulasi ( SRG )**  
*Appendix 2. Piktorial drawing of SRG forming machine*

