



Karakteristik Fisik dan Mekanik Beberapa Varietas Hanjeli Sebagai Dasar Desain Komponen Mesin Penyosoh

Physical and Mechanical Characteristics Some Varieties of Job's Tears as a Basis for Design Polishing Machine Components

Asep Yusuf*, Wahyu Kristian Sugandi, Zaida

Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: asep.yusuf@unpad.ac.id

Abstrak. Kebutuhan pangan akan terus meningkat seiring dengan laju pertumbuhan jumlah penduduk yang terus naik. Pemenuhan kebutuhan pangan di Indonesia selama ini tergantung pada beras dan terigu, disamping bahan pangan lainnya seperti ubi kayu, jagung, dan sagu. Pengalihan fungsi lahan pertanian secara masal menjadi area pemukiman dan industri menghambat upaya peningkatan produksi beras sebagai bahan pangan utama. Oleh karena itu, perlu dikembangkan bahan pangan alternatif, salah satunya yaitu hanjeli. Hanjeli memiliki kandungan karbohidrat, protein dan kalsium yang sangat baik untuk dijadikan sebagai bahan pangan. Tujuan dari penelitian ini yaitu menguji karakteristik fisik mekanik beberapa varietas hanjeli sebagai dasar dalam perancangan mesin penyosoh hanjeli. Metode penelitian yang digunakan adalah metode analisis deskriptif yaitu melakukan pengamatan, pengukuran, serta perhitungan terhadap karakteristik fisik hanjeli. Karakteristik fisik hanjeli diperlukan dalam merancang bangun komponen mesin pasca panen hanjeli seperti disain jarak celah roll, kemiringan hopper, tekanan dan kekasaran roll pengupas kulit dan penyosoh. Berdasarkan ukuran biji hanjeli jarak celah antar roll yang dapat diatur berkisar antara 5,75 – 8,38 mm. Kemiringan hopper mesin penyosoh yang dibuat harus memiliki kemiringan minimal $22,32^{\circ}$ agar biji hanjeli dapat jatuh meluncur ke bagian silinder perontok atau roll penyosoh. Tekanan serta kekasaran silinder pengupas kulit dan silinder penyosoh biji hanjeli harus lebih tinggi untuk hanjeli varietas batu karena memiliki tingkat kekerasan yang tinggi yaitu 5,18 kgf.

Kata kunci: hanjeli, varietas hanjeli, karakteristik fisik, mesin penyosoh

Abstract. Food demand was expected to increase with the increasing of the population. Fulfilling food needs in Indonesia has been dependent on rice and flour, along with other food stuffs such as cassava, corn, and sago. The transfer of agricultural land massively into residential and industrial areas. Therefore, the need for alternative food stuff, one of is job's tears. Job's tears has excellent carbohydrate, protein and calcium content to food stuff. The purpose of this research is to test physical mechanic characteristics of some job's tears varieties as the basis for designing the job's tears polishing machine. Research use the observation, measurement, and calculation of physical characteristics job's tears. The physical characteristics of job's tears were needed in designing the components of the post-harvest hanjeli machine, such as the design of the roll gap, hopper slope, the pressure and roughness of the peeler and binder rolls. Based on the size of the hanjeli seeds, the gap between the rolls that can be adjusted ranges from 5.75 - 8.38 mm. The hopper slope of the forging machine that was made must have a minimum slope of $22,32^{\circ}$ so that the hanjeli seeds can fall onto the side of the thresher cylinder or the supporting roll. The pressure

Diterima: 1 September 2020; Disetujui: 1 Juni 2021; Diterbitkan: 30 Juni 2021

20

Doi: <https://doi.org/10.32530/agroteknika.v4i1.79>

Artikel ini adalah artikel open access di bawah lisensi CC BY-SA 4.0

and roughness of the shelling cylinder and the job's tears seed supporting cylinder must be higher for hanjeli stone varieties because it has a high hardness level of 5.18 kgf.

Keyword: *varieties of job's tears, physical characteristic, mechanical characteristi, polishing machine*

1. Pendahuluan

Hanjeli (*Coix lacrymajobi*L.) merupakan salah satu jenis sereal yang dapat tumbuh pada lahan basah maupun lahan kering, sangat potensial sebagai alternatif bahan pangan. Hanjeli sangat responsif terhadap pemupukan, dosis pupuk dengan perbandingan Urea: SP36: KCl/polibag sebanyak 2-1-1 gram merupakan dosis yang cukup untuk meningkatkan produktivitas (Juhaeti, 2015). Sebanyak 41 plasma nutfah tanaman hanjeli ditemukan liar dan telah dibudidayakan oleh masyarakat di wilayah Kabupaten Indramayu, Purwakarta, Sumedang, Cianjur dan Bandung (Qosim & Nurmala, 2011). Kandungan gizi biji hanjeli setara dengan beras, dimana dalam 100 gram mengandung karbohidrat (76,4 %, protein (14,1%), lemak nabati (7,9 %) dan kalsium (54,0 mgr) (Nurmala, 2011).

Biji hanjeli terbukti dapat membantu mengobati beberapa jenis penyakit, sehingga beberapa penelitian memanfaatkan hanjeli sebagai bahan baku pembuatan produk pangan fungsional. Purwati *et al.* (2015) melakukan pembuatan es krim *free lactose* berbahan dasar sari hanjeli dan pada perlakuan yang paling disukai adalah 60% hanjeli yang memiliki kandungan protein sebesar $2,91 \pm 0,41$ gram per 100 gram dan kalsium sebesar $1205,31 \pm 37,65$ mg/L. Sedangkan Syahputri *and Wardani* (2015) melakukan pembuatan cookies dan roti tawar melalui fermentasi hanjeli. Perlakuan terbaik di dapat pada fermentasi hanjeli selama 72 jam. Cookies perlakuan terbaik memiliki kadar air 4,07%, kadar protein 5,49%, dan daya patah 2,95 N. Sedangkan roti tawar perlakuan terbaik memiliki kadar protein 8,01%, tekstur 1,95 N, dan daya kembang 249,25%. Lebih lanjut, Kurniasih (2016) menjelaskan dalam 100 gram pasta hanjeli dengan penambahan ekstraktor bagun mengandung anti oksidan sebesar 12,48% dan energi sebesar 402 kkal. Berbagai macam produk pangan yang berasal dari biji hanjeli merupakan campuran tepung biji hanjeli dan bahan pangan lainnya.

Penanganan pasca panen biji hanjeli dimulai dari perontokan biji, pengeringan, pemecahan kulit, penyosohan, dan sortasi biji. Pengolahan lebih lanjut dari biji hanjeli yang telah disosoh adalah penggilingan menjadi tepung hanjeli. Berdasarkan pengamatan sebagian besar petani menjual biji hanjeli kepada pedagang pengumpul dalam bentuk biji kering yang masih berkulit. Padahal biji hanjeli yang telah dikupas kulit dan disosoh dapat meningkatkan nilai tambah yang mencapai lebih dari dua kali lipat dibandingkan biji yang belum disosoh. Biji hanjeli yang telah dikupas kulit akan berwarna coklat dan berwarna putih bersih setelah disosoh.

Menurut [Sinaga and Desrial \(2016\)](#), bahwa pengetahuan mengenai sifat dan karakteristik bahan sangat diperlukan pada pertanian modern khususnya pengolahan bahan pertanian. Pengetahuan mengenai karakteristik fisik dan mekanik juga sangat penting dalam penyediaan data rekayasa yang diperlukan untuk merancang mesin, struktur, proses dan pengendaliannya. Sebelum mendesain suatu mesin, pengetahuan sifat fisik dari suatu bahan sangat penting diketahui terlebih dahulu. Karakteristik dan sifat fisik suatu bahan pertanian meliputi: bentuk, ukuran, luas permukaan, warna, penampakan, berat, porositas, densitas dan kadar air. Pengetahuan mengenai karakteristik fisik suatu bahan akan menentukan perlakuan yang harus dilakukan agar kualitasnya tetap terjaga ([Alekaawa, 2008](#)). Sedangkan menurut [Khatir \(2006\)](#), *angle of repose* merupakan sifat fisik bahan yang sangat berpengaruh untuk mendesain *hopper*. Sifat ini merupakan sifat teknik dari suatu bahan berbentuk granular yang dituang dalam suatu permukaan horizontal maka akan terbentuk suatu gundukan berbentuk kerucut. Sudut antara permukaan gundukan terhadap permukaan horizontal inilah dinamakan *angle of repose*.

Parameter utama yang digunakan sebagai acuan dalam mendesain mesin pemecah dan penyosoh biji hanjeli adalah karakteristik fisik dan mekanik biji hanjeli. Informasi mengenai kebulatan dan kekerasan digunakan sebagai acuan dalam perancangan bagian *roll* pemecah kulit dan *roll* penyosoh sedangkan informasi mengenai *bulk density* dan sudut curah digunakan sebagai acuan dalam perancangan *hopper*, untuk itu penelitian ini bertujuan melakukan pengukuran dan analisis karakteristik fisik dan mekanik beberapa varietas biji hanjeli yang digunakan untuk membuat konsep desain mesin penyosoh biji hanjeli.

2. Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian yaitu biji hanjeli varietas Pulut G-26, Pulut G-37, Pulut G-38, dan Pulut G-44 yang diperoleh dari Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran ([Gambar 1](#)). Sedangkan varietas batu orange, batu hitam, batu kecil diperoleh dari petani di Desa Pangeureunan, Kecamatan Balubur Limbangan Kabupaten Garut ([Gambar 2](#)).



G 26



G 37



G 38



G 44

[Gambar 1](#). Biji Hanjeli Varietas Pulut



Gambar 2. Biji Hanjeli Varietas Batu

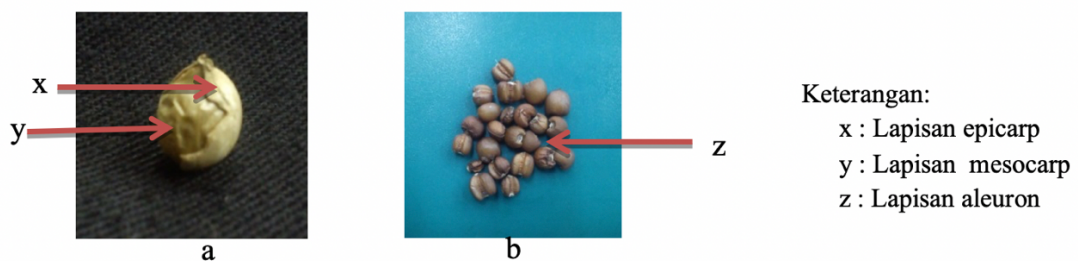
Pengambilan sampel dilakukan secara acak sebanyak 250 gram dari tumpukan biji hanjeli setiap varietas. Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi: timbangan digital, moisture meter, oven, *angle of repose*, jangka sorong, *hardness tester* dan gelas ukur (Gambar 3).



Timbangan digital Moisture meter *Angle of repose* *Hardness tester* Gelas ukur

Gambar 3. Peralatan Penelitian

Biji hanjeli terdiri dari bagian endosperm yang diselimuti oleh pericarp dan aleuron. Lapisan pericarp terdiri dari dua jenis lapisan yaitu epicarp (lapisan kulit luar) dan mesocarp (lapisan kulit dalam). Adapun lapisan aleuron biji hanjeli yaitu lapisan terdalam pericarp yang menyelimuti endosperm dan berwarna warna coklat kemerah-merahan. Lapisan epicarp, lapisan mesocarp dalam dan lapisan aleuron tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4. (a) Lapisan Pericarp (Epicarp dan Mesocarp) dan (b) Lapisan Aleuron

Prosedur Penelitian

Biji hanjeli yang akan digunakan dalam penelitian, dibersihkan secara manual terlebih dahulu untuk menghilangkan semua benda asing seperti: kotoran, batu, debu, dan biji rusak. Karakteristik fisik dan mekanik yang diukur antara lain kebulatan, *bulk density*, sudut curah, kekerasan dan rendemen kulit. Banyaknya biji yang diukur setiap varietas adalah 50 butir. Kadar air awal biji hanjeli ditentukan dengan mengeringkan di oven pada suhu $105 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$ selama 8 jam (AOAC, 1995).

1. Analisis kebulatan (*sphericity*)

Kebulatan biji hanjeli dilakukan dengan cara mengukur panjang sumbu mayor, sumbu minor, dan *intermediet* sebanyak 50 kali menggunakan jangka sorong. Kebulatan (*sphericity*) dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 1.

$$Sphericity(Sp) = \frac{(abc)^{\frac{1}{3}}}{a} \quad (1)$$

Dimana:

a = sumbu terpanjang (sumbu mayor)

b = sumbu terpanjang normal ke a (sumbu *intermediate*)

c = sumbu terpanjang normal ke a dan b (sumbu minor)

2. Bulk density

Bulk density diukur dengan menimbang massa hanjeli yang dimasukkan ke dalam gelas ukur 25 mL sebanyak 50 kali. Perhitungan densitas kamba dihitung menggunakan Persamaan 2.

$$BulkDensity(\gamma) = \frac{Wd}{v} \quad (2)$$

Dimana:

Wd = Massa bahan (kg)

v = Volume bahan (m^3)

3. Sudut curah

Sudut curah merupakan sudut yang menyatakan keadaan bahan curah bergerak bebas akibat bidang miring yang terbentuk antara alas datar dengan bidang miring tempat diletakkannya bahan curah. Pengukuran sudut curah dilakukan menggunakan alat pengukur sudut curah ([Gambar 5](#)) yang dapat diatur kemiringannya.



Gambar 5. Alat pengukur sudut repos

Biji hanjeli diletakkan pada papan /bagian atas alat, selanjutnya papan diangkat sedikit demi sedikit sampai dengan bahan mulai meluncur. Besarnya sudut repose merupakan sudut yang terbentuk antara bagian bawah dan atas dari alat pengukur sudut repos.

4. Kekerasan

Pengukuran kekerasan bijihanjeli dilakukan menggunakan *hardnes tester* seperti terlihat pada Gambar 6. Pengukuran dilakukan dengan meletakkan biji hanjeli pada tempat bahan selanjutnya pengatur tekanan diputar sampai biji hanjeli pecah. Besarnya tekanan ditampilkan pada skala pembacaan dalam satuan kgf.



Gambar 6. *Hardnes tester*

3. Hasil Dan Pembahasan

Kadar Air dan Kebulatan

Menurut *Coskuner and Karababa (2007)* menyatakan bahwa karakteristik fisik bahan merupakan fungsi dari kadar air. Bentuk, ukuran, volume dan luas permukaan bahan meningkat secara linier dengan meningkatnya kadar air. Sedangkan *bulk density* memiliki hubungan polynomial dengan perubahan kadar air (*Mukhlis, et al., 2016*). Berdasarkan hasil pengukuran, kebulatan biji hanjeli berdasarkan kadar air varietas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kebulatan biji hanjeli berdasarkan kadar air

No	Varietas	Kadar air (% bb)	Dimensi (mm)			Kebulatan				
			a	b	c	Min	Max	Rata-rata	StandarDeviasi	CV
1	Batu kecil	8,05	8,43	5,55	4,52	0,61	0,80	0,71	0,04	5,63
2	Batu orange	10,04	9,07	7,21	6,09	0,71	0,93	0,81	0,05	6,17
3	Pulut G-26	9,85	8,74	7,01	5,85	0,68	1,02	0,82	0,08	9,76
4	Pulut G-9	9,55	8,32	6,80	5,62	0,70	0,95	0,82	0,06	7,32
5	Pulut G-38	9,76	8,25	6,85	5,69	0,73	0,95	0,83	0,05	6,02
6	Batu hitam	9,27	9,31	7,79	6,62	0,67	0,97	0,84	0,05	5,95
7	Pulut G-44	9,54	7,99	6,65	5,62	0,67	0,97	0,84	0,07	8,33
8	Pulut G-37	9,50	8,19	6,84	5,81	0,70	0,98	0,84	0,06	7,14
Median		9,55	8,38	6,85	5,75	0,69	0,96	0,83	0,06	6,66
Rata-rata		9,45	8,54	6,84	5,73	0,68	0,95	0,81	0,06	7,04

Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar air biji hanjeli yang didapatkan dari petani berkisar antara 8,05 – 10,04 basis basah (bb). Kadar air tertinggi terdapat pada varietas *orange*. Menurut penelitian [Mukhlis, et al., \(2016\)](#) yang menyatakan bahwa meningkatnya kadar air sejalan dengan meningkatnya kebulatan biji lada putih. Peningkatan kebulatan tersebut berkaitan erat dengan adanya perbedaan peningkatan dimensi aksial karena penyerapan air ke dalam sel biji. Peningkatan dimensi tinggi biji lada putih yang lebih besar dibandingkan kedua dimensi lainnya, sehingga menyebabkan kebulatan biji semakin baik. Menurut [Coskuner and Karababa \(2007\)](#) semakin banyak kadar air bahan menyebabkan peregangan semakin besar yang pada akhirnya dimensi biji akan meningkat. Berdasarkan **Tabel 1** *roll* penyosoh didesain dengan jarak celah antar *roll* yang dapat diatur berkisar antara 5,75 – 8,37 mm. Pengaturan celah antar *roll* disesuaikan berdasarkan varietas biji hanjeli yang disosoh.

Sudut *repose*

Sudut *repose* merupakan parameter utama yang digunakan dalam merancang hopper atau bagian pemasukan biji hanjeli kedalam *roll* penyosoh atau silinder perontok. Berdasarkan hasil pengukuran, tiap varietas mempunyai sudut *repose* yang berbeda sebagaimana disajikan pada **Tabel 2**.

Berdasarkan **Tabel 2** terlihat bahwa rata-rata sudut *repose* biji hanjeli berkisar antara $13,84^{\circ}$ – $22,32^{\circ}$. Sehingga dalam mendesain hopper mesin penyosoh digunakan sudut dinding hopper minimal $22,32^{\circ}$, hal ini karena pada sudut tersebut biji hanjeli dapat jatuh meluncur ke bagian silinder perontok atau *roll* penyosoh. Sudut *repose* setiap varietas hanjeli berbeda, hal ini sangat dipengaruhi oleh gaya gesek antar bahan. Selain gaya gesek, sudut *repose* juga dipengaruhi oleh beberapa karakteristik bahan lainnya, seperti bentuk dan ukuran partikel, kadar air, modulus geser dan koefisien friksi ([Li et al., 2017](#)). Besarnya sudut *repose* meningkat seiring terjadinya peningkatan kadar air ([Rao, 1994](#)).

Tabel 2. Sudut *repose* biji hanjeli berdasarkan varietas

No	Varietas	Min ($^{\circ}$)	Max ($^{\circ}$)	Rata-rata ($^{\circ}$)	Standardevisiasi	CV
1	Pulut G-9	17	23	20,16	1,93	9,57
2	Pulut G-26	15	20	16,80	1,58	9,41
3	Pulut G-37	19	25	21,48	1,90	8,83
4	Pulut G-38	9	19	13,84	1,91	13,79
5	Pulut G-44	18	22	20,44	1,16	5,67
6	Batu hitam	20	25	22,32	1,70	7,62
7	Batu kecil	11	18	14,40	1,98	13,74
8	Batu orange	18	24	20,24	1,83	9,05
	Median	17,5	17,5	22,5	20,20	1,86

Bulk density

Bulk density digunakan sebagai acuan dalam perencanaan kapasitas hopper yang berimplikasi pada kapasitas penyosohan. Berdasarkan hasil pengukuran, *bulk density* dari tiap varietas berbeda-beda seperti terlihat pada [Tabel 3](#).

Tabel 3. *Bulk density* biji hanjeli berdasarkan varietas

No	Varietas	Minimum (Kg/m ³)	Maksimum (Kg/m ³)	Rata-rata (Kg/m ³)	StandarDeviasi	CV
1	Pulut G38	241,09	338,98	288,54	27,14	9,41
2	Batu hitam	523,68	599,27	560,46	18,41	3,28
3	Pulut G37	242,01	329,20	285,66	25,81	9,04
4	Pulut G44	352,84	395,67	377,25	10,18	2,70
5	Batu kecil	386,65	432,06	409,46	8,62	2,10
6	Pulut G26	244,84	355,48	308,64	34,40	11,15
7	Batu orange	401,43	541,88	479,82	40,99	8,54
8	Pulut G9	295,58	349,20	317,78	10,67	3,36
	Median	324,21	375,57	347,52	22,11	5,95

Berdasarkan [Tabel 3](#) terlihat bahwa *bulk density* berkisar antara 285,66 -560,46 Kg/m³ dimana *bulk density* terendah terdapat pada pulut G37 sedangkan tertinggi terdapat pada varietas batu hitam. Menurut beberapa penelitian kadar air dan *bulk density* memiliki hubungan polinomial dimana peningkatan kadar air tidak diikuti dengan peningkatan *bulk density* yang menunjukkan bahwa peningkatan volume tumpukan sampel dibawah peningkatan berat biji sampelnya ([Mukhlis et al., 2016](#)).

Kekerasan

Kekerasan biji hanjeli merupakan parameter utama yang digunakan dalam mendesain bentuk dan bahan yang digunakan untuk membuat *roll* pemecah kulit dan *roll* penyosoh. Berdasarkan hasil pengukuran, rata-rata nilai kekerasan hanjeli varietas batu orange paling tinggi dibanding varietas lainnya yaitu 5,12 kgf sebagaimana dapat dilihat pada [Tabel 4](#).

Tabel 4. Kekerasan biji hanjeli berdasarkan varietas

No	Varietas	Minimum (kgf)	Maksimum (kgf)	Rata-rata (kgf)	StandarDeviasi	CV
1	Pulut G-38	0,30	0,70	0,49	0,12	23,53
2	Pulut G-26	0,20	1,80	0,64	0,40	62,50
3	Pulut G-37	0,10	0,50	0,27	0,12	44,19
4	Pulut G-44	0,20	0,80	0,45	0,18	40,49
5	Batu orange	2,00	10,10	5,12	2,20	42,91
6	Pulut G-9	0,30	0,70	0,38	0,19	48,95
7	Batu kecil	0,40	2,40	1,47	0,69	46,69
	Median	0,30	0,80	0,49	0,19	44,19

Berdasarkan [Tabel 4](#) terlihat bahwa varietas batu orange memiliki kekerasan paling besar dibandingkan varietas lainnya. Ketebalan kulit pada varietas batu menyebabkan varietas

ini tahan terhadap serangan hama kutu. Namun tentunya berimplikasi pada desain mesin pemecah kulit.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian karakteristik fisik hanjeli adalah sebagai berikut: varietas hanjeli yang diuji terdiri dari dua jenis yaitu varietas pulut dan batu, dimana varietas pulut berkulit lunak sedangkan varietas batu berkulit keras. Hanjeli varietas batu memiliki densitas dan tingkat kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan varietas pulut. Sedangkan nisbah paling besar yaitu varietas pulut. Karakteristik fisik hanjeli diperlukan dalam merancang bangun mesin-mesin pasca panen hanjeli seperti disain jarak celah roll, kemiringan *hopper*, tekanan dan kekasaran roll pengupas kulit dan penyosoh. Berdasarkan ukuran biji hanjeli jarak celah antar *roll* yang dapat diatur berkisar antara 5,75 – 8,38 mm. Kemiringan *hopper* mesin penyosoh yang dibuat harus memiliki kemiringan minimal $22,32^{\circ}$ agar biji hanjeli dapat jatuh meluncur ke bagian silinder perontok atau *roll* penyosoh. Tekanan serta kekasaran silinder pengupas kulit dan silinder penyosoh biji hanjeli harus lebih tinggi untuk hanjeli varietas batu karena memiliki tingkat kekerasan yang tinggi yaitu 5,18 kgf.

Daftar Pustaka

- Alekawa. (2008). *Karakteristik Fisik Bahan Hasil Pertanian (Bantuk dan Ukuran)*. Bandung, Indonesia: Universitas Padjajaran.
- AOAC [Association of Official Analytical Chemist] (1995). Official Method of Analysis of Association of Official Analytical Chemist. Ed ke-14. AOAC Inc, Airlington.
- Coskuner, Y. & Karababa, E. (2007). Phsycal Properties of Coriander Seeds (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Food Engineering* 80(2), 408-416. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.02.042>
- Khatir, R. (2006). Penuntun Praktikum Fisiologi dan Teknologi Penanganan Pasca Panen. Banda Aceh: Faperta UNSYIAH.
- Juhaeti, T. (2015). Jali (*Coix Lacryma-Jobi* L.; Poaceae) Untuk Diversifikasi Pangan: Produktivitas Pada Berbagai Taraf Pemupukan. *Berita Biologi*, 14(2), 163-168.
- Purwati, N. A. D., Handayani, D., & Ruhana, A. (2015). Es Krim Free Lactose Berbahan Dasar Sari Hanjeli Sebagai Alternatif Pengganti Es Krim Susu bagi Penderita Lactose Intolerance. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 4(1), 36-41
- Nurmala, T. (2011). Potensi dan Prospek Pengembangan Hanjeli (*Coixlacrymajobi* L.) Sebagai Pangan Bergizi Kaya Lemak Untuk Mendukung Diversifikasi Pangan Menuju Ketahanan Pangan Mandiri. *Jurnal Pangan*, 20(1), 41-48.
- Kurniasih, R. (2016). Formulasi, daya terima, kandungan gizi dan kapasitas antioksidan pasta jali (*Coixlachrymajobilinn*) dengan penambahan ekstrak torbangun (*coelus amboinicuslour*) (Thesis). Retrieved from <https://repository.ipb.ac.id>
- Mukhlis, A. M. A., Hartulistiyoso, E., & Purwanto, Y. A. (2016). Pengaruh Kadar Air terhadap Beberapa Sifat Fisik Biji Lada Putih. *agriTECH*, 37(1), 16-22. <https://doi.org/10.22146/agritech.15308>

- Qosim, W. A., & Nurmala, T. (2011). Eksplorasi, Identifikasi dan Analisis Keragaman Plasma Nutfah Tanaman Hanjeli (*Coix lacryma jobi* L.) sebagai Sumber Bahan Pangan Berlemak di Jawa Barat. *Jurnal Pangan*, 20(4), 365-376.
- Rao, M. A. (1994). *Food Process Engineering: Storage and Transport of Fluid Foods in Plants*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.02911-5>
- Sinaga, R. & Desrial. (2016). Karakteristik Fisik dan Mekanik Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.). *Jurnal Keteknik Pertanian*, 4(1), 97-105.
- Syahputri, D. A. & Wardani, A. K. (2015). Pengaruh Fermentasi Jali (*Coix lacryma jobi*-L) Pada Proses Pembuatan Tepung Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Cookies dan Roti Tawar. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(3), 984-995.
- Li, T., Peng, Y., Zhu, Z., Yu, Z., & Yin, Z. (2017). Effect of the Lifting Velocity and Container Shape on Angle of Repose of Iron Ore Particles. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017, 3405432. <https://doi.org/10.1155/2017/3405432>