

4. PENGARUH METODE PENGOLAHAN TERHADAP KUALITAS MI BEBAS GLUTEN BERBASIS UMBI-UMBIAN

Metode pengolahan mi bebas gluten berbasis umbi-umbian dilakukan dengan tahapan pemasakan dan tahapan pengeringan. Tahapan pemasakan dapat dilakukan secara konvensional maupun dengan menggunakan teknologi ekstrusi. Selain itu, pada beberapa penelitian terdahulu dilakukan *aging* terlebih dahulu sebelum dilanjutkan ke tahap pengeringan (Han, Seo, Lim, & Park, 2011; Muhammad et al., 1999; M. Wang, Chen, Sun, Wang, & Fang, 2010; Xiang et al., 2018). Pada pembahasan ini, kualitas mi bebas gluten berbasis umbi-umbian (Tabel 6.) akan diulas berdasarkan metode pengolahannya yang dilaporkan pada berbagai penelitian terdahulu.

4.1. Perlakuan Pendahuluan (*Pre-Treatment*)

Pada Tabel 6., dapat dilihat secara garis besar, baik metode konvensional maupun metode ekstrusi, pada semua penelitian terdahulu pembuatan mi bebas gluten diawali dengan perlakuan pendahuluan (*pre-treatment*) berupa pembentukan gel yang kemudian dilanjutkan dengan pembuatan adonan.

Pembentukan gel dilakukan dengan mencampurkan sebagian tepung yang digunakan dan sejumlah air dengan perbandingan tertentu. Kemudian, dimasak sambil dilakukan pengadukan. Peningkatan suhu dan adanya air menyebabkan granula pati membengkak dan rantai amilosa larut sehingga gel pati terbentuk yang ditandai dengan meningkatnya viskositas (Conde-Petit, 2003; Garcia-Alonso, Jimenez-Escrig, Martin-Carron, Bravo, & Saura-Calixto, 1999). Pengadukan selama pemasakan dilakukan agar penyebaran panas pada lapisan gel pati yang terbentuk dapat meningkat sehingga dihasilkan gel yang homogen (Garcia-Alonso et al., 1999). Jika dilihat secara keseluruhan, pada Tabel 6., rasio perbandingan tepung dan air yang digunakan pada metode konvensional berbeda dengan metode ekstrusi. Rasio yang digunakan pada metode konvensional berkisar 1 bagian tepung dengan 7-11 bagian air (Purwandari et al., 2014; M.

Wang et al., 2010). Sedangkan, rasio yang digunakan pada metode ekstrusi yang dilakukan oleh L. Kaur et al. (2005), Singh et al. (2002), Kim & Wiesenborn (1996), Sandhu et al. (2010), Muhammad et al. (1999), dan Menon et al. (2016) adalah 1 bagian tepung dengan 7 bagian air. Perbedaan rasio tepung dan air pada pembentukan gel ini tidak mempengaruhi kualitas mi yang dihasilkan (Purwandari et al., 2014). Setelah gel pati terbentuk, kemudian dicampurkan dengan sebagian tepung. Rasio tepung dan gel yang digunakan pada pembuatan mi bebas gluten secara konvensional, yaitu 96 bagian tepung & 4 bagian gel (M. Wang et al., 2010) dan 5 hingga 6 bagian tepung & 5 bagian gel (Purwandari et al., 2014). Pada penelitian yang dilakukan oleh M. Wang et al. (2010), penambahan tepung disertai dengan penambahan air sehingga didapat adonan yang memiliki kadar air sebesar 65%. Sedangkan, rasio tepung dan gel yang digunakan pada pembuatan mi bebas gluten secara konvensional, yaitu 95 bagian tepung & 5 bagian gel (L. Kaur et al., 2005; Kim & Wiesenborn, 1996; Muhammad et al., 1999; Sandhu et al., 2010; Singh et al., 2002). Pada penelitian Purwandari et al. (2014), dilaporkan bahwa semakin tinggi tepung yang ditambahkan pada gel, semakin tinggi *hardness* adonan maupun mi yang dihasilkan. Selain itu, rasio tepung dan gel ini tidak mempengaruhi *cooking loss* mi secara signifikan.

Pada penelitian L. Wang et al. (2016) dan Afifah & Ratnawati (2017) yang menggunakan teknologi ekstrusi berupa *hot extrusion*, setelah pembentukan gel tidak dilakukan penambahan tepung. Rasio perbandingan tepung dengan air yang digunakan untuk membuat mi bebas gluten berbasis tepung kentang adalah 60:40 (g/ml) (L. Wang et al., 2016). Sedangkan, rasio perbandingan tepung dengan air yang digunakan untuk membuat mi bebas gluten berbasis campuran antara tepung mocaf dan tepung beras adalah 10:4 (g/g) (Afifah & Ratnawati, 2017).

Secara keseluruhan, perlakuan pendahuluan (*pre-treatment*) pada metode konvensional dan metode ekstrusi berupa *cold-extrusion* memiliki prinsip yang sama, yaitu dilakukan pembentukan gel dan penambahan tepung untuk membuat

adonan. Sedangkan, pada metode ekstrusi berupa *hot-extrusion* hanya dilakukan pembentukan gel saja pada perlakuan pendahuluannya.

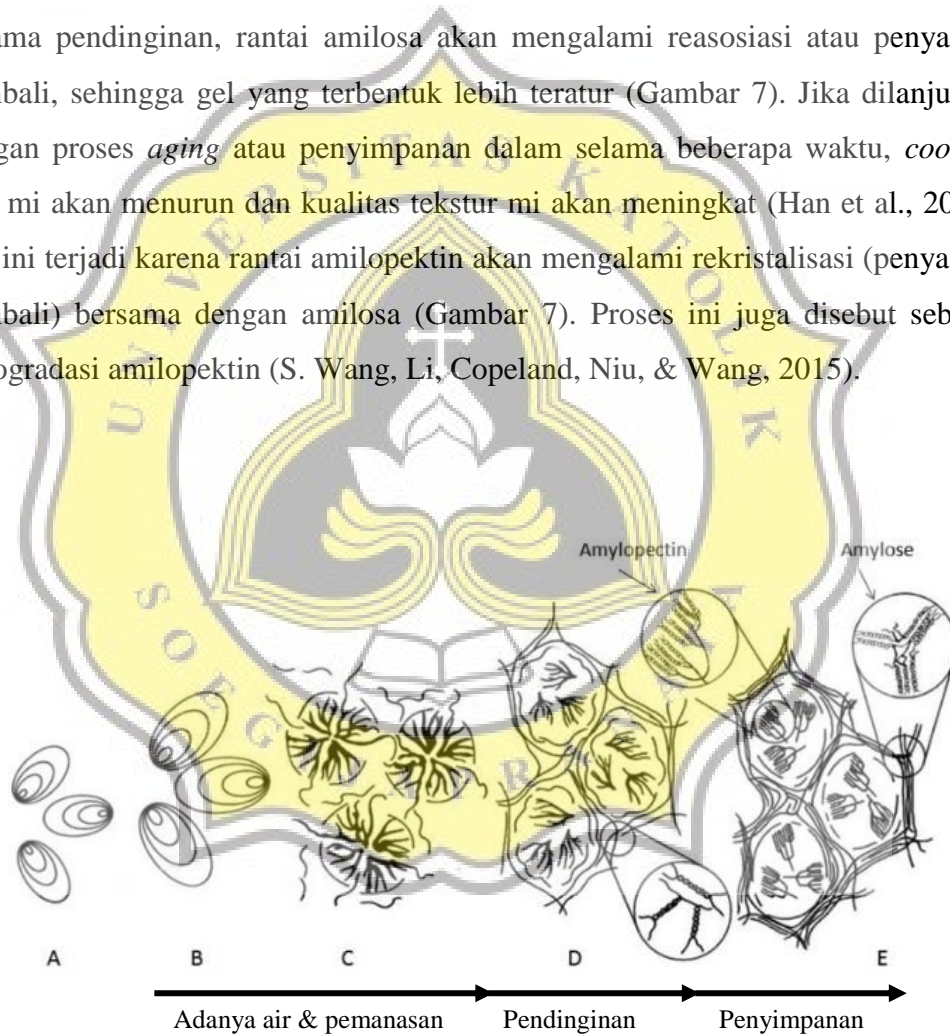
4.2. Pencetakan dan Pemasakan

Metode pencetakan dan pemasakan mi bebas gluten dapat dibagi menjadi 2, yaitu secara konvensional dan dengan teknologi ekstrusi. Secara konvensional, pada penelitian M. Wang et al. (2010) setelah adonan kental yang terbentuk (kadar air sebesar 65%) dimasukkan ke dalam wadah lebar dengan ketebalan 2,0 mm. Setelah itu, dilakukan pengukusan selama 1 menit dan didinginkan dengan air mengalir. Lalu, didiamkan (*aging*) pada suhu 4°C selama 24 jam dan dipotong dengan lebar 2,0 mm. Sedangkan, pada penelitian Purwandari et al. (2014) adonan yang terbentuk dipipihkan dengan menggunakan *roller* hingga terbentuk lembaran dengan ketebalan 1 mm. Setelah itu, lembaran adonan dipotong dengan lebar 5 mm dan dikukus hingga matang.

Terdapat 2 jenis teknologi ekstrusi yang digunakan dalam pembuatan mi bebas gluten, yaitu *cold extrusion* dan *hot extrusion*. Pada proses pembuatan mi yang menggunakan *cold extruder* berfungsi untuk membentuk adonan menjadi untaian mi, sehingga dilanjutkan dengan perebusan selama beberapa saat. Sedangkan, *hot extruder* merupakan *extruder* yang menggunakan panas sehingga proses pemasakan dan pencetakan sudah terjadi sekaligus di dalamnya. Berdasarkan Tabel 5., dapat dilihat bahwa penelitian yang menggunakan *cold extrusion* lebih banyak dibandingkan dengan penelitian yang menggunakan *hot extrusion*. Hal ini dikarenakan *cold extruder* memiliki harga yang lebih terjangkau dibandingkan dengan *hot extruder*. Selain itu, ukuran *cold extruder* cenderung lebih kecil sehingga lebih mudah disimpan dibandingkan dengan *hot extruder*.

Pada mi yang dibentuk dengan metode *cold extrusion*, lama waktu perebusan sekitar 30 detik hingga 3 menit sejak mi dimasukkan ke dalam air mendidih, tergantung pada besar diameter untaian mi yang dibentuk (Tabel 6.). Semakin besar diameter untaian mi yang terbentuk, semakin lama perebusan dilakukan.

Selama proses perebusan, pati mengalami proses gelatinasi. Hal ini dikarenakan suhu tinggi pada proses perebusan ($\pm 100^{\circ}\text{C}$) menyebabkan ikatan hidrogen yang menahan struktur heliks ganda rantai α -glukan (fraksi amilopektin) terputus, sehingga struktur granula pati yang semula teratur menjadi tidak beraturan (Gambar 7). Setelah perebusan, mi didinginkan dengan cara direndam air dingin (Kim & Wiesenborn, 1996; Menon et al., 2016; Muhammad et al., 1999; Xiang et al., 2018) atau dengan air mengalir (L. Kaur et al., 2005; Singh et al., 2002). Selama pendinginan, rantai amilosa akan mengalami reasosiasi atau penyatuan kembali, sehingga gel yang terbentuk lebih teratur (Gambar 7). Jika dilanjutkan dengan proses *aging* atau penyimpanan dalam selama beberapa waktu, *cooking loss* mi akan menurun dan kualitas tekstur mi akan meningkat (Han et al., 2011). Hal ini terjadi karena rantai amilopektin akan mengalami rekristalisasi (penyatuan kembali) bersama dengan amilosa (Gambar 7). Proses ini juga disebut sebagai retrogradasi amilopektin (S. Wang, Li, Copeland, Niu, & Wang, 2015).



Gambar 7. Proses terjadinya gelatinasi pati. (A) Granula pati utuh. (B) Peningkatan suhu dan adanya air menyebabkan pembengkakan granula. (C) Rantai amilosa linier terlepas dari pati. (D) Pati mengalami retrogradasi dimana rantai amilosa menyatu kembali sehingga membentuk gel yang teratur akibat dari pendinginan. (E) Rekristalisasi amilopektin dan amilosa terjadi selama penyimpanan pati. (Goesaert et al., 2005).

Pada mi yang dimasak dan dibentuk dengan metode *hot extrusion*, ada 2 jenis alat yang dapat digunakan, yaitu *twin-screw extruder* (L. Wang et al., 2016) dan *single-screw extruder* (Afifah & Ratnawati, 2017). Suhu dan kecepatan yang digunakan berbeda pada setiap jenis alat. Pada penelitian menggunakan tepung kentang serta campuran tepung kentang dan pati beras sebagai bahan baku pembuatan mi bebas gluten. Suhu *barrel* diatur pada 60, 80, 100, dan 90°C (zona 1, 2, 3 dan 4) dengan *screw* berkecepatan 100 rpm. Sedangkan, pada penelitian Afifah & Ratnawati (2017), bahan baku yang digunakan adalah campuran tepung mocaf dan tepung beras. Suhu *barrel extruder* diatur pada 60°C dengan *screw* berkecepatan 50 rpm.

Jika dilihat berdasarkan bahan yang digunakan, mi bebas gluten berbasis pati kentang murni yang dimasak dengan metode ekstrusi memiliki *cooking loss* sekitar 0,4% hingga 2,98% (A. Kaur et al., 2015; L. Kaur et al., 2005; Kim & Wiesenborn, 1996; Sandhu et al., 2010; Singh et al., 2002), yakni lebih rendah dibandingkan dengan mi pati kentang yang dimasak dengan metode konvensional yang memiliki *cooking loss* sebesar 4,33% (M. Wang et al., 2010). Selain itu, jika dilihat secara keseluruhan, *cooking loss* tertinggi dihasilkan dari mi bebas gluten yang dibuat dengan menggunakan *hot-extrusion* (10,6% – 20,42%) (Afifah & Ratnawati, 2017; L. Wang et al., 2016). Sedangkan, *cooking loss* terendah dihasilkan dari mi bebas gluten yang dibuat dengan menggunakan *cold-extrusion* (0,4% – 10,43%) (A. Kaur et al., 2015; L. Kaur et al., 2005; Kim & Wiesenborn, 1996; Menon et al., 2016; Muhammad et al., 1999; Sandhu et al., 2010; Singh et al., 2002; Xiang et al., 2018). Namun, penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk memastikan pengaruh metode pemasakan yang digunakan terhadap *hardness* dan parameter kualitas mi lainnya.

4.3. Pengerinan

Berdasarkan Tabel 6., alat pengeringan yang digunakan untuk mengeringkan mi bebas gluten di antaranya *hot air dryer* (L. Kaur et al., 2005; Sandhu et al., 2010; M. Wang et al., 2010; Xiang et al., 2018), *cabinet dryer* (Purwandari et al., 2014),

oven (A. Kaur et al., 2015; Muhammad et al., 1999), *humidity-controlled hot air-dried* (Xiang et al., 2018), dan *hot air oven* (Menon et al., 2016). Pada penelitian Singh et al. (2002), Kim & Wiesenborn (1996), Xiang et al. (2018), dan Afifah & Ratnawati (2017) tidak menggunakan alat pengering, namun hanya mengandalkan suhu ruang saja. Waktu yang diperlukan untuk mengeringkan pada setiap penelitian juga berbeda. Jika dilihat secara keseluruhan, mi yang melalui proses *aging* memerlukan waktu pengeringan yang lebih singkat dibandingkan dengan mi yang tidak melalui proses *aging*.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Xiang et al. (2018), perbedaan alat yang digunakan dalam proses pengeringan mi bebas gluten berbasis pati ubi jalar mempengaruhi *hardness*, *cooking loss*, dan *chewiness*. Pengeringan yang dilakukan pada suhu ruang (tanpa menggunakan alat) menghasilkan mi dengan *hardness* dan *chewiness* yang paling tinggi dibandingkan dengan menggunakan alat *hot air drier* maupun *humidity-controlled hot air-dried*. Namun, pengeringan yang dilakukan menggunakan *humidity-controlled hot air-dried* dengan RH 40% dan suhu 70°C menghasilkan mi dengan *cooking loss* yang paling rendah dibandingkan dengan metode pengeringan lainnya.

Tabel 5. Kualitas dan Metode Pengolahan Mi Bebas Gluten Berbasis Umbi-Umbian

No	Bahan	Kadar Amilosa	Perlakuan Pendahuluan (<i>Pre-treatment</i>)	Pemasakan		Metode Pengeringan			Kualitas Mi			Referensi
				Metode	Keterangan	Alat	Suhu (°C)	Waktu (jam)	HR (N)	CL (%)	Parameter lainnya	
Konvensional												
1	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>)	TD	T:A=1:11 T:G=96:4	Dicetak + pengukusan	WP = 1 menit U = 2 × 2mm Aging 4°C 24 jam	<i>Hot air dryer</i>	50	3	-	4,33	FR = 1,13N	(M. Wang et al., 2010)
2	Pati ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i>)	TD	T:A=22:29	Dicetak + pengukusan	WP = 2 menit U = 2 × 2mm Aging 4°C 48 jam	-	suhu ruang	hingga kadar air 12%	14,91*	0,2	CH = 0,67 CW = 972	(Han et al., 2011)
3	Tepung gathotan (produk fermentasi singkong)	TD	T:A=1:7 T:G=5:5	Dipipihkan + Pengukusan	U = 1 × 5 mm WP = hingga matang	<i>Cabinet dryer</i>	55	hingga kering	-	4,761	AD = -1130,0 g	(Purwandari et al., 2014)
4	Tepung gathotan (produk fermentasi singkong)	TD	T:A=1:7 T:G=5,5:5	Dipipihkan + Pengukusan	U = 1 × 5 mm WP = hingga matang	<i>Cabinet dryer</i>	55	hingga kering	-	3,199	AD = -509,6 g	(Purwandari et al., 2014)
5	Tepung gathotan (produk fermentasi singkong)	TD	T:A=1:7 T:G=6:5	Dipipihkan + Pengukusan	U = 1 × 5 mm WP = hingga matang	<i>Cabinet dryer</i>	55	hingga kering	-	3,626	AD = -1246,0 g	(Purwandari et al., 2014)
6	Tepung gathotan (produk fermentasi singkong)	TD	T:A=1:8 T:G=5:5	Dipipihkan + Pengukusan	U = 1 × 5 mm WP = hingga matang	<i>Cabinet dryer</i>	55	hingga kering	-	3,172	AD = -533,0 g	(Purwandari et al., 2014)
7	Tepung gathotan (produk fermentasi singkong)	TD	T:A=1:8 T:G=5,5:5	Dipipihkan + Pengukusan	U = 1 × 5 mm WP = hingga matang	<i>Cabinet dryer</i>	55	hingga kering	-	3,116	AD = -1635 g	(Purwandari et al., 2014)

Lanjutan Tabel 5. Kualitas dan Metode Pengolahan Mi Bebas Gluten Berbasis Umbi-Umbian

8	Tepung gathotan (produk fermentasi singkong)	TD	T:A=1:8 T:G=6:5	Dipipihkan + Pengukusan	U = 1 × 5 mm WP = hingga matang	Cabinet dryer	55	hingga kering	-	3,241	AD = -2371 g	(Purwandari et al., 2014)
9	Tepung gathotan (produk fermentasi singkong)	TD	T:A=1:9 T:G=5:5	Dipipihkan + Pengukusan	U = 1 × 5 mm WP = hingga matang	Cabinet dryer	55	hingga kering	-	3,368	AD = -494,5 g	(Purwandari et al., 2014)
10	Tepung gathotan (produk fermentasi singkong)	TD	T:A=1:9 T:G=5,5:5	Dipipihkan + Pengukusan	U = 1 × 5 mm WP = hingga matang	Cabinet dryer	55	hingga kering	-	3,433	AD = -379,6 g	(Purwandari et al., 2014)
11	Tepung gathotan (produk fermentasi singkong)	TD	T:A=1:9 T:G=6:5	Dipipihkan + Pengukusan	U = 1 × 5 mm WP = hingga matang	Cabinet dryer	55	hingga kering	-	3,129	AD = -2428,0 g	(Purwandari et al., 2014)
Teknologi Ekstrusi												
1	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L. var. <i>kufri chandermukhi</i>)	18,5	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 30 detik d=1,6 mm	Hot air dryer	40	TD	35,8	0,446	CH = 0,416 Ncm CW = 7,27 J SP = 0,488 m	(L. Kaur et al., 2005)
2	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L. var. <i>kufri sutlej</i>)	21,6	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 30 detik d=1,6 mm	Hot air dryer	40	TD	48,0	0,470	CH = 0,535 Ncm CW = 12,38 J SP = 0,482 m	(L. Kaur et al., 2005)
3	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L. var. <i>kufri jyoti</i>)	25,7	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 30 detik d=1,6 mm	Hot air dryer	40	TD	62,4	0,405	CH = 0,604 Ncm CW = 23,55 J SP = 0,625 m	(L. Kaur et al., 2005)

Lanjutan Tabel 5. Kualitas dan Metode Pengolahan Mi Bebas Gluten Berbasis Umbi-Umbian

4	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> L. var. <i>kufri sindhuri</i>)	22,4	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 30 detik d=1,6 mm	<i>Hot air dryer</i>	40	TD	59,5	0,425	CH = 0,582 Ncm CW = 23,65 J SP = 0,683 m	(L. Kaur et al., 2005)
5	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> var. <i>kufri chandermukhi</i>)	28,1	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 30 detik d=1,6 mm	-	Suhu ruang	TD	43,9	0,458	CH = 0,528	(Singh et al., 2002)
6	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> var. <i>kufri badshas</i>)	25,6	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 30 detik d=1,6 mm	-	Suhu ruang	TD	29,5	0,419	CH = 0,421	(Singh et al., 2002)
7	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> var. <i>kufri jyoti</i>)	31,6	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 30 detik d=1,6 mm	-	Suhu ruang	TD	67,7	0,487	CH = 0,626	(Singh et al., 2002)
8	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> var. <i>kufri sindhuri</i>)	26,6	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 30 detik d=1,6 mm	-	Suhu ruang	TD	48,8	0,463	CH = 0,563	(Singh et al., 2002)
9	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> S1)	29,1	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 30 detik d=1,6 mm	-	Suhu ruang	TD	67,3	0,443	CH = 0,571	(Singh et al., 2002)
10	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>)	25,3	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 30 detik d=TD	<i>Hot air oven</i>	40	12	-	2,98	CH = 0,724 CW = 7,89 gmm	(Sandhu et al., 2010)
11	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>) & pati beras (<i>Oryza sativa</i>) (3:1)	22,4	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 30 detik d=TD	<i>Hot air oven</i>	40	12	-	2,27	CH = 0,604 CW = 4,77 gmm	(Sandhu et al., 2010)

Lanjutan Tabel 5. Kualitas dan Metode Pengolahan Mi Bebas Gluten Berbasis Umbi-Umbian

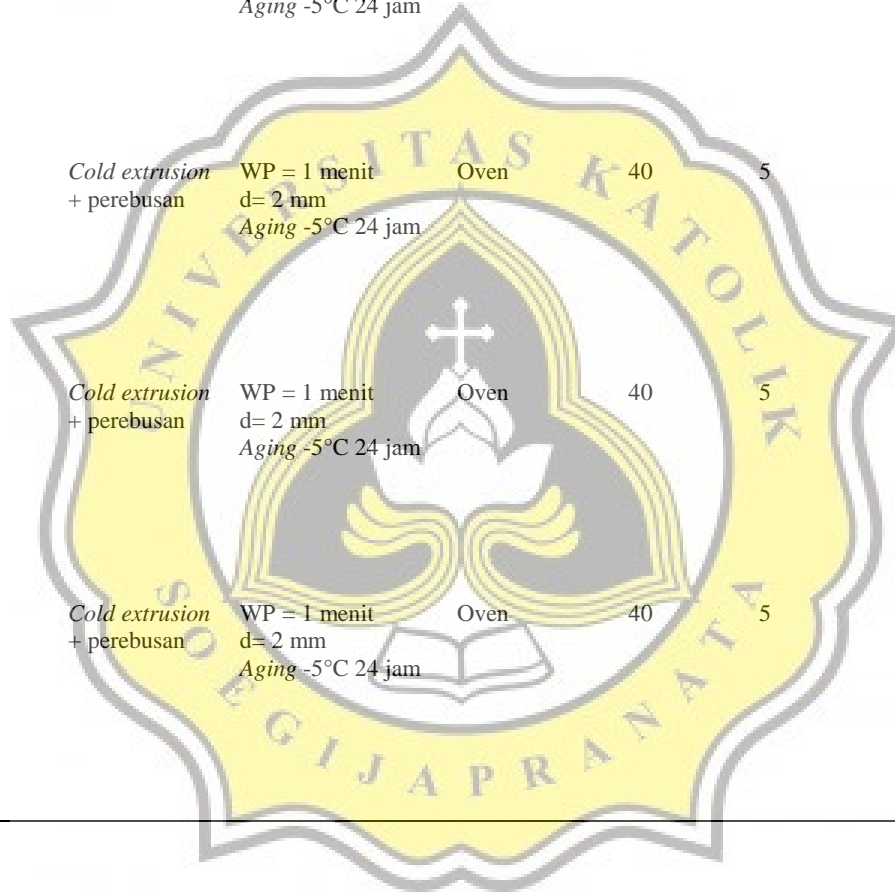
12	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>) & pati beras (<i>Oryza sativa</i>) (1:1)	21,6	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 30 detik d=TD	<i>Hot air oven</i>	40	12	-	1,96	CH = 0,563 CW = 4,01 gmm	(Sandhu et al., 2010)
13	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> var. <i>krantz</i>)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 3 menit d=2 mm	-	Suhu ruang	24	-	1,0	FR = 2,6 g cm	(Kim & Wiesenborn, 1996)
14	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> var. <i>mainechip</i>)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 3 menit d=2 mm	-	Suhu ruang	24	-	1,0	FR = 4,5 g cm	(Kim & Wiesenborn, 1996)
15	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> var. <i>red pontiac</i>)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 3 menit d=2 mm	-	Suhu ruang	24	-	0,4	FR = 4,6 g cm	(Kim & Wiesenborn, 1996)
16	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> var. <i>shasta</i>)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 3 menit d=2 mm	-	Suhu ruang	24	-	0,4	FR = 2,1 g cm	(Kim & Wiesenborn, 1996)
17	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> var. <i>russet burbank</i>)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 3 menit d=2 mm	-	Suhu ruang	24	-	1,2	FR = 1,8 g cm	(Kim & Wiesenborn, 1996)
18	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> E55-35)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 3 menit d=2 mm	-	Suhu ruang	24	-	1,2	FR = 2,1 g cm	(Kim & Wiesenborn, 1996)
19	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> 651-9)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 3 menit d=2 mm	-	Suhu ruang	24	-	0,8	FR = 3,0 g cm	(Kim & Wiesenborn, 1996)

Lanjutan Tabel 5. Kualitas dan Metode Pengolahan Mi Bebas Gluten Berbasis Umbi-Umbian

20	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i> S7001-2)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	WP = 3 menit d=2 mm	-	Suhu ruang	24	-	1,2	FR = 2,1 g cm	(Kim & Wiesenborn, 1996)
21	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>)	23,22	T:A & T:G = TD	<i>Cold extrusion</i> + perebusan	d=0,3 mm	Oven	40	TD	-	0,44	AD = 0,5 Nmm** CH = 0,96 FR = 10,4 g**	(A. Kaur et al., 2015)
22	Tepung kentang (<i>Solanum tuberosum</i>)	13,7	T:A=60:40 (g/ml)	<i>Hot extrusion</i> (twin-screw extruder)	Suhu 60, 80, 100, 90°C (zona 1, 2, 3 & 4) Kecepatan screw 100 rpm Aging 25°C 4 jam	TD	40	12	16,50*	20,42	CH = 0,79 SP = 0,86 mm CW = 1250,67 g	(L. Wang et al., 2016)
23	Tepung kentang (<i>Solanum tuberosum</i>) & tepung beras (<i>Oryza sativa</i>) (5:5)	19,11	T:A=60:40 (g/ml)	<i>Hot extrusion</i> (twin-screw extruder)	Suhu 60, 80, 100, 90°C (zona 1, 2, 3 & 4) Kecepatan screw 100 rpm Aging 25°C 4 jam	TD	40	12	22,30*	12,35	CH = 0,71 SP = 0,98 mm CW = 1614,00 g	(L. Wang et al., 2016)
24	Tepung kentang (<i>Solanum tuberosum</i>) & tepung beras (<i>Oryza sativa</i>) (6:4)	17,72	T:A=60:40 (g/ml)	<i>Hot extrusion</i> (twin-screw extruder)	Suhu 60, 80, 100, 90°C (zona 1, 2, 3 & 4) Kecepatan screw 100 rpm Aging 25°C 4 jam	TD	40	12	22,14*	12,56	CH = 0,73 SP = 0,96 mm CW = 1625,09 g	(L. Wang et al., 2016)
25	Tepung kentang (<i>Solanum tuberosum</i>) & tepung beras (<i>Oryza sativa</i>) (9:1)	13,82	T:A=60:40 (g/ml)	<i>Hot extrusion</i> (twin-screw extruder)	Suhu 60, 80, 100, 90°C (zona 1, 2, 3 & 4) Kecepatan screw 100 rpm Aging 25°C 4 jam	TD	40	12	18,05*	16,17	CH = 0,78 SP = 0,89 mm CW = 1368,26 g	(L. Wang et al., 2016)

Lanjutan Tabel 5. Kualitas dan Metode Pengolahan Mi Bebas Gluten Berbasis Umbi-Umbian

26	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>), tepung tapioka, & pati kacang hijau (<i>Vigna radiata</i>) (78:17:5)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 1 menit d= 2 mm Aging -5°C 24 jam	Oven	40	5	-	6,21	(Muhammad et al., 1999)
27	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>), tepung tapioka, & pati kacang hijau (<i>Vigna radiata</i>) (60:35:5)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 1 menit d= 2 mm Aging -5°C 24 jam	Oven	40	5	-	7,00	(Muhammad et al., 1999)
28	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>), tepung tapioka fosfat, & pati kacang hijau (<i>Vigna radiata</i>) (78:17:5)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 1 menit d= 2 mm Aging -5°C 24 jam	Oven	40	5	-	7,17	(Muhammad et al., 1999)
29	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>), tepung tapioka fosfat, & pati kacang hijau (<i>Vigna radiata</i>) (60:35:5)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 1 menit d= 2 mm Aging -5°C 24 jam	Oven	40	5	-	8,17	(Muhammad et al., 1999)



Lanjutan Tabel 5. Kualitas dan Metode Pengolahan Mi Bebas Gluten Berbasis Umbi-Umbian

30	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>), tepung tapioka komersial, & pati kacang hijau (<i>Vigna radiata</i>) (78:17:5)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 1 menit d= 2 mm Aging -5°C 24 jam	Oven	40	5	-	6,37		(Muhammad et al., 1999)
31	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>), tepung tapioka komersial, & pati kacang hijau (<i>Vigna radiata</i>) (60:35:5)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 1 menit d= 2 mm Aging -5°C 24 jam	Oven	40	5	-	5,42		(Muhammad et al., 1999)
32	Pati kentang (<i>Solanum tuberosum</i>) & pati kacang hijau (<i>Vigna radiata</i>) (95:5)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 1 menit d= 2 mm Aging -5°C 24 jam	Oven	40	5	-	10,43		(Muhammad et al., 1999)
33	Pati ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i>)	26,6	T:A=10:85 (g/g) T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 20 detik Aging 4°C 48 jam	-	26	12,33	6,36*	2,43	CW = 7,13 mJ	(Xiang et al., 2018)
34	Pati ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i>)	26,6	T:A=10:85 (g/g) T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 20 detik Aging 4°C 48 jam	Hot air dried	70	1,18	4,20*	5,53	CW = 4,30 mJ	(Xiang et al., 2018)
35	Pati ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i>)	26,6	T:A=10:85 (g/g) T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 20 detik Aging 4°C 48 jam	Humidity-controlled hot air-dried (RH 40%)	70	1,63	3,98*	1,73	CW = 5,28 mJ	(Xiang et al., 2018)

Lanjutan Tabel 5. Kualitas dan Metode Pengolahan Mi Bebas Gluten Berbasis Umbi-Umbian

36	Pati ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i>)	26,6	T:A=10:85 (g/g) T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 20 detik Aging 4°C 48 jam	Humidity- controlled hot air- dried (RH 60%)	70	2,54	5,50*	2,20	CW =6,50 mJ	(Xiang et al., 2018)
37	Pati ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i>)	26,6	T:A=10:85 (g/g) T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 20 detik Aging 4°C 48 jam	Humidity- controlled hot air- dried (RH 80%)	70	4,08	5,67*	3,05	CW =6,77 mJ	(Xiang et al., 2018)
38	Pati ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i> var. Sree Arun)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 3 menit	Hot air oven	50	18	-	0,68	FR = 0,45 N	(Menon et al., 2016)
39	Pati ubi jalar (<i>Ipomoea batatas</i>)	TD	T:A=1:7 T:G=95:5	Cold extrusion + perebusan	WP = 3 menit d =2 mm	Suhu ruang	24	-	-	3,8	FR = 0,9 g cm	(Kim & Wiesenborn, 1996)
40	Tepung mocaf & tepung beras (50:50)	27,22	T:A=10:4 (g/g)	Hot extrusion (single-screw extruder)	Suhu 60°C Kecepatan screw 50 rpm	Suhu ruang	Semalam	34,55*	11,6	AD = -54,73 g.sec	(Afifah & Ratnawati, 2017)	
41	Tepung mocaf & tepung beras (60:40)	27,34	T:A=10:4 (g/g)	Hot extrusion (single-screw extruder)	Suhu 60°C Kecepatan screw 50 rpm	Suhu ruang	Semalam	50,26*	10,6	AD = -52,49 g.sec	(Afifah & Ratnawati, 2017)	
42	Tepung mocaf & tepung beras (70:30)	27,46	T:A=10:4 (g/g)	Hot extrusion (single-screw extruder)	Suhu 60°C Kecepatan screw 50 rpm	Suhu ruang	Semalam	58,38*	12,2	AD = -57,03 g.sec	(Afifah & Ratnawati, 2017)	

Keterangan :

TD = tidak dicantumkan

T :A = rasio perbandingan tepung dan air

T:G = rasio perbandingan tepung dan gel

U = ukuran mi (tinggi × lebar)

d = diameter *extruder*

WP = waktu pemasakan

HR = *hardness*

CL = *cooking loss*

FR = *firmness*

CH = *cohesiveness*

CW = *chewiness*

AD = *adhesiveness*

SP = *springiness*

*= hasil konversi gram-force (gf) menjadi Newton (1 gf = 0.00980665 N)

**= diperkirakan berdasarkan pendekatan pada grafik yang dilaporkan

