

## PENGARUH PERUBAHAN TEMPERATUR DAN KOMPOSISI TERHADAP TEKSTUR DAGING ANALOG YANG DIHASILKAN MENGGUNAKAN TEKNIK EKSTRUSI

### Giovan Ganandy

Mahasiswa S2 Teknik Mesin  
Universitas Gadjah Mada  
Departemen Teknik Mesin dan Industri  
giovangandy93@mail.ugm.ac.id

### Herianto

Tenaga Pengajar (Dosen)  
Universitas Gadjah Mada  
Departemen Teknik Mesin dan Industri  
herianto@ugm.ac.id

*Analogue meat products currently available are plant-based meats which have a texture and taste like conventional meats. The commonly used ingredient is soy protein. The purpose of this study is to see the interaction of the parameters of the percentage of soybean flour Isolated Soy Protein (ISP) and wheat flour Wheat Flour (WF), water content parameters, barrel temperature parameters, and oil content parameters on the texture of the analog meat. The extrusion process is carried out by a twin screw extrusion machine operates at speed of 50 rpm. The material is then fed into the extruder machine through the hopper. The specimen to be tested is in the form of a cylinder with a diameter of 10mm and a length of 50mm. Texture analysis test was carried out using the Brookfield CT3 Texture Analyzer machine. test results were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) and Turkey test. The barrel temperature parameter has the most influence on the Hardness, Adhesiveness, Gumminess and Chewiness values, while the water content parameter has the most influence on the Cohesiveness value, and the oil content has the most influence on Springiness. The interaction between the parameters of barrel temperature and water content (temperature\*water) has a significant effect on Hardness, Gumminess and Chewiness (Turkey's test,  $p < 0.05$ ). Meanwhile, the interaction of the parameters of water content and oil content (water\*oil) did not show a significant effect (Turkey's test,  $p < 0.05$ ) on the results of the texture analysis test. Meanwhile, the interaction of oil\*temperature parameters showed a significant effect (Turkey's test,  $p < 0.05$ ) on Gumminess and Chewiness.*

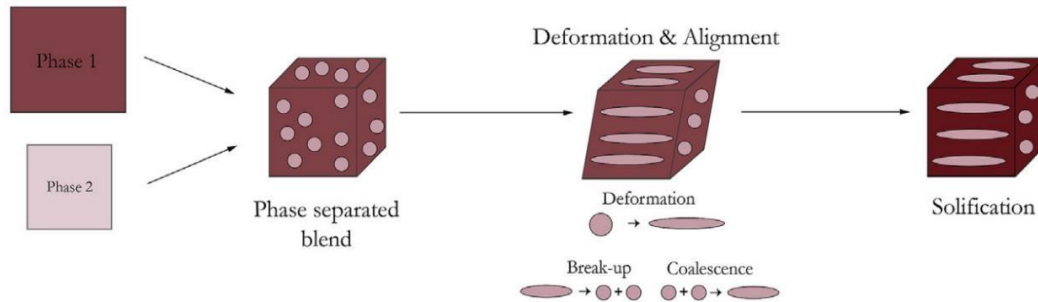
**Keywords:** Analogue Meat, Extrusion Techniques, Texture Analysis.

## 1. PENDAHULUAN

Pengertian daging analog mengacu pada penggantian bahan utama dengan bahan lain daripada daging. Disebut juga sebagai daging pengganti, daging alternatif, daging palsu atau tiruan, dan daging imitasi. Produk daging analog yang tersedia pada saat ini adalah daging nabati (*plant-based*) yang tekstur dan rasa mirip dengan daging konvensional. Bahan yang paling umum digunakan adalah protein kacang kedelai [1].

Di Indonesia sendiri konsumsi produk kacang kedelai sebagai sumber protein hampir mencapai 3 juta ton per tahun [2]. Akan tetapi produk olahan kacang kedelai hanya terbatas pada tahu dan tempe (87%) sedangkan sisanya kecap dan tauco (13%) [3]. Melihat kondisi tersebut, daging analog dapat menjadi alternatif produk olahan kacang kedelai yang dapat memenuhi kebutuhan nutrisi masyarakat di Indonesia.

Daging analog adalah istilah untuk bahan protein yang dimanupulasi supaya dapat menyerupai daging hewan baik dalam tekstur, rasa, dan penampakan [4]. Daging analog dapat diklasifikasikan menjadi protein berbasis nabati (kedelai, kacang polong, gluten, dll.), protein berbasis sel (*in vitro* atau *cultured meat*), dan protein berbasis fermentasi fungi (*mycoprotein*).

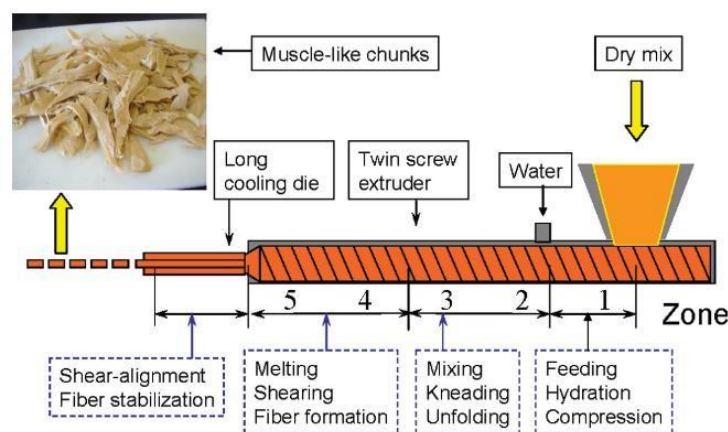


**Gambar 1** Proses pembentukan struktur menjadi bertekstur [8].

Meskipun daging analog berbasis protein sel (*cultured meat*) dan protein berbasis fermentasi fungi (*mycoprotein*) menunjukkan potensi sebagai sumber protein yang unggul [5-6], hasil *Life Cycle Analysis* (LCA) menunjukkan bahwa membutuhkan energi yang besar pada proses produksinya jika dibandingkan dengan sumber protein lain seperti protein berbasis nabati, protein berbasis serangga, dan protein berbasis susu. Hal ini dikarenakan protein berbasis sel dan protein berbasis fermentasi fungi masih berada dalam tahap awal pengembangan teknologi sehingga memiliki efisiensi yang lebih buruk, jika dibandingkan dengan sumber protein lain [7].

Pembentukan struktur bertekstur seperti daging memerlukan proses khusus, contohnya *extrusion*, *shear cell*, *wet spinning*, *electro spinning*, *freeze structuring* dan *cross-linking* [8]. Proses-proses tersebut dapat mengubah struktur protein supaya terjadi interaksi antara polimer protein dan karbohidrat. Teknik memasak ekstrusi merupakan teknologi paling umum digunakan dalam industri untuk mengubah bahan protein berbasis nabati menjadi produk bertekstur, khususnya protein kedelai.

Teknik memasak ekstrusi merupakan teknologi paling umum digunakan dalam industri untuk mengubah bahan protein berbasis nabati menjadi produk bertekstur. Industri makanan menggunakan mesin *screw-extrusion* (baik *single screw* ataupun *twin screw extruder*), khususnya pada dua ranah yang berbeda: industri pemrosesan sereal, dan industri pemrosesan minyak dari biji-bijian. Hingga saat ini tidak ada sinergi antara kedua ranah tersebut dari segi peralatan peralatan teknik pemrosesan. Industri pemrosesan sereal menggunakan teknologi ekstrusi untuk mengubah bentuk sereal dari bentuk tepung dengan cara menguleni, memasak, membentuk, dan menteksturkan menjadi produk makanan yang *ready-to-eat* (RTE). Belakangan ini, industri pemrosesan sereal adalah pengguna utama kedua dari teknologi ekstrusi. Teknik memasak ekstrusi dari bahan berpati dan berprotein dapat menghasilkan produk dengan tekstur spesifik (pada level makromolekular dan makroskopik). Sedangkan industri pemrosesan minyak dari biji-bijian menggunakan teknologi ekstrusi untuk memisahkan ampas biji, minyak, dan protein [9].



**Gambar 2** Skema teknik memasak ekstrusi dengan kelembaban tinggi [10].

Teksturisasi protein bukanlah hal baru pada proses memasak ekstrusi, dimana industri manufaktur makanan sudah menggunakan teknologi ekstrusi pada produksi protein nabati bertekstur, khususnya protein kedelai, selama beberapa decade. Teknik memasak ekstrusi sendiri dibagi menjadi dua yaitu: kelembaban rendah (30-50%) dan kelembaban tinggi (>50%). Pada teknik memasak ekstrusi dengan kelembaban rendah, tepung atau konsentrat diproses secara mekanis menjadi produk *Textured Vegetable Protein* (TVP) kering,

yang nantinya dilembabkan sebelum dikonsumsi [11].

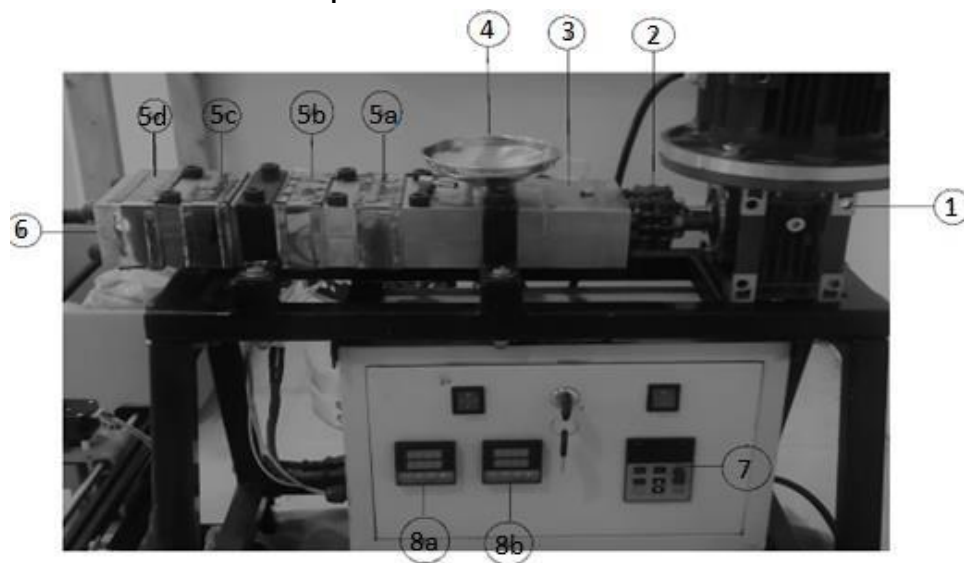
Pada karya ilmiah ini dilakukan penelitian tentang pengaruh perubahan parameter pada mesin ekstrusi (temperatur barel) dan juga komposisi bahan baku (persentase massa, kadar air dan kadar minyak) karena dapat memengaruhi tekstur daging analog yang dihasilkan. Salah satu cara untuk melihat perubahan karakteristik material pada proses ekstrusi adalah dengan analisis tekstur material. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisa pengaruh perubahan parameter pada mesin ekstrusi dan bahan baku untuk dapat menghasilkan daging analog.

## 2. METODE DAN BAHAN

### 2.1 Prosedur Persiapan Bahan

Bahan baku Isolated Soy Protein (ISP) 90% didapat dalam bentuk kemasan produksi Para Agribusiness (Rancacaek, Kabupaten Bandung, Indonesia), Wheat Flour (WF) dengan merek Tepung Terigu Bogasari Segitiga Biru produksi PT Indofood Sukses Makmur Tbk (Jakarta 14110, Indonesia), sedangkan minyak menggunakan merek Sania produksi PT Multimas Nabati Asahan (Kuala Tanjung, Kabupaten Batu Bara, Sumatera Utara, Indonesia). Bahan ISP, WF, air dan minyak lalu ditimbang sesuai takaran, setelah itu dicampur dengan menggunakan mesin hand mixer.

### 2.2 Proses Ekstrusi dan Pembuatan Spesimen



**Gambar 3** : Mesin Twin Screw Extruder.

Proses ekstrusi dilakukan dengan mesin ekstrusi berporos ganda seperti Gambar 1 dengan komponen yaitu Motor listrik dan *Gearbox* (1), *Coupling* (2), *Ekstruder assy* (3), *Hopper* (4), *Heater* (5a, 5b, 5c, 5d), *Dies* (6), Panel kendali motor listrik (7), Panel kendali *Heater* (8a, 8b). Komponen – komponen tersebut memenuhi fungsi seperti yang dijabarkan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Rancangan fungsional pada mesin ekstrusi twinscrew

Komponen	Fungsi
Poros berulir	Memutar, mengalirkan, mengaduk dan menekan bahan dari hooper menuju dies
Rumah roda gigi dan bantalan penggerak poros Barel dan <i>hopper</i>	Menjaga posisi, menselaraskan putaran, dan menstabilkan poros berulir Menahan tekanan akibat putaran poros berulir dan bahan, serta sebagai tempat masukan bahan
Motor listrik dan <i>gearbox</i> reduksi	Menghasilkan putaran
Kopling penghubung	Mentransmisikan putaran antara motor listrik dengan poros berulir
Elemen pemanas dan sensor	Menaikan dan mendeteksi suhu barel
Panel kendali elektronik	Mengendalikan putaran motor listrik dan suhu pada elemen pemanas
Dudukan mesin	Menyangga komponen – komponen

Mesin ekstrusi digerakan dengan motor listrik DC 2 HP dengan kecepatan putar maksimum 1500 rpm yang direduksi menggunakan *gearbox* dengan rasio 1:30 sehingga menghasilkan *output* kecepatan maksimum 50 rpm. Putaran dari *gearbox* lalu disambungkan ke mesin ekstrusi dengan menggunakan kopling rantai. Bahan yang sudah disiapkan lalu dimasukkan kedalam mesin ekstruder melalui *hopper*. Spesimen yang akan diuji berbentuk silinder dengan diameter 10mm dan panjang 50mm.

### 2.3 Uji Analisis Tesktur

Tekstur merupakan faktor yang penting sebagai atribut kualitas dari suatu bahan pangan. Secara umum tekstur adalah atribut suatu zat yang dihasilkan dari kombinasi dari berbagai sifat fisik dan dirasakan oleh indera peraba, penglihatan dan pendengaran. Sifat fisik tersebut dapat berupa ukuran, bentuk, jumlah, sifat, dan konformasi elemen struktural penyusun. Tekstur pada bahan pangan merupakan salah satu atribut mutu, karena tekstur merupakan faktor penting yang mempengaruhi persepsi konsumen terhadap kualitas bahan pangan tersebut. Secara umum, penyebab bervariasinya tekstur dapat dipengaruhi oleh perbedaan proses pengolahannya dan juga varietasnya [12].

Pengujian tekstur yang paling umum digunakan adalah metode *Texture Profile Analysis* (TPA). Metode ini telah dikembangkan sejak tahun 1963 dan target utama pengujian adalah untuk menentukan profilet tekstur dari suatu bahan makanan dan sekaligus digunakan untuk mengevaluasi hubungan korelasi antara pengujian menggunakan instrumen dengan uji sensoris [13].



Gambar 4 *Texture Analyzer CT3 Brookfield*

Uji analisis tekstur dilakukan di Laboratorium Teknik Pangan Dan Pascapanen Universitas Gadjah Mada, dengan menggunakan mesin *Texture Analyzer CT3 Brookfield*. Jenis probe yang digunakan adalah TA39 berbentuk silinder dengan diameter 2mm dengan kecepatan pre-test 2mm/s dan kecepatan test 1mm/s.

### 2.4 Desain Eksperimen dan Analisa Statistik

Proses desain eksperimen dilakukan dengan metode Taguchi *Orthogonal Array* sedangkan analisa hasil uji menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan *Turkey test* dengan menggunakan aplikasi minitab 20.

## 3. HASIL DAN DISKUSI

Pada karya ilmiah ini dilakukan eksperimen dengan metode Taguchi *Orthogonal Array* dengan empat macam faktor dan tiga level. Empat faktor pada eksperimen ini adalah parameter persentase tepung kedelai *Isolated Soy Protein* (ISP) dan tepung gandum *Wheat Flour* (WF), parameter kadar air, parameter temperatur barel, dan parameter kadar minyak. Masing-masing faktor memiliki tiga level seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2: Faktor dan level eksperimen

FAKTOR	LEVEL 1	LEVEL 2	LEVEL 3
Komposisi ISP:WF (wt%)	75:25	50:50	25:75
Kadar Air (wt%)	30	35	40
Kadar Minyak (wt%)	0	5	10
Temperatur Barel (°C)	90	100	110

Untuk dapat melihat interaksi antar parameter dilakukan eksperimen menggunakan Taguchi *orthogonal array* L27 pada Tabel 3, sementara Tabel 4 menampilkan data hasil pengujian tekstur. Dari hasil analisa signifikansi (*significant difference* Turkey's test,  $p < 0.05$ ) terhadap masing-masing parameter pada ketiga level yang ada (Tabel 5), menunjukkan bahwa pada parameter komposisi, air dan minyak tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $p < 0.05$ ) pada ketiga level yang diuji terhadap *Hardness*, *Adhesiveness*, *Cohesiveness*, *Gumminess*, *Chewiness* dan *Springiness*. Sementara parameter suhu menunjukkan perbedaan signifikan ( $p < 0.05$ ) pada ketiga level yang diuji terhadap *Hardness*, *Gumminess* dan *Chewiness*. Untuk dapat melihat apakah interaksi tersebut secara signifikan berpengaruh, maka dilakukan analisa menggunakan metode ANOVA.

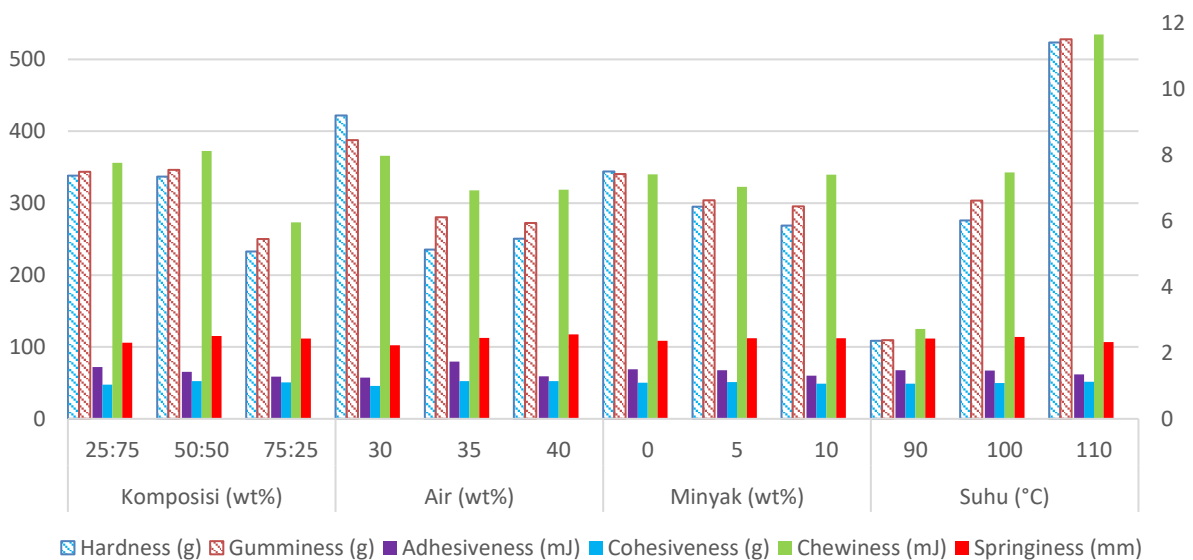
**Tabel 3:** Desain Ekperimen Taguchi *Orthogonal Array* L27

Sample	Komposisi ISP:WF (wt%)	Kadar Air (wt%)	Kadar Minyak (wt%)	Temperatur Barel (°C)
1	75:25	30	0	90
2	75:25	30	5	100
3	75:25	30	10	110
4	50:50	35	0	90
5	50:50	35	5	100
6	50:50	35	10	110
7	25:75	40	0	90
8	25:75	40	5	100
9	25:75	40	10	110
10	50:50	40	0	100
11	50:50	40	5	110
12	50:50	40	10	90
13	25:75	30	0	100
14	25:75	30	5	110
15	25:75	30	10	90
16	75:25	35	0	100
17	75:25	35	5	110
18	75:25	35	10	90
19	25:75	35	0	110
20	25:75	35	5	90
21	25:75	35	10	100
22	75:25	40	0	110
23	75:25	40	5	90
24	75:25	40	10	100
25	50:50	30	0	110
26	50:50	30	5	90
27	50:50	30	10	100

Tabel 5 juga menampilkan hasil analisa signifikansi (*significant difference* Turkey's test,  $p < 0.05$ ) terhadap interaksi parameter air\*minyak, air\*suhu dan minyak\*suhu pada ketiga level yang ada. Interaksi parameter air\*minyak tidak menunjukkan pengaruh signifikan ( $p < 0.05$ ) semua kombinasi level yang diuji. Sementara interaksi parameter air\*suhu berpengaruh signifikan ( $p < 0.05$ ) pada kombinasi level 30wt%\*100°C, 30wt%\*110°C, 35wt%\*100°C, 35wt%\*110°C, 40wt%\*100°C dan 40wt%\*110°C terhadap *Hardness*, *Gumminess* dan *Chewiness*. Hasil tersebut senada dengan penelitian yang dilakukan oleh Palanisamy, Samard, dan Zahari [14]–[16] yang menyatakan bahwa kadar air dan suhu menunjukan perbedaan yang signifikan.

**Tabel 4:** Data Hasil Pengujian Tekstur

Sample	Hardness (g)	Adhesiveness (mJ)	Cohesiveness	Gumminess (g)	Chewiness (mJ)	Springiness (mm)
1	131	1.233	1.123	147.333	3.4	2.403
2	281.333	1.3	0.937	267	6.267	2.21
3	372.333	0.167	1.117	413.667	10.967	2.673
4	119	0.933	1.07	127.333	2.967	2.363
5	177.667	1.433	1.213	213.667	6.167	2.93
6	308.667	0.867	1.467	454.333	11.933	2.737
7	149.667	1.6	1.12	140.333	4.4	2.803
8	268	1.567	1.067	285.333	7.333	2.617
9	556.333	2.2	0.953	537.333	12.6	2.113
10	297	1.867	1.09	322.333	8.033	2.51
11	313.667	2.033	1.427	447.667	12.867	2.867
12	125.333	1.8	0.963	120	3.167	2.68
13	280.667	1.533	1.073	301.333	7.167	2.42
14	962.333	1.5	0.907	867.333	14.7	1.693
15	77	1.667	0.773	59.333	1.267	2.19
16	295.667	1.9	1.113	362.667	7.767	2.387
17	375	0.9	0.973	365.333	8.867	2.467
18	95.667	1.533	1.023	97.667	2.233	2.263
19	250	1.700	1.44	365.333	8.2	2.263
20	77.667	1.467	0.883	68.333	1.4	2.01
21	421.333	0.9	1.097	470	12.867	2.69
22	257.333	1.767	1.103	282.333	6.833	2.507
23	88.667	1.467	1.397	87.667	2.433	2.78
24	199	1.3	1.14	227	4.9	2.21
25	1315.667	0.967	0.773	1016.667	18	1.653
26	112.333	1.567	1.21	135.667	3.3	2.447
27	264.333	1.367	1.063	281	6.767	2.43



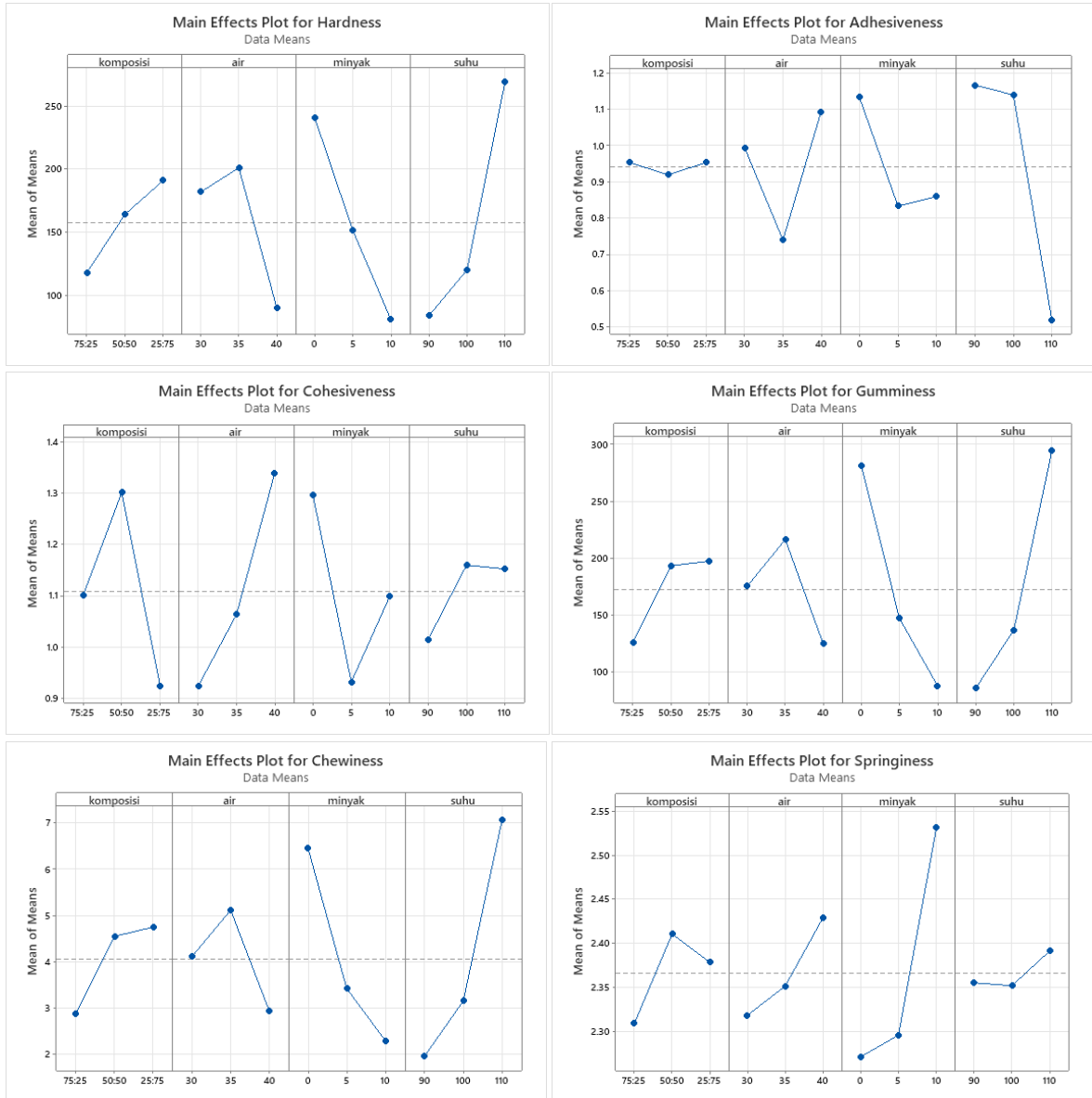
**Gambar 5** Grafik pengaruh perubahan parameter terhadap hasil analisis tekstur

**Tabel 5:** Hasil Analisis interaksi parameter<sup>1</sup>

	<b>Hardness (g)</b>	<b>Adhesiveness (mJ)</b>	<b>Cohesiveness</b>	<b>Gumminess (g)</b>	<b>Chewiness (mJ)</b>	<b>Springiness (mm)</b>
<b>Komposisi (wt%)</b>						
25:75	338.11 <sup>a</sup>	1.57 <sup>a</sup>	1.035 <sup>a</sup>	343.852 <sup>a</sup>	7.77 <sup>a</sup>	2.311 <sup>a</sup>
50:50	337.074 <sup>a</sup>	1.426 <sup>a</sup>	1.142 <sup>a</sup>	346.519 <sup>a</sup>	8.133 <sup>a</sup>	2.513 <sup>a</sup>
75:25	232.889 <sup>a</sup>	1.285 <sup>a</sup>	1.103 <sup>a</sup>	250.074 <sup>a</sup>	5.963 <sup>a</sup>	2.433 <sup>a</sup>
<b>Air (wt%)</b>						
30	421.889 <sup>a</sup>	1.256 <sup>a</sup>	0.997 <sup>a</sup>	387.704 <sup>a</sup>	7.981 <sup>a</sup>	2.236 <sup>a</sup>
35	235.63 <sup>a</sup>	1.733 <sup>a</sup>	1.142 <sup>a</sup>	280.519 <sup>a</sup>	6.933 <sup>a</sup>	2.457 <sup>a</sup>
40	250.556 <sup>a</sup>	1.293 <sup>a</sup>	1.140 <sup>a</sup>	272.222 <sup>a</sup>	6.952 <sup>a</sup>	2.565 <sup>a</sup>
<b>Minyak (wt%)</b>						
0	344 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	1.10 <sup>a</sup>	340.63 <sup>a</sup>	7.419 <sup>a</sup>	2.368 <sup>a</sup>
5	295.185 <sup>a</sup>	1.470 <sup>a</sup>	1.113 <sup>a</sup>	304.222 <sup>a</sup>	7.037 <sup>a</sup>	2.447 <sup>a</sup>
10	268.889 <sup>a</sup>	1.311 <sup>a</sup>	1.066 <sup>a</sup>	295.593 <sup>a</sup>	7.411 <sup>a</sup>	2.443 <sup>a</sup>
<b>Suhu (°C)</b>						
90	108.481 <sup>a</sup>	1.474 <sup>a</sup>	1.063 <sup>a</sup>	109.296 <sup>a</sup>	2.730 <sup>a</sup>	2.438 <sup>a</sup>
100	276.111 <sup>ab</sup>	1.463 <sup>a</sup>	1.088 <sup>a</sup>	303.37 <sup>b</sup>	7.474 <sup>b</sup>	2.489 <sup>a</sup>
110	523.481 <sup>b</sup>	1.344 <sup>a</sup>	1.129 <sup>a</sup>	527.778 <sup>c</sup>	11.663 <sup>c</sup>	2.330 <sup>a</sup>
<b>Air*minyak (wt%*wt%)</b>						
30*0	575.778 <sup>a</sup>	1.244 <sup>a</sup>	0.99 <sup>a</sup>	488.444 <sup>a</sup>	9.522 <sup>a</sup>	2.159 <sup>a</sup>
30*5	452 <sup>a</sup>	1.767 <sup>a</sup>	1.018 <sup>a</sup>	423.333 <sup>a</sup>	8.089 <sup>a</sup>	2.117 <sup>a</sup>
30*10	237.889 <sup>a</sup>	1.456 <sup>a</sup>	0.984 <sup>a</sup>	251.333 <sup>a</sup>	6.333 <sup>a</sup>	2.431 <sup>a</sup>
35*0	221.556 <sup>a</sup>	1.100 <sup>a</sup>	1.208 <sup>a</sup>	285.111 <sup>a</sup>	6.311 <sup>a</sup>	2.338 <sup>a</sup>
35*5	210.111 <sup>a</sup>	1.744 <sup>a</sup>	1.023 <sup>a</sup>	215.778 <sup>a</sup>	5.478 <sup>a</sup>	2.469 <sup>a</sup>
35*10	275.222 <sup>a</sup>	1.067 <sup>a</sup>	1.196 <sup>a</sup>	340.667 <sup>a</sup>	9.011 <sup>a</sup>	2.563 <sup>a</sup>
40*0	234.667 <sup>a</sup>	1.689 <sup>a</sup>	1.104 <sup>a</sup>	248.333 <sup>a</sup>	6.422 <sup>a</sup>	2.607 <sup>a</sup>
40*5	223.444 <sup>a</sup>	1.456 <sup>a</sup>	1.297 <sup>a</sup>	273.556 <sup>a</sup>	7.544 <sup>a</sup>	2.754 <sup>a</sup>
40*10	293.556 <sup>a</sup>	1.511 <sup>a</sup>	1.019 <sup>a</sup>	294.778 <sup>a</sup>	6.889 <sup>a</sup>	2.334 <sup>a</sup>
<b>Air*suhu (wt%*°C)</b>						
30*90	106.778 <sup>a</sup>	1.489 <sup>a</sup>	1.036 <sup>a</sup>	114.111 <sup>a</sup>	2.656 <sup>a</sup>	2.347 <sup>a</sup>
30*100	275.444 <sup>ab</sup>	1.4 <sup>a</sup>	1.024 <sup>a</sup>	283.111 <sup>a</sup>	6.733 <sup>abc</sup>	2.353 <sup>a</sup>
30*110	883.444 <sup>b</sup>	0.878 <sup>a</sup>	0.932 <sup>a</sup>	765.889 <sup>b</sup>	14.556 <sup>d</sup>	2.007 <sup>a</sup>
35*90	97.444 <sup>a</sup>	1.311 <sup>a</sup>	0.992 <sup>a</sup>	97.778 <sup>a</sup>	2.2 <sup>a</sup>	2.212 <sup>a</sup>
35*100	298.222 <sup>ab</sup>	1.411 <sup>a</sup>	1.141 <sup>a</sup>	348.778 <sup>ab</sup>	8.933 <sup>abcd</sup>	2.669 <sup>a</sup>
35*110	311.222 <sup>ab</sup>	1.156 <sup>a</sup>	1.293 <sup>a</sup>	395 <sup>ab</sup>	9.667 <sup>bcd</sup>	2.489 <sup>a</sup>
40*90	121.222 <sup>a</sup>	1.622 <sup>a</sup>	1.160 <sup>a</sup>	116 <sup>b</sup>	3.333 <sup>ac</sup>	2.754 <sup>a</sup>
40*100	254.667 <sup>ab</sup>	1.578 <sup>a</sup>	1.099 <sup>a</sup>	278.222 <sup>a</sup>	6.756 <sup>abc</sup>	2.446 <sup>a</sup>
40*110	375.778 <sup>ab</sup>	2.000 <sup>a</sup>	1.161 <sup>a</sup>	422.444 <sup>ab</sup>	10.767 <sup>bd</sup>	2.496 <sup>a</sup>
<b>Minyak*suhu (wt%*°C)</b>						
0*90	133.222 <sup>a</sup>	1.256 <sup>a</sup>	1.104 <sup>a</sup>	138.333 <sup>ab</sup>	3.589 <sup>a</sup>	2.523 <sup>a</sup>
0*100	291.111 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>	1.092 <sup>a</sup>	328.778 <sup>ab</sup>	7.656 <sup>ab</sup>	2.439 <sup>a</sup>
0*110	607.667 <sup>a</sup>	1.667 <sup>a</sup>	1.106 <sup>a</sup>	554.778 <sup>a</sup>	11.011 <sup>b</sup>	2.141 <sup>a</sup>
5*90	92.889 <sup>a</sup>	1.478 <sup>a</sup>	1.163 <sup>a</sup>	97.222 <sup>b</sup>	2.378 <sup>a</sup>	2.412 <sup>a</sup>
5*100	242.333 <sup>a</sup>	1.078 <sup>a</sup>	1.072 <sup>a</sup>	255.333 <sup>ab</sup>	6.589 <sup>ab</sup>	2.586 <sup>a</sup>
5*110	550.333 <sup>a</sup>	1.478 <sup>a</sup>	1.102 <sup>a</sup>	560.111 <sup>a</sup>	12.144 <sup>a</sup>	2.342 <sup>a</sup>
10*90	99.333 <sup>a</sup>	1.189 <sup>a</sup>	0.92 <sup>a</sup>	92.333 <sup>b</sup>	2.222 <sup>a</sup>	2.378 <sup>a</sup>
10*100	294.889 <sup>a</sup>	1.433 <sup>a</sup>	1.1 <sup>a</sup>	326 <sup>ab</sup>	8.178 <sup>ab</sup>	2.443 <sup>a</sup>
10*110	412.444 <sup>a</sup>	1.767 <sup>a</sup>	1.179 <sup>a</sup>	468.444 <sup>ab</sup>	11.833 <sup>b</sup>	2.508 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Semua data yang ditampilkan sebagai *mean*. Perbedaan notasi huruf cetak kecil menandakan perbedaan signifikan (*significant difference* Turkey's test,  $p < 0.05$ ).

Sedangkan interaksi parameter minyak\*suhu menunjukkan pengaruh signifikan ( $p < 0.05$ ) pada semua kombinasi level terhadap *Gumminess* dan *Chewiness*. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan minyak tidak memberikan pengaruh yang signifikan ( $p < 0.05$ ) terhadap hasil uji analisis tekstur tetapi dapat meningkatkan kemampuan cetak manufaktur aditif [17].



Gambar 6 Grafik main effect plot dari masing-masing faktor terhadap hasil pengujian tekstur

Tabel 6: Hasil Hasil prediksi untuk melihat kombinasi parameter yang paling optimal

Setting Prediksi	Hardness (g)	Adhesiveness (mJ)	Cohesiveness	Gumminess (g)	Chewiness (mJ)	Springiness (mm)
Komposisi ISP:WF (wt%)	25:75	25:75	50:50	25:75	25:75	50:50
Kadar Air (wt%)	35	40	40	35	35	40
Kadar Minyak (wt%)	0	0	0	0	0	0
Temperatur Barel (°C)	110	90	100	110	110	110
Hasil Prediksi	375.444	1.485	1.108	429.815	8.744	2.492



Gambar 6 menunjukkan grafik *main effect plot* dari masing faktor terhadap hasil pengujian tekstur, dari grafik tersebut dapat digunakan untuk melihat berapa nilai hasil pengujian jika menggunakan level dengan response tertinggi dari masing-masing faktor untuk mengetahui kombinasi parameter yang paling optimal dan disajikan pada Tabel 6.

#### 4. KESIMPULAN

Interaksi parameter kadar air dan temperatur barel menunjukkan pengaruh signifikan ( $p < 0.05$ ) pada ketiga level terhadap *Hardness*, *Gumminess* dan *Chewiness*. Interaksi parameter kadar air dan temperatur barel menunjukkan pengaruh signifikan ( $p < 0.05$ ) pada ketiga level terhadap *Hardness*, *Gumminess* dan *Chewiness*. Interaksi antara kadar air dan kadar minyak tidak menunjukkan pengaruh signifikan ( $p < 0.05$ ) pada ketiga level terhadap hasil uji analisis tekstur. Sedangkan interaksi parameter kadar minyak dan temperatur barel menunjukkan pengaruh signifikan ( $p < 0.05$ ) pada ketiga level terhadap *Gumminess* dan *Chewiness*.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] ISMAIL I., HWANG Y. H., JOO S. T., “Meat analog as future food: A review,” *J. Anim. Sci. Technol.*, vol. 62, no. 2, pp. 111–120, 2020, doi: 10.5187/jast.2020.62.2.111.
- [2] BADAN PUSAT STATISTIK, “Rata-Rata Konsumsi per Kapita Seminggu Beberapa Macam Bahan Makanan Penting, 2007-2019,” 2020. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/950/rata-rata-konsumsi-per-kapita-seminggu-beberapa-macam-bahan-makanan-penting-2007-2019.html> (accessed Mar. 04, 2021).
- [3] GUMILAR P., “Ini Alasan Kedelai Impor Lebih Digemari Produsen Tempe,” 2018. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20180829/99/832660/ini-alasan-kedelai-impor-lebih-digemari-produsen-tempe> (accessed Mar. 04, 2021).
- [4] EGBERT R., BORDERS C., “Achieving success with meat analogs,” *Food Technol.*, vol. 60, no. 1, pp. 28–34, 2006.
- [5] FINNIGAN T. J. A., WALL B. T., WILDE P. J., STEPHENS F. B., TAYLOR S. L., FREEDMAN M. R., “Mycoprotein: The Future of Nutritious Nonmeat Protein, a Symposium Review,” *Curr. Dev. Nutr.*, vol. 3, no.6, pp. 1–5, 2019, doi: 10.1093/cdn/nzz021.
- [6] ZHANG G., ZHAO X., LI X., DU G., ZHOU J., CHEN J., “Challenges and possibilities for bio-manufacturing cultured meat,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 97, no. January, pp. 443–450, 2020, doi: 10.1016/j.tifs.2020.01.026.
- [7] SMETANA S., MATHYS A., KNOCH A., HEINZ V., “Meat alternatives: life cycle assessment of most known meat substitutes,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 20, no. 9, pp. 1254–1267, 2015, doi: 10.1007/s11367-015-0931-6.
- [8] DEKKERS B. L., BOOM R. M., VAN DER GOOT A. J., “Structuring processes for meat analogues,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 81, no. May, pp. 25–36, 2018, doi: 10.1016/j.tifs.2018.08.011.
- [9] BOUVIER J.-M., CAMPANELLA O. H., *Extrusion Processing Technology*. 2014. doi: 10.1002/9781118541685.
- [10] LIU K. S., HSIEH F. H., “Protein-protein interactions during high-moisture extrusion for fibrous meat analogues and comparison of protein solubility methods using different solvent systems,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 56, no. 8, pp. 2681–2687, 2008, doi: 10.1021/jf073343q.
- [11] RIAZ M. N., *Texturized vegetable proteins*. Woodhead Publishing Limited, 2011. doi: 10.1533/9780857093639.395.
- [12] UTOMO J. S., “Karakteristik Profil Tekstur Pangan (I): Metode Uniaxial Compression Test dan Texture Profile Analysis (TPA) – Balitkabi,” 2020. <https://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/infotek/karakteristik-profil-tekstur-pangan-i-metode-uniaxial-compression-test-dan-texture-profile-analysis-tpa/> (accessed Dec. 15, 2021).
- [13] TRINH K. T., GLASGOW S., “On The Texture Profile Analysis Test,” *Chemeca*, no. October, pp. 749–760, 2012.
- [14] PALANISAMY M., TÖPFL S., BERGER R. G., HERTEL C., “Physico-chemical and nutritional properties of meat analogues based on Spirulina/lupin protein mixtures,” *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 245, no. 9, pp. 1889–1898, 2019, doi: 10.1007/s00217-019-03298-w.

- [15] SAMARD S., GU B. Y., RYU G. H., “Effects of extrusion types, screw speed and addition of wheat gluten on physicochemical characteristics and cooking stability of meat analogues,” *J. Sci. Food Agric.*, vol. 99, no. 11, pp. 4922–4931, 2019, doi: 10.1002/jsfa.9722.
- [16] ZAHARI I. *et al.*, “Development of high-moisture meat analogues with hemp and soy protein using extrusion cooking,” *Foods*, vol. 9, no. 6, pp. 1–13, 2020, doi: 10.3390/foods9060772.
- [17] LIU L., CIFTCI O. N., “Effects of high oil compositions and printing parameters on food paste properties and printability in a 3D printing food processing model,” *J. Food Eng.*, vol. 288, no. May 2020, p. 110135, 2020, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2020.110135.