



PENGARUH TEMPERATUR, *GRIND SIZE* DAN TIPE PORTAFILTER TERHADAP KUALITAS *ESPRESSO* PADA MESIN *ESPRESSO* SISTEM PNEUMATIK

Rochmad Winarso^{1a}, Slamet Khoeron¹, Rianto Wibowo¹, Darmanto²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim

Korespondensi:

^aProgram Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus
rochmad.winarso@umk.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperature, *grind size* dan jenis portafilter terhadap kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) dan menemukan pengaturan mesin kopi *espresso* sistem pneumatik yang optimal untuk mencapai kualitas terbaik. Pada penelitian ini dilaksanakan dengan menguji karakteristik kopi *espresso* yaitu kadar *total dissolve solid* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) akibat pengaruh temperatur, *grind size* dan tipe portafilter. Desain eksperimen faktorial penuh (*full factorial design of experiments* - FFD) digunakan untuk mengidentifikasi variabel yang memiliki pengaruh yang signifikan pada kualitas espresso yang dihasilkan. Data penelitian diolah menggunakan analisa varian (*analysis of variance* - ANOVA) dengan bantuan perangkat lunak Minitab. Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperature, *grind size* dan tipe portafilter secara statistik memiliki pengaruh yang signifikan dengan tingkat kepercayaan 100% dalam mempengaruhi kadar *total dissolved solids* (TDS). *Grind size* dan tipe portafilter secara statistik juga memiliki pengaruh signifikan terhadap *extraction yield* (EXT) dengan tingkat kepercayaan 100%. Sebaliknya, nilai *p-value* yang lebih tinggi untuk faktor temperatur menunjukkan bahwa faktor tersebut secara statistik tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap *extraction yield* (EXT). Hasil optimasi respons untuk kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) menghasilkan nilai *composite desirability* (D) sebesar 0,7255. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi optimal yang ditemukan melalui plot optimasi cukup dapat diandalkan dan sesuai dengan model regresi yang telah diuji secara kredibel. Variabel yang dapat menghasilkan kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) paling optimal didapat dari pengaturan temperatur 100°C, *grind size* 2.8 dan penggunaan *un-pressurized portafilter*. Kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) yang dihasilkan dari metode respon optimasi ini masing-masing sebesar 11,5252% dan 22,348%.

Kata kunci: *Espresso, total dissolved solids (TDS), extraction yield, full factorial design (FDD).*

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of temperature, grind size and portafilter type on total dissolved solids (TDS) and extraction yield (EXT) levels and find the optimal pneumatic espresso coffee machine settings to achieve the best quality. This study was conducted by examining the characteristics of espresso coffee, namely total dissolved solid (TDS) content and extraction yield (EXT) due to the influence of temperature, grind size and portafilter type. Full factorial design of experiments (FFD) was used to identify variables that have a significant impact on the quality of espresso produced. The research data were processed using Analysis of Variance (ANOVA) with the help of Minitab software. Temperature, grind size and portafilter type were statistically significant at 100% confidence level in affecting total dissolved solids (TDS) levels. Grind size and portafilter type also had a statistically significant effect on extraction yield (EXT) with 100% confidence. In contrast, the higher p-value for the temperature factor indicates that it does not have a statistically significant influence on extraction yield (EXT). The response optimization results for total dissolved solids (TDS) and (b) extraction yield (EXT) resulted in a composite desirability (D) value of 0.7255. From this value, it can be concluded that the optimal conditions found through the optimization plot are quite reliable and fit the regression model that has been tested credibly. The variables that can produce the most optimal levels of total dissolved solids (TDS) and extraction yield (EXT) are obtained from a temperature of 100°C, grind size 2.8 and the use of Un-pressurized portafilter. The levels of total dissolved solids (TDS) and (b) extraction yield (EXT) generated from this response optimization method were 11.5252% and 22.348%, respectively.

Keywords: *Espresso, total dissolved solids (TDS), extraction yield, full factorial design (FDD).*

1. PENDAHULUAN

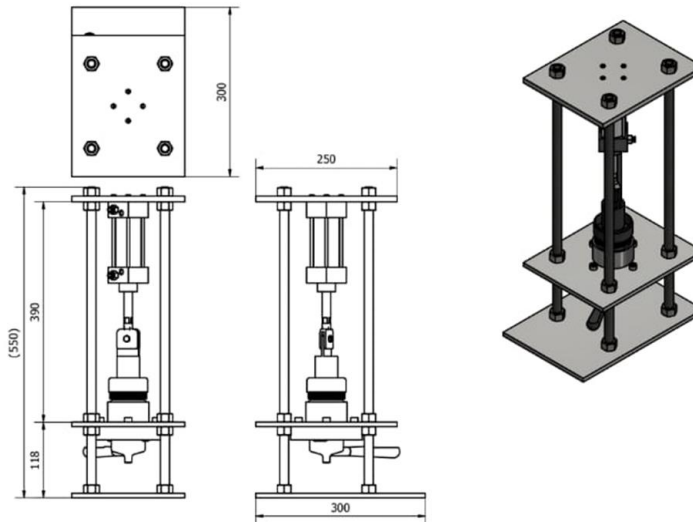
Espresso merupakan minuman favorit utama di antara pecinta kopi Italia. Diperkirakan bahwa setiap hari, lebih dari 50 juta cangkir *espresso* dikonsumsi di seluruh dunia. Keberhasilan ini telah mendorong pengembangan banyak perangkat untuk menyajikan *espresso* [1]. Sampai saat ini, telah banyak perangkat penyeduh kopi yang dikembangkan, dan diketahui bahwa berbagai teknik pembuatan *espresso* yang berbeda akan menghasilkan *espresso* dengan kualitas yang berbeda pula [2]. *Espresso Coffee (EC)* adalah minuman kompleks yang terbuat dari bubuk kopi sangrai dan air. Minuman ini memiliki lapisan busa dengan pola khusus, seperti pola ekor harimau, yang mengapit emulsi tetesan minyak mikroskopis dalam larutan gula, asam, bahan lain seperti protein, dan kafein. Selain itu, *Espresso Coffee* juga mengandung gelembung-gelembung gas yang tersebar dan padatan koloid [3]. *Espresso Coffee (EC)* sangat diminati oleh pencinta kopi, bahkan diperkirakan lebih dari 50 juta cangkir kopi *espresso* dikonsumsi setiap hari di seluruh dunia. Menurut definisi yang sama, *Espresso Coffee* merupakan hasil dari ekstraksi air panas di bawah tekanan tertentu melalui kopi bubuk sangrai yang dipadatkan. Karena itu, ada berbagai mesin dan teknik yang digunakan untuk menghasilkan *espresso coffee*. Salah satu cara konvensional untuk menyeduh *espresso coffee* adalah dengan menggunakan mesin *espresso*, yang terdiri dari tiga komponen utama: pompa berputar, penukar panas, dan ruang ekstraksi [4]. Umumnya, mesin *espresso* menggunakan pompa untuk menghasilkan aliran air yang berkelanjutan. Dengan bantuan pompa volumetrik, air didorong hingga mencapai tekanan yang sesuai (biasanya sekitar 9 bar) dan kemudian dialirkan melalui penukar panas untuk mencapai suhu yang diinginkan (biasanya antara 91 dan 96°C) [5].

Secara umum telah diketahui bahwa jenis kopi, kondisi dan tingkat pemanggangan (*roasting*), proses penggilingan (*grinding*), serta penyimpanan memiliki dampak signifikan pada kualitas *espresso coffee* [6] [7]. Selain itu, beberapa penelitian telah mengkaji bagaimana parameter pengaturan seperti tekanan air, suhu air, dan waktu penyeduhan memengaruhi kualitas minuman. Dengan demikian, dapat

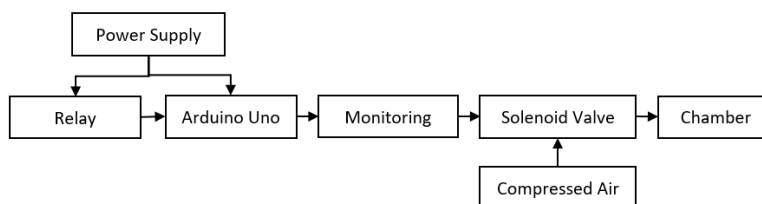
disimpulkan bahwa kualitas keseluruhan *espresso coffee* dapat dipengaruhi oleh banyak faktor, sehingga sulit untuk dapat diprediksi dengan pasti tanpa menggunakan peralatan yang memadai [8] [9] [10].

Metode *espresso* adalah teknik penyeduhan minuman yang melibatkan perkolasi dengan tekanan dari air panas melalui lapisan kopi bubuk [11]. Dalam proses ini, tekanan air digunakan untuk mengekstrak zat-zat yang tidak larut dalam air dari kopi, menghasilkan efek "body" yang memengaruhi persepsi sensorik minuman. Selain itu, *espresso* memiliki ciri khas berupa buih yang tidak ditemukan pada jenis kopi lainnya. Buih ini berperan dalam menjaga aroma minuman dan mengurangi hilangnya aroma ke atmosfer. Kehadiran buih yang persisten sangat penting karena memengaruhi penilaian visual terhadap minuman *espresso* [12]. Beberapa peneliti telah menginvestigasi dampak berbagai kondisi teknis pada kualitas akhir *espresso coffee* (EC). Penelitian yang dilakukan oleh Ily dan Viani [12], Nunes dkk. [13], serta Maeztu dkk. [14] mengamati pengaruh varietas kopi (Arabika dan Robusta), tingkat dan jenis sangrai (*roasting*). Hasilnya penelitian tersebut menunjukkan bahwa kualitas kopi *espresso* dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk agronomi, pemrosesan kopi hijau, pemanggangan/penggilingan, pengemasan, perkolasi, dan teknik dekafeinasi. Faktor lain seperti *brewing temperature* kopi dan rasio air-ke-kopi telah menjadi fokus penelitian oleh peneliti lain [15] [16].

Pada penelitian sebelumnya telah berhasil dikembangkan desain mesin *espresso* sistem pneumatik [17] [18] seperti yang terlihat pada Gambar 1. Mesin ini terdiri dari rangka, silinder, plat *housing*, *actuator pneumatic double acting*, *plunger espresso*, basket, dan portafilter. Mesin ini beroperasi berdasarkan sistem kontrol berbasis Arduino Uno seperti terlihat pada diagram blok Gambar 2. Arduino Uno terkoneksi dengan relay untuk mengontrol gerakan katup solenoid yang bekerja membuka aliran udara dari tangki kompresor kedalam silinder pneumatik. Gerakan ini untuk mengendalikan tekanan pada ruang chamber saat akan dilakukan penyaringan bubuk kopi dengan tekanan 9 bar.



Gambar 1. Desain mesin *espresso* sistem pneumatic



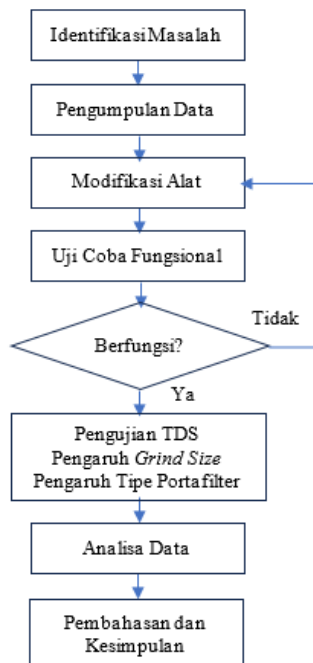
Gambar 2. Diagram blok kontrol katup solenoid dengan Arduino Uno

Dalam beberapa tahun terakhir, analisis berdasarkan sensor (*sensory analysis*) semakin vital dalam menilai kualitas makanan/minuman. Peralatan ini mampu memprediksi dan mengidentifikasi preferensi konsumen untuk makanan atau minuman tertentu berdasarkan rasa, aroma, dan tekstur. Analitis data sensori harus diselaraskan untuk memahami nilai analitis yang paling sesuai dengan produk minuman yang paling berharga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperature, *grind size* dan jenis portafilter terhadap kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) dan menemukan pengaturan mesin kopi espresso pneumatik yang optimal untuk mencapai kualitas terbaik. Pada penelitian ini dilaksanakan dengan menguji karakteristik kopi espresso yaitu *Total Dissolve Solid* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) akibat pengaruh temperatur, *grind size* dan tipe portafilter.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini melibatkan pengujian kadar TDS dalam *espresso* yang dihasilkan oleh mesin *espresso* sistem pneumatik. Kualitas *espresso* sangat dipengaruhi oleh dua faktor utama: jumlah *total dissolved solids* (TDS), yang merujuk pada berat padatan yang larut dalam minuman, dan *extraction yield* (EY), yang mengukur berat padatan terlarut yang diambil dari bubuk kopi [19]. Variabel bebas dalam penelitian ini mencakup temperature, *grind size* dan jenis portafilter, sedangkan variabel terikat mencakup kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EY). Selain itu, variabel kontrol mencakup tekanan, suhu, waktu ekstraksi, dan volume hasil. Rincian faktor dan tingkatnya untuk parameter pengujian dapat dilihat dalam Tabel 1.

Desain eksperimen faktorial penuh (*full factorial design of experiments* - FFD) digunakan untuk mengidentifikasi variabel yang memiliki dampak signifikan pada kualitas *espresso* yang dihasilkan. Data respons yang paling penting tentang efek dan interaksi dari faktor-faktor utama akan diperoleh melalui desain eksperimen faktorial penuh ini. Selain itu, desain eksperimen faktorial penuh memungkinkan proses optimalisasi variabel yang berpengaruh dan yang tidak berpengaruh dapat diketahui. Data penelitian diolah menggunakan analisa varian (*analysis of variance* - ANOVA) dengan bantuan perangkat lunak Minitab. Secara skematik diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart penelitian

Tabel 1. Faktor variabel pada masing - masing level

Faktor	Level		
	1	2	3
Temperatur	90	95	100
Grind Size Level	2,8	3	3,2
Portafilter Type	Pressurized	Unpressurized	

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Semua data kuantitatif, termasuk kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT), ditabulasikan dalam matriks desain eksperimen seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2, diikuti dengan analisis statistik yang diperlukan.

Tabel 2. Data rekam kekeruhan pada hasil pengujian sampel kopi cair

Std Order	Temperature (°C)	Grind Size (Click)	Portafilter Type	Dose (gr)	Yield of Coffee (gr)	TDS (%)			EXT (%)		
						1	2	3	1	2	3
1	90	2,8	Unpressurized	16	36	11,24	11,24	11,28	25,29	25,29	25,38
2	90	2,8	Pressurized	16	37,6	10,98	11,02	11	25,80	25,90	25,85
3	90	3	Unpressurized	16	30,7	13,16	13,25	13,24	25,25	25,42	25,40
4	90	3	Pressurized	16	40,6	10,61	10,63	10,64	26,92	26,97	27,00
5	90	3,2	Unpressurized	16	37,4	11	10,97	10,96	25,71	25,64	25,62
6	90	3,2	Pressurized	16	41,6	9,73	9,64	9,64	25,30	25,06	25,06
7	95	2,8	Unpressurized	16	33	11,26	11,33	11,31	23,22	23,37	23,33
8	95	2,8	Pressurized	16	42	10,41	10,24	10,22	27,33	26,88	26,83
9	95	3	Unpressurized	16	29,4	14,1	14,07	14,04	25,91	25,85	25,80
10	95	3	Pressurized	16	32,1	12,52	12,53	12,53	25,12	25,14	25,14
11	95	3,2	Unpressurized	16	37,1	10,65	10,69	10,67	24,69	24,79	24,74
12	95	3,2	Pressurized	16	40,9	10,42	10,44	10,44	26,64	26,69	26,69
13	100	2,8	Unpressurized	16	33	10,58	10,61	10,58	21,82	21,88	21,82
14	100	2,8	Pressurized	16	35	11,58	11,58	11,73	25,33	25,33	25,66
15	100	3	Unpressurized	16	32,2	12,88	12,88	13	25,92	25,92	26,16
16	100	3	Pressurized	16	37,7	11,27	11,34	11,25	26,55	26,72	26,51
17	100	3,2	Unpressurized	16	38,7	11,49	11,49	11,47	27,79	27,79	27,74
18	100	3,2	Pressurized	16	40,9	10,45	10,46	10,47	26,71	26,74	26,76

Analisa varian (ANOVA) digunakan untuk mengukur probabilitas bahwa hasil yang diamati berasal dari peluang acak. Apabila nilai *p*-nilai (*p-value*) suatu variabel kurang dari tingkat signifikansi yang ditetapkan, variabel tersebut dianggap signifikan secara statistik. Kebanyakan peneliti sepakat bahwa nilai *p-value* harus sama dengan atau kurang dari 0,05 agar variabel operasional dianggap signifikan secara statistik dalam memengaruhi respon yang diamati, serta agar hipotesis nol dalam ANOVA dapat ditolak [20] [21].

Pada Tabel 3, diperlihatkan bahwa *temperature*, *grind size* dan *portafilter type* secara statistik memiliki pengaruh signifikan dengan tingkat kepercayaan 100% dalam memengaruhi kadar *total dissolved solids* (TDS). Hal ini terlihat dari nilai *p-value* mereka yang lebih kecil

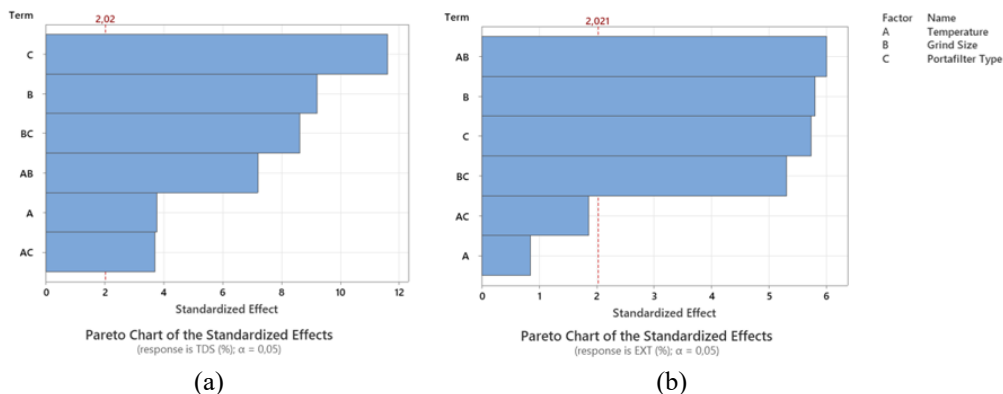
dari 0,05, dengan asumsi bahwa semua efek yang terlihat kecil mencerminkan *error*. Ditunjukkan juga bahwa *grind size* dan *portafilter type* juga memiliki signifikansi statistik dengan tingkat kepercayaan 100% dalam memengaruhi kadar *extraction yield* (EXT). Sebaliknya, nilai *p-value* yang lebih tinggi untuk faktor *temperature* menunjukkan bahwa faktor tersebut tidak memiliki signifikansi statistik terhadap *extraction yield* (EXT).

Tabel 3. Analisa variasi pada Total Dissolved Solids (TDS) dan Extraction Yield (EXT)

Source	Variance of Total Dissolved Solids (TDS)					Variance of Extraction Yield (EXT)				
	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	13	63,1936	4,8610	53,73	0,000	13	80,3545	6,1811	12,99	0,000
Linear	5	47,0768	9,4154	104,07	0,000	5	35,6697	7,1339	14,99	0,000
Temperature	2	1,6630	0,8315	9,19	0,001	2	0,8872	0,4436	0,93	0,402
Grind Size	2	33,2110	16,6055	183,54	0,000	2	19,1448	9,5724	20,11	0,000
Portafilter Type	1	12,2028	12,2028	134,88	0,000	1	15,6377	15,6377	32,86	0,000
2-Way Interactions	8	16,1169	2,0146	22,27	0,000	8	44,6848	5,5856	11,74	0,000
Temperature*Grind Size	4	6,7662	1,6916	18,70	0,000	4	25,7639	6,4410	13,53	0,000
Temperature*Portafilter Type	2	1,6073	0,8037	8,88	0,001	2	2,7141	1,3571	2,85	0,070
Grind Size*Portafilter Type	2	7,7433	3,8716	42,79	0,000	2	16,2068	8,1034	17,03	0,000
Error	40	3,6189	0,0905	-	-	40	19,0371	0,4759	-	-
Lack-of-Fit	4	3,5480	0,8870	450,16	0,000	4	18,6506	4,6626	434,27	0,000
Pure Error	36	0,0709	0,0020	-	-	36	0,3865	0,0107	-	-
Total	53	66,8125	-	-	-	53	99,3916	-	-	-

Pada Tabel 2 dapat ditunjukkan hasil pengujian kadar kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) setiap pengujian berdasarkan variasi *temperature*, *grind size* dan *portafilter type*. Dikarenakan ada tiga pengulangan dari desain faktorial penuh tidak memberikan estimasi error yang cukup untuk analisis ANOVA, maka pada penelitian ini digunakan *normal probability plot* (NPP) dan plot Pareto untuk mengidentifikasi efek yang lebih besar dan mungkin lebih signifikan. Variabel yang memiliki pengaruh yang signifikan secara statistik dapat dilihat dari grafik yang melampaui ambang batas pada grafik Pareto [22]. Berdasarkan grafik Pareto pada Gambar 4 (a), terlihat bahwa semua variabel mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kadar *total dissolved solids* (TDS). Hal tersebut dapat diketahui dari grafik pareto dimana semua variabel melebihi ambang batas yaitu 2,02. Dengan tingkat signifikansi 5%, diagram Pareto mengindikasikan tipe portafilter dan *grind size* merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kadar *total dissolved solids* (TDS). Berdasarkan grafik Pareto pada Gambar 4 (b), terlihat bahwa tidak semua variabel mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap *extraction yield* (EXT). Variabel *grind size* dan tipe portafilter mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap *extraction yield* (EXT). Hal tersebut dapat diketahui dari grafik pareto dimana variabel *grind size* dan tipe portafilter melebihi ambang batas yaitu 2,021. Dengan tingkat signifikansi 5%, diagram Pareto mengindikasikan tipe portafilter dan *grind size* merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap *extraction yield* (EXT).

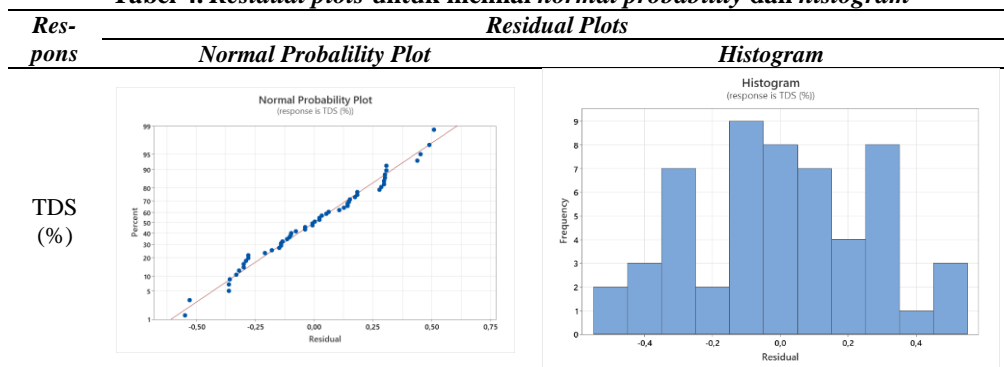
Sebelum dilanjutkan dengan analisis statistik yang lebih mendalam, dilakukan analisis data terlebih dahulu untuk memastikan bahwa desain eksperimen telah memenuhi berbagai asumsi residual yang diperlukan untuk validasi [23]. Pemeriksaan validasi data ini mencakup tiga asumsi residual utama, yaitu: (i) asumsi normalitas residual; (ii) asumsi kekonstanan varians residual; dan (iii) asumsi independensi residual. Apabila ketiga asumsi ini terpenuhi, maka model regresi yang dihasilkan dianggap valid untuk data eksperimen [24]. Untuk memverifikasi ketiga asumsi ini, dapat digunakan berbagai plot statistik residual, seperti *normal probability plot*, histogram, *versus fit*, dan *versus order* [20].



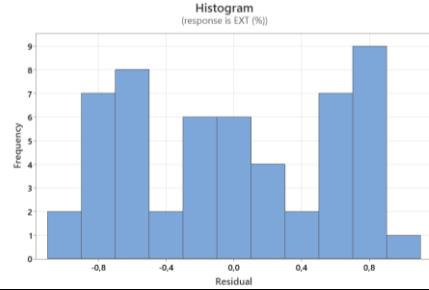
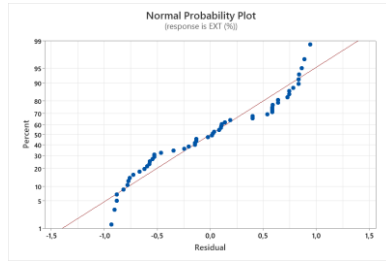
Gambar 4. Grafik pareto untuk (a) Kadar total dissolved solids (TDS) dan (b) Extraction yield (EXT).

Pada Tabel 4 dan 5 dapat ditunjukkan plot residual yang menggambarkan distribusi *total dissolved solids* (TDS) dan (b) *extraction yield* (EXT). Dari hasil evaluasi *normal probability plot*, dapat disimpulkan bahwa semua titik residual berada dalam kedekatan garis lurus, menunjukkan bahwa distribusi *total dissolved solids* (TDS) dan (b) *extraction yield* (EXT) bersifat normal. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kriteria pertama dalam pemeriksaan kecukupan model regresi telah terpenuhi. *Histogram residual* untuk setiap pengamatan menampilkan distribusi residual. Histogram yang hampir simetris pada ilustrasi ini mengindikasikan bahwa *error* terdistribusi secara normal dengan rata-rata nol. Grafik *residual versus fit* yang simetris menunjukkan bahwa titik data untuk *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) tersebar secara acak tanpa pola yang menonjol yang menunjukkan bahwa nilai varian residual tetap konstan. Selain itu, *plot residual versus order* menunjukkan bahwa titik-titik residual bersifat acak sepenuhnya, tanpa ketergantungan pada urutan pengamatan. Ini mengimplikasikan bahwa residual saling independen satu sama lain dan memenuhi syarat independensi yang diperlukan untuk proses analisis berikutnya.

Tabel 4. Residual plots untuk menilai normal probability dan histogram



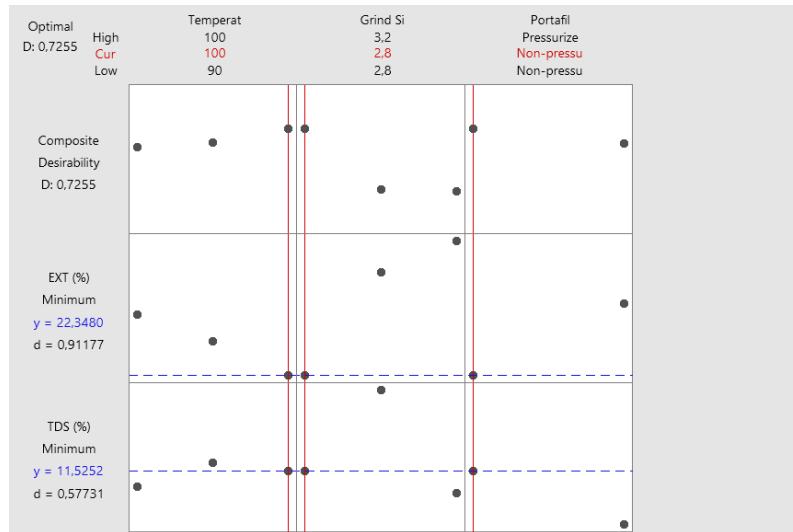
EXT (%)



Pada Tabel 5 dapat ditunjukkan grafik *main plots* dan *interaction plots* untuk *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT). Dari *main plots* pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa temperatur mempunyai pengaruh yang paling kecil terhadap *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) yang dihasilkan dibandingkan dengan dua variabel lainnya yaitu *grind size* dan *portafilter type*. *Grind size* mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) yang dihasilkan. Semakin besar nilai *grind size* akan cenderung menurunkan kadar *total dissolved solids* (TDS) dan menaikkan *extraction yield* (EXT) yang dihasilkan. Nilai *extraction yield* (EXT) yang semakin tinggi berarti bahwa *espresso* yang dihasilkan akan semakin *bitter*. Berdasarkan *Interaction Plots* pada Tabel 6, dapat diketahui bahwa variabel *grind size* tidak mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil *espresso* yang dihasilkan dari *pressurized portafilter* atau hasilnya relative sama. Sebaliknya variabel *grind size* akan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap hasil *espresso* yang dihasilkan dari *Un-pressurized portafilter*.

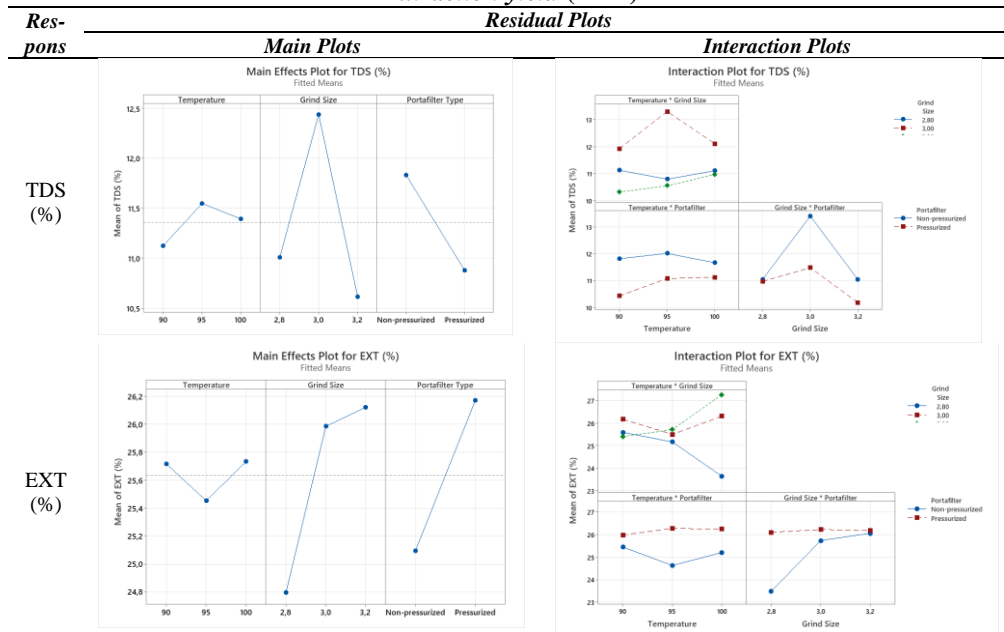
Tabel 5. Residual plots untuk menilai versus fit dan versus order

Res-pons	Residual Plots	
	Versus Fit	Versus Order
TDS (%)	<p>Versus Fits (response is TDS (%)) residual plot showing residuals scattered around zero against fitted values.</p>	<p>Versus Order (response is TDS (%)) residual plot showing residuals fluctuating around zero against observation order.</p>
EXT (%)	<p>Versus Fits (response is EXT (%)) residual plot showing residuals scattered around zero against fitted values.</p>	<p>Versus Order (response is EXT (%)) residual plot showing residuals fluctuating around zero against observation order.</p>



Gambar 5. Response optimization plot

Tabel 6. Grafik main plots dan interaction plots untuk total dissolved solids (TDS) dan Extraction yield (EXT)



Kondisi optimal dari variabel atau komponen dapat dikontrol untuk mencapai kualitas espresso yang dihasilkan dengan menggunakan metode pengoptimalan respons (*response optimizer method*). Tujuannya dari metode pengoptimalan respons ini adalah untuk mencapai hasil yang paling optimum, yaitu kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) yang optimal. Gambar 5 mengilustrasikan plot optimasi untuk respon yang diinginkan. Parameter statistik lain yang dapat digunakan untuk menguji keakuratan *response optimization* adalah *composite desirability* (D) [20][25]. Semakin mendekati nilai D ke angka 1,00, semakin maka dapat disimpulkan bahwa hasil optimasi dapat diandalkan dan tepat sesuai dengan hasil

analisis statistik faktor dan optimasi responsnya [26]. Hasil optimasi respons untuk kadar *total dissolved solids* (TDS) dan (b) *extraction yield* (EXT) pada *composite desirability* adalah 0,7255. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi optimal yang ditemukan melalui plot optimasi cukup dapat diandalkan dan sesuai dengan model regresi yang telah diuji secara kredibel. Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa variabel yang dapat menghasilkan kadar *total dissolved solids* (TDS) dan (b) *extraction yield* (EXT) paling optimal didapat dari temperatur 100°C, grind size 2.8 dan penggunaan *Un-pressurized portafilter*. Kadar *total dissolved solids* (TDS) dan (b) *extraction yield* (EXT) yang dihasilkan dari metode respon optimasi ini masing-masing sebesar 11,5252% dan 22,348%.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui pengaruh temperature, *grind size* dan jenis portafilter terhadap kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) dan dapat menemukan pengaturan mesin kopi espresso pneumatik yang optimal untuk mencapai kualitas terbaik yaitu temperatur 100°C, *grind size* 2.8 *click* dan penggunaan *Un-pressurized portafilter*. Penelitian ini dilaksanakan dengan menguji karakteristik kopi espresso yaitu *Total Dissolve Solid* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) akibat pengaruh temperatur, *grind size* dan tipe portafilter. Temperatur, *grind size* dan tipe portafilter secara statistik memiliki pengaruh yang signifikan dengan tingkat kepercayaan 100% dalam memengaruhi kadar *total dissolved solids* (TDS). Hal ini terlihat dari nilai *p-value* mereka yang lebih kecil dari 0,05. *Grind size* dan tipe portafilter secara statistik juga memiliki pengaruh signifikan terhadap *extraction yield* (EXT) dengan tingkat kepercayaan 100%. Sebaliknya, nilai *p-value* yang lebih tinggi untuk faktor temperatur menunjukkan bahwa faktor tersebut secara statistik tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap *extraction yield* (EXT). Hasil optimasi respons untuk kadar *total dissolved solids* (TDS) dan (b) *extraction yield* (EXT) menghasilkan nilai *composite desirability* (D) sebesar 0,7255. Dari nilai tersebut dapat disimpulkan bahwa kondisi optimal yang ditemukan melalui plot optimasi cukup dapat diandalkan dan sesuai dengan model regresi yang telah diuji secara kredibel. Variabel yang dapat menghasilkan kadar *total dissolved solids* (TDS) dan *extraction yield* (EXT) paling optimal didapat dari temperatur 100°C, *grind size* 2.8 dan penggunaan *Un-pressurized portafilter*. Kadar *total dissolved solids* (TDS) dan (b) *extraction yield* (EXT) yang dihasilkan dari metode respon optimasi ini masing-masing sebesar 11,5252% dan 22,348%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Universitas Muria Kudus karena penelitian ini didukung dan dibiayai oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Muria Kudus melalui Program Penelitian Internal dengan skema Penelitian Kompetitif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Parenti, L. Guerrini, P. Masella, R. Dainelli, and P. Spugnoli, "A new method for Espresso Coffee brewing: Caffè Firenze," *Journal of Agricultural Engineering*, vol. 44, no. 2s, Sep. 2013, doi: 10.4081/jae.2013.294.
- [2] A. N. Gloess *et al.*, "Comparison of nine common coffee extraction methods: Instrumental and sensory analysis," *European Food Research and Technology*, vol. 236, no. 4, pp. 607–627, Apr. 2013, doi: 10.1007/s00217-013-1917-x.
- [3] A. Illy and R. Viani, *Espresso Coffee The Science of Quality*. Elsevier Academic Press, 2005. doi: 10.1016/b978-012370371-2/50004-4.
- [4] Andrea Illy and Rinantonio Viani, "The Science of Quality," 2005.

- [5] G. Caprioli *et al.*, "Optimization of espresso machine parameters through the analysis of coffee odorants by HS-SPME-GC/MS," *Food Chem*, vol. 135, no. 3, pp. 1127–1133, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.foodchem.2012.06.024.
- [6] C. Sanz, L. Maeztu, M. Jose Zapelena, J. Bello, and C. Cid, "Profiles of volatile compounds and sensory analysis of three blends of coffee: Influence of different proportions of Arabica and Robusta and influence of roasting coffee with sugar," *J Sci Food Agric*, vol. 82, no. 8, pp. 840–847, 2002, doi: 10.1002/jsfa.1110.
- [7] M. Anese, L. Manzocco, and M. C. Nicoli, "Modeling the secondary shelf life of ground roasted coffee," *J Agric Food Chem*, vol. 54, no. 15, pp. 5571–5576, Jul. 2006, doi: 10.1021/jf060204k.
- [8] S. Andueza, L. Maeztu, B. Dean, M. P. De Peña, J. Bello, and C. Cid, "Influence of water pressure on the final quality of Arabica espresso coffee. Application of multivariate analysis," *J Agric Food Chem*, vol. 50, no. 25, pp. 7426–7431, Dec. 2002, doi: 10.1021/jf0206623.
- [9] S. Andueza, L. Maeztu, L. Pascual, C. Ibáñez, M. Paz de Peña, and C. Cid, "Influence of extraction temperature on the final quality of espresso coffee," *J Sci Food Agric*, vol. 83, no. 3, pp. 240–248, Feb. 2003, doi: 10.1002/jsfa.1304.
- [10] I. A. Ludwig, L. Sanchez, B. Caemmerer, L. W. Kroh, M. P. De Peña, and C. Cid, "Extraction of coffee antioxidants: Impact of brewing time and method," *Food Research International*, vol. 48, no. 1, pp. 57–64, Aug. 2012, doi: 10.1016/j.foodres.2012.02.023.
- [11] M. Petracco, "Technology IV: Beverage Preparation: Brewing Trends for the New Millennium," 2021.
- [12] A. Illy and R. Viani, "Espresso coffee: the chemistry of quality," 1995. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:112598648>
- [13] F. M. Nunes, M. A. Coimbra, A. C. Duarte, and I. Delgadillo, "Foamability, Foam Stability, and Chemical Composition of Espresso Coffee As Affected by the Degree of Roast," *J Agric Food Chem*, vol. 45, no. 8, pp. 3238–3243, Aug. 1997, doi: 10.1021/jf970009t.
- [14] L. Maeztu, C. Sanz, S. Andueza, M. Paz De Peña, J. Bello, and C. Cid, "Characterization of Espresso Coffee Aroma by Static Headspace GC–MS and Sensory Flavor Profile," *J Agric Food Chem*, vol. 49, no. 11, pp. 5437–5444, Nov. 2001, doi: 10.1021/jf0107959.
- [15] J. A. Klotz, G. Winkler, and D. W. Lachenmeier, "Influence of the brewing temperature on the taste of espresso," *Foods*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.3390/foods9010036.
- [16] S. Andueza, M. A. Vila, M. Paz De Peña, and C. Cid, "TITLE: Influence of coffee/water ratio on the final quality of Espresso Coffee. RUNNING TITLE: Coffee/water ratio on Espresso Coffee quality," 2007.
- [17] M. Elyan, R. Winarso, and R. Wibowo, "Pembuatan Mesin Kopi Espresso Menggunakan Sistem Pneumatik," *Jurnal CRANKSHAFT*, vol. 5, no. 1, pp. 2623–0755, 2022.
- [18] N. A. Saputra, R. Winarso, and R. Wibowo, "Rancang Bangun Sistem Otomasi pada Mesin Espresso dengan Sistem Pneumatik Berbasis Arduino Uno," *Jurnal Ilmiah Momentum*, vol. 18, no. 2, p. 76, 2022, doi: 10.36499/jim.v18i2.7072.
- [19] M. Várady, J. Tauchen, P. Klouček, and P. Popelka, "Effects of Total Dissolved Solids, Extraction Yield, Grinding, and Method of Preparation on Antioxidant Activity in Fermented Specialty Coffee," *Fermentation*, vol. 8, no. 8, 2022, doi: 10.3390/fermentation8080375.
- [20] P. Ter Teo *et al.*, "Application of general full factorial statistical experimental design's approach for the development of sustainable clay-based ceramics incorporated with

- malaysia's electric arc furnace steel slag waste," *Crystals (Basel)*, vol. 11, no. 4, pp. 50–52, 2021, doi: 10.3390/cryst11040442.
- [21] O. Prakash, M. Talat, S. H. Hasan, and R. K. Pandey, "Factorial design for the optimization of enzymatic detection of cadmium in aqueous solution using immobilized urease from vegetable waste," *Bioresour Technol*, vol. 99, no. 16, pp. 7565–7572, 2008, doi: 10.1016/j.biortech.2008.02.008.
- [22] A. Mazen, B. McClanahan, and J. M. Weaver, "Factors affecting ultimate tensile strength and impact toughness of 3D printed parts using fractional factorial design," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 119, no. 3–4, pp. 2639–2651, 2022, doi: 10.1007/s00170-021-08433-0.
- [23] S. H. A. Rahman, N. N. Zulkarnain, and N. Shafiq, "Experimental study and design of experiment using statistical analysis for the development of geopolymer matrix for oil-well cementing for enhancing the integrity," *Crystals (Basel)*, vol. 11, no. 2, 2021, doi: 10.3390/cryst11020139.
- [24] S. Saadat and A. Karimi-Jashni, "Optimization of Pb(II) adsorption onto modified walnut shells using factorial design and simplex methodologies," *Chemical Engineering Journal*, vol. 173, no. 3, pp. 743–749, 2011, doi: 10.1016/j.cej.2011.08.042.
- [25] M. Ciopec *et al.*, "Adsorption studies of Cr(III) ions from aqueous solutions by DEHPA impregnated onto Amberlite XAD7 - Factorial design analysis," *Chemical Engineering Research and Design*, vol. 90, no. 10, pp. 1660–1670, 2012, doi: 10.1016/j.cherd.2012.01.016.
- [26] B. Peng Chang, H. Md Akil, R. Bt Nasir, and A. Khan, "Optimization on wear performance of UHMWPE composites using response surface methodology," *Tribol Int*, vol. 88, pp. 252–262, 2015, doi: 10.1016/j.triboint.2015.03.028.