

PERBANDINGAN ANALISIS PARAMETER MOISTURE CONTENT FLAVOUR POWDER MENGGUNAKAN MOISTURE ANALYZER DAN OVEN

Rodhiyah, Arief Rahmatulloh, Refrina Charissadi Firdaus

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

rodhiyahmahmud@gmail.com ; [\[arief1289@polinema.ac.id\]](mailto:arief1289@polinema.ac.id)

ABSTRAK

Moisture content merupakan kadar air yang dimiliki oleh setiap produk makanan. *Moisture* atau kadar air dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur yang dapat memengaruhi ketahanan suatu produk, oleh karena itu perlu dilakukan analisa *moisture content* pada produk sebelum produk diedarkan dipasaran. Pada penelitian dilakukan pada sebuah perusahaan yang memproduksi berbagai produk makanan dan perisa rasa. Kemudian parameter *moisture content* dianalisa menggunakan dua metode *drying* atau pengeringan yaitu menggunakan alat *moisture analyzer* dan oven. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memperoleh perbandingan antara nilai *moisture content* yang dianalisa menggunakan alat *moisture analyzer* dan oven sehingga dilakukan variasi pada sampel yang digunakan sebagai variabel bebas yaitu massa sampel 1 gram, 2 gram, dan 3 gram serta suhu operasi dari alat yaitu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, dan 140°C. Data yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan dan di plotkan pada grafik untuk mengetahui nilai perbandingan *moisture content* dari *flavour powder*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *moisture analyzer* lebih efektif dan efisien untuk menganalisa parameter *moisture content* dibandingkan dengan oven karena dalam proses *drying* tidak membutuhkan waktu yang lama serta nilai *moisture content* yang dihasilkan lebih akurat.

Kata kunci: *moisture content, moisture analyzer, oven, flavour powder*

ABSTRACT

Moisture content is the water content that is owned by each food product. Moisture or water content can affect the growth of fungi, which can affect the durability of a product; therefore, it is necessary to analyze the moisture content of the product before it is distributed in the market. The research was conducted at a food and beverage, company that produces various food products and flavorings. Then, the moisture content parameters were analyzed using two drying methods: a moisture analyzer and an oven. This study aims to find out and obtain a comparison between the values of moisture content that are analyzed using a moisture analyzer and an oven so that variations are made on the sample used as the independent variable, namely the sample mass of 1 gram, 2 grams, and 3 grams, and the operating temperature of the tool is 50°C, 60 °C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, and 140°C. The data obtained is then calculated and plotted on a graph to determine the relative value of the moisture content of the flavor powder. The results showed that the use of a moisture analyzer is more effective and efficient in analyzing moisture content parameters compared to an oven because the drying process does not take a long time and the resulting moisture content value is more accurate.

Keywords: *moisture content, moisture analyzer, oven, flavour powder*

1. PENDAHULUAN

Kualitas produk makanan tergantung pada sifat organoleptik, nutrisi, dan mikrobiologis, yang semuanya mengalami perubahan dinamis selama pemrosesan, penyimpanan, dan pemasaran [1]. Perubahan ini terutama disebabkan oleh interaksi antara

Corresponding author: Arief Rahmatulloh

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: arief1289@polinema.ac.id



makanan dan lingkungan sekitarnya yang dapat menyebabkan modifikasi kualitas makanan yang memburuk, termasuk kehilangan air dan gas [2]. Parameter yang dimiliki oleh setiap produk memiliki baku mutu dengan batas minimal dan atau maksimal. Baku mutu ini ditetapkan guna mengatur kualitas produk agar tetap konstan dan terjaga. Adapun salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas produk yang akan dipasarkan adalah tingkat *moisture content* pada sebuah produk [3].

Untuk mengetahui MC (*moisture content*) produk, sampel dari *plant packaging* perlu dilakukan beberapa proses analisis. Pada Perusahaan di bidang *food and beverage*, pengecekan parameter ini dilakukan menggunakan oven ataupun *moisture analyzer*. Pengecekan menggunakan oven ini merupakan salah satu metode termogravimetri yang sering digunakan dalam pengecekan *moisture content* dari produk [4]. Pada penelitian yang telah ada sebelumnya, perbandingan pengukuran *moisture content* menggunakan alat *moisture analyzer* dan oven sudah dilakukan untuk mengukur kadar air pada bubuk silika dan kaolin dan hasil dari penelitian tersebut menunjukkan nilai perbandingan yang cukup signifikan dengan angka *moisture content* yang muncul dari percobaan menggunakan *moisture analyzer* lebih stabil [5]. Berdasarkan latar belakang dan penelitian terdahulu yang telah dilakukan, maka dalam penelitian ini akan dilakukan juga hal sama mengenai penggunaan alat *moisture analyzer* dan oven untuk mengetahui *moisture content* pada produk *flavour powder* dengan melihat faktor-faktor lainnya yang berpengaruh terhadap nilai *moisture content* dan kualitas produk.

Makanan dalam kemasan tentunya memerlukan standar tingkat *moisture* yang dimilikinya [6]. *Moisture* atau kadar air dapat mempengaruhi pertumbuhan jamur yang dapat memengaruhi ketahanan suatu produk. Selain itu, kandungan air dalam produk berbentuk granula atau *powder* juga dapat memengaruhi laju alir produk dalam proses manufaktur [7].

Pada perusahaan yang bergerak dibidang makanan dan minuman, pembuatan *flavour powder* tentu saja menguji produk dengan beberapa parameter, salah satunya adalah parameter *moisture* atau kadar air. Terdapat dua metode dalam pengukuran *moisture content* pada *flavour powder*, keduanya menggunakan prinsip analisis termogravimetri. Perhitungan persentase *moisture content* dengan oven menggunakan konsep termogravimetri dengan mencari massa air dengan pengeringan melalui oven dan kemudian dibandingkan dengan massa awal. Sedangkan analisa *moisture content* dengan *moisture analyzer* juga didasarkan pada termogravimetri atau LOD (*Loss on Drying*) di mana sampel dipanaskan pada temperatur tertentu [8]. Pengecekan MC (*moisture content*) biasanya dilakukan dengan *moisture analyzer* di plant produksi untuk menjaga agar sampel tidak berubah kondisinya oleh pengaruh lingkungan. Namun, pengecekan MC juga dilakukan sebelum produk diedarkan ke konsumen. Pengecekan dilakukan kembali untuk memastikan kualitas produk agar tetap di bawah batas standar maksimal yang telah di tetapkan [9]. Meskipun metode pengecekan *moisture content* menggunakan oven dianggap belum efisien, hal ini tidak bisa menjadi tolak ukur tingkat ketelitian dan kebenaran data dalam pengecekan nilai *moisture analyzer* pada produk.

Berdasarkan pada penelitian terdahulu bahwa penggunaan alat *moisture analyzer* dan oven dalam menganalisa *moisture content* memiliki perbedaan yang sangat signifikan, maka dari itu perlu dilakukan perbandingan analisa parameter *moisture content* pada produk *flavour powder* menggunakan *moisture analyzer* dan oven dengan tujuan untuk mengetahui

metode mana yang lebih efektif dan efisien untuk digunakan dalam pengujian standar kualitas produk *flavour powder* di perusahaan bidang *food and beverage*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan pendahuluan di atas, metodologi penelitian yang digunakan dalam menentukan kebutuhan belerang adalah sebagai berikut:

2.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan penelitian analisa *moisture content* menggunakan alat *moisture analyzer* dan oven. Data yang didapatkan berupa data-data yang diperoleh dari variabel bebas yang digunakan yaitu suhu operasi dan massa sampel.

2.2 Perhitungan Data

Data yang diperoleh dari penelitian akan dihitung menggunakan rumus massa sampel sesudah di oven dibagi dengan masaa sampel sebelum di oven kemudian dikali 100%. Perhitungan data hanya dilakukan pada data yang diperoleh dari penelitian menggunakan alat oven, hal ini dikarenakan pada penelitian yang menggunakan alat *moisture analyzer* nilai *moisture balance* langsung keluar setelah proses *drying* selesai.

2.3 Pengamatan Grafik

Pengamatan grafik dilakukan dengan membandingkan nilai dari analisa *moisture content* saat temperatur sama, namun massa berbeda. Karena terdapat 10 variabel temperatur yang digunakan, maka terdapat 10 grafik pengamatan yang disajikan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan *moisture analyzer* untuk menganalisis *moisture content* juga lebih efektif dikarenakan waktunya yang cukup cepat. Dibutuhkan setidaknya 2 – 10 menit untuk menunggu nilai MC keluar pada panel *moisture analyzer*. Sedangkan analisa MC menggunakan oven membutuhkan waktu yang jauh lebih lama untuk mengeringkan botol timbang dan membuat temperatur oven menjadi konstan. *Moisture analyzer* juga membuat penggunaanya dapat menganalisis *moisture content* di tempat yang fleksibel.

Pada permasalahan yang telah dipaparkan sebelumnya, diperlukan sebuah pemecahan masalah untuk mengatasi hal-hal tersebut. Langkah pertama yang diambil adalah penentuan variabel untuk melakukan percobaan analisa MC dari sampel. Variabel bebas yang digunakan dalam pengamatan adalah perubahan temperatur dan massa sampel. Temperatur yang dijadikan variabel yaitu 50°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, 100°C, 110°C, 120°C, 130°C, dan 140°C. Sedangkan massa sampel yang digunakan sebagai variabel adalah 1 gram, 2 gram, dan 3 gram. Variabel terkontrolnya merupakan waktu oven, yaitu 5 menit. Pada penggunaan *moisture analyzer* tidak digunakan variabel terkontrol berupa waktu karena alat akan otomatis berhenti jika kadar air dalam sampel sudah hilang. Sampel yang digunakan dalam pengamatan adalah *flavour powder* dengan varian Lemon *Ultraseel* dengan MC maksimal sebesar 4%. Sampel ini akan diukur dengan 2 alat, yaitu oven dan *moisture analyzer*. Prinsip kerja dari kedua alat ini relatif sama, yaitu mengamati persentase massa air di yang terkandung di dalam sampel dengan massa sampel total. Pengamatan dilakukan dengan dua variabel bebas yang berbeda, yaitu temperatur operasi dan massa sampel [10].

Pada pengamatan dengan *moisture analyzer*, langkah yang pertama dilakukan adalah dengan menghubungkan alat dengan sumber listrik. Setelah itu, mengatur variabel bebas berupa temperatur operasi melalui tombol "*Method library*" yang kemudian mengatur *Set Point "Drying Temperature"* menjadi 50°C dan "*Start Weight*" sebesar 1 gram. Pengamatan dapat dimulai dengan meletakkan pan di dalam *moisture analyzer*. Pan sebagai wadah sampel juga memiliki massa. Agar massa pan tidak terhitung, maka perlu menekan tombol *tare*. Apabila massa di panel sudah 0, maka sampel dapat diletakkan di atas pan dengan massa yang telah ditentukan, yaitu 1 gram. Terdapat garis batas pada penimbangan massa di *moisture analyzer*. Penambahan massa sampel di luar garis batas akan membuat warna garis di panel menjadi berwarna merah. Sedangkan jika masih di dalam garis batas toleransi, maka panel akan berwarna hijau.

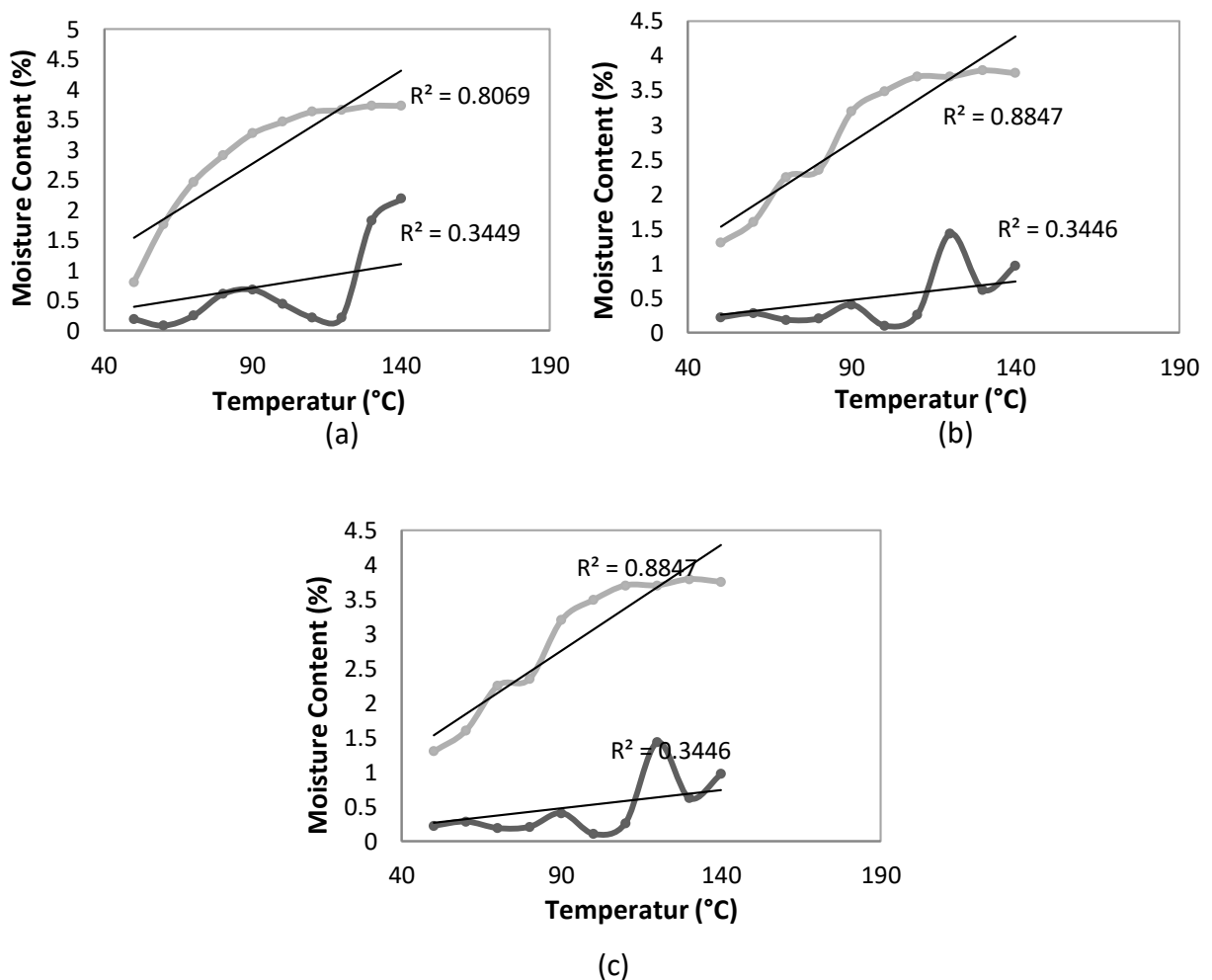
Sebelum *proses drying* di dalam *moisture analyzer* dilakukan, pan perlu digoyang-goyangkan terlebih dahulu agar panas yang diberikan kepada sampel dapat diterima secara merata. Setelah permukaan sampel di atas pan dianggap sudah rata, *moisture analyzer* dapat ditutup. Apabila analisa oleh alat sudah selesai, maka akan ada suara "*Ting*" dan MC dari sampel akan ditampilkan. Hasil dari MC yang ditampilkan oleh *moisture analyzer* ini kemudian dicatat untuk dibandingkan dengan hasil perhitungan MC dengan oven pada temperatur dan massa yang sama. Kemudian dilakukan uji sampel lagi dengan temperatur yang berbeda. Apabila semua sampel dengan massa 1 gram sudah dianalisis besar MC-nya dengan menggunakan *moisture analyzer*, pengaturan variabel temperatur diubah menjadi variabel massa. Massa yang awalnya 1 gram diubah menjadi 2 gram dan 3 gram, kemudian dicatat perbandingannya menggunakan tabel dan grafik.

Langkah selanjutnya adalah analisa *moisture analyzer* dengan menggunakan oven. Pengamatan ini terbatas dengan alat berupa oven umum dikarenakan banyaknya pengaruh yang dapat mempengaruhi nilai MC dari sampel. Pengamatan MC dengan menggunakan oven dibantu dengan sebuah wadah bernama botol timbang [11]. Botol ini memiliki ukuran yang beragam dengan massa yang beragam juga. Untuk itu, sebelum dilakukan pemanasan sampel menggunakan oven, diperlukan penimbangan massa dari botol timbang [12]. Konsep yang digunakan dalam analisa MC menggunakan oven hampir sama dengan perhitungan dengan menggunakan *moisture analyzer*, yaitu thermogravimetri. Di mana nantinya akan membandingkan massa sampel sesudah dan sebelum dimasukkan ke dalam oven pada temperatur tertentu [13].

Sebelum melakukan penimbangan massa botol timbang, botol timbang harus dipastikan kering terlebih dahulu agar data perhitungan MC dari sampel akan murni, tidak terpengaruh perbedaan massa dari botol timbang. Botol timbang akan dikeringkan di dalam oven terlebih dahulu selama kurang lebih 1 jam, dan kemudian dikeringkan lagi menggunakan desikator selama 30 menit untuk mengeringkan sisa-sisa air yang masih menempel pada botol timbang. Agar mendapatkan kekeringan yang sempurna, maka pemanasan botol timbang di dalam oven dan pengeringan di dalam desikator dapat dilakukan beberapa kali. Untuk mengetahui kering atau tidaknya botol timbang, maka dapat dilakukan pengukuran dari massa botol timbang. Apabila terdapat perbedaan massa setelah dan sebelum dimasukkan ke desikator, maka botol timbang masih belum kering sempurna. Namun apabila massa botol timbang sudah konstan, maka botol timbang tersebut kering. Saat botol timbang sudah kering, massa yang sudah konstan dicatat sebagai massa botol timbang kosong. Lalu sampel

dimasukkan ke dalam botol timbang sebanyak 3 gram, 2 gram dan 1 gram. Selama penimbangan sampel, oven dapat dinyalakan dan disesuaikan temperaturnya dengan variabel. Dalam pengukuran satu variabel temperatur, terdapat 3 botol timbang dengan 3 massa berbeda yang dapat dimasukkan ke dalam oven secara bersamaan. Apabila temperatur oven sesuai, botol timbang berisi sampel dimasukkan ke dalam oven selama 5 menit. Setelah itu, botol timbang berisi sampel akan diukur massanya dengan neraca digital untuk mengetahui massa setelah pemanasan di dalam oven. Dari data massa setelah dan sebelum dimasukkan ke dalam oven, MC dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{massa sampel sesudah di oven}}{\text{massa sampel sebelum di oven}} \times 100\% \quad (1)$$



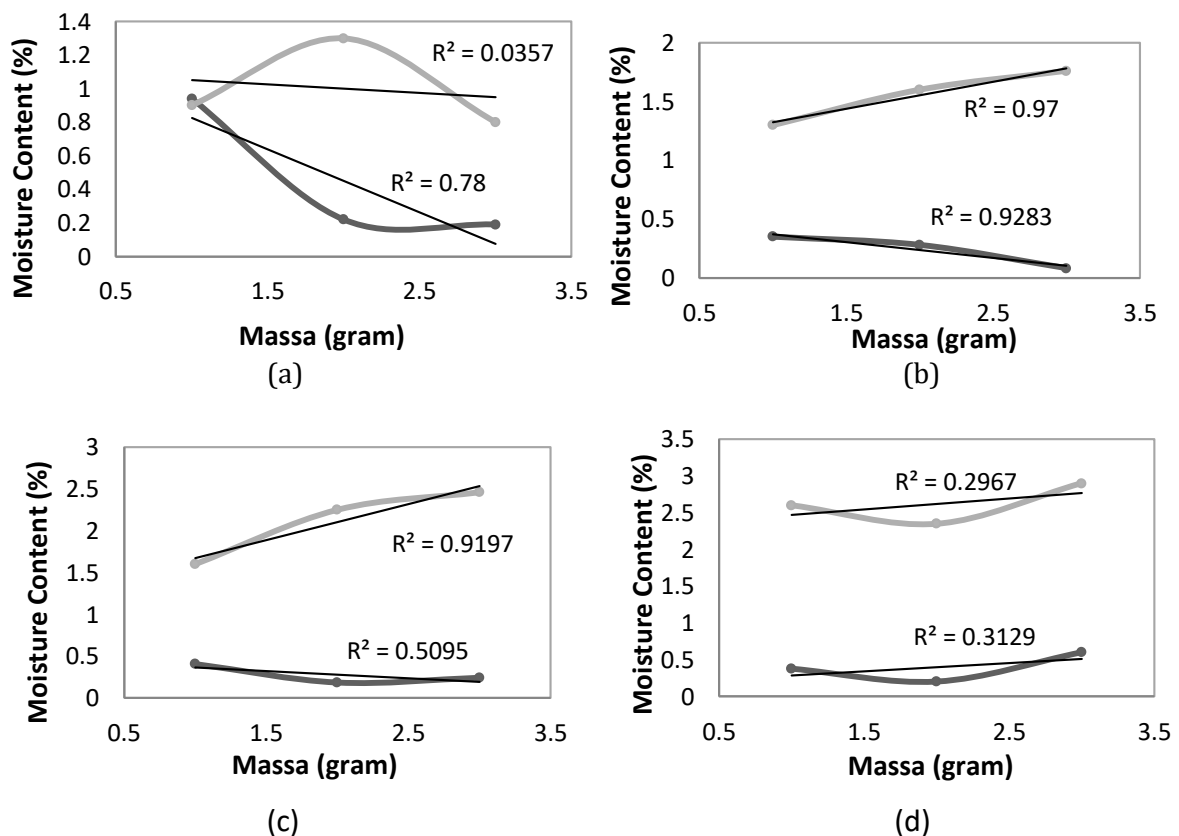
Gambar 1. Grafik perbandingan *moisture content* menggunakan *moisture analyzer* dan oven dengan massa sama pada variasi suhu: (a) 3 gram, (b) 2 gram, (c) 1 gram

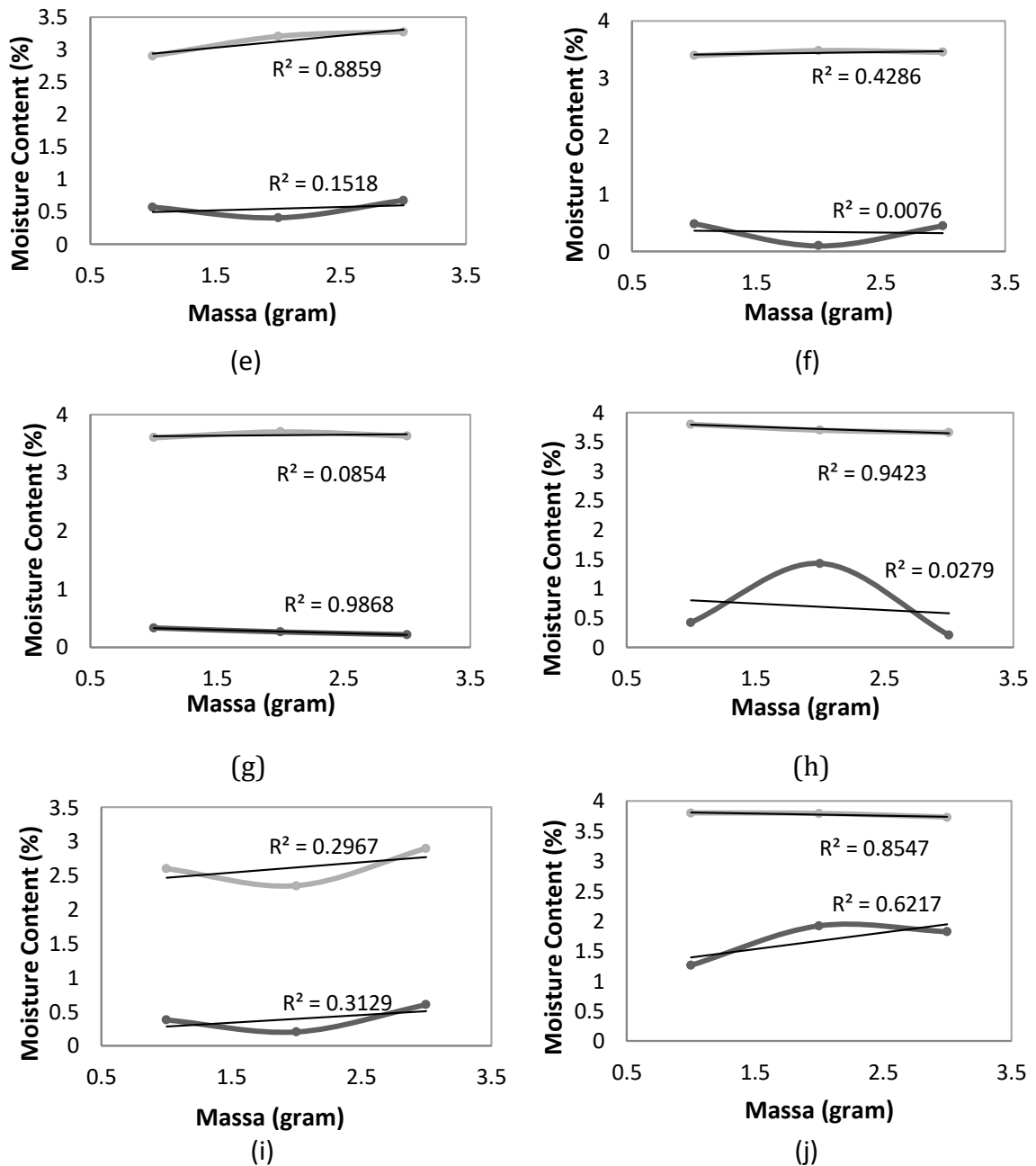
Setelah dilakukan analisis *moisture content* pada massa yang sama dan temperatur berbeda didapatkan grafik pada Gambar 1. Dari ketiga analisis dengan massa yang konstan, dapat terlihat dengan jelas grafik perbandingan *moisture content* dengan menggunakan *moisture analyzer* dan oven dengan massa yang sama pada variasi suhu yang berbeda. Pada penggunaan *moisture analyzer* yang ditunjukkan dengan garis berwarna abu-abu, MC dari *flavour powder* dengan varian *Lemon Ultraseel* mengalami kenaikan untuk setiap

pertambahan temperatur. Semakin tinggi temperatur operasi yang diatur pada *moisture analyzer*, semakin tinggi juga *moisture content* dari sampel. Namun pada temperatur 120 – 140°C, *moisture analyzer* dari sampel terlihat mulai konstan. Sedangkan pada penggunaan oven, terlihat bahwa grafik berwarna hitam memiliki data yang fluktuatif. Nilai MC sampel tidak dapat diperkirakan naik dan turunnya berdasarkan perbedaan temperatur. Hal ini dikarenakan pengaruh temperatur yang tidak konstan saat pengamatan berlangsung. Temperatur yang tidak konstan dikarenakan oven digunakan untuk umum, sehingga oven sempat beberapa kali dibuka sehingga terjadi penurunan temperatur.

Saat terjadi pemanasan oleh alat, baik oven maupun *moisture analyzer*, kandungan air di dalam sampel akan menguap sehingga menyebabkan perbedaan massa sampel. Dari perbedaan massa tersebut, diketahui massa air yang diuapkan. Sehingga *moisture content* dapat diketahui dengan membandingkan massa air teruapkan dengan massa awal sampel sebelum mengalami pemanasan oleh alat. Oleh karena itu, kenaikan temperatur operasi dapat mempengaruhi *moisture content*. Karena semakin tinggi temperatur operasi, maka semakin banyak juga air yang mungkin teruapkan. Sehingga persentase air dalam sampel juga semakin tinggi dan nilai *moisture content* juga semakin tinggi. Dari perbandingan analisa *moisture content* menggunakan oven dan *moisture analyzer* pada gambar, terdapat nilai R2 yang diatur dengan intersepsi 0 untuk mengetahui nilai *moisture content* yang lebih konstan.

Pengamatan grafik kemudian dilanjutkan dengan perbandingan analisa *moisture content* saat temperatur sama, namun massa berbeda. Karena terdapat 10 variabel temperatur yang digunakan, maka terdapat 10 grafik pengamatan yang disajikan pada Gambar 1. dan Gambar 2, terlihat bahwa hubungan massa sampel dengan *moisture content* tidak dapat ditentukan.





Gambar 2. Grafik perbandingan *moisture conten* menggunakan *moisture analyzer* dan oven dengan temperatur tetap dan massa sampel tertentu: (a) 50°C, (b) 60°C, (c) 70°C, (d) 80°C, (e) 90°C, (f) 100°C, (g) 110°C, (h) 120°C, (i) 130°C, (j) 140°C.

Nilai R^2 pada temperatur 50°C ini berbeda jauh dengan nilai R^2 pada temperatur 60°C yang besarnya 0,97 pada analisa menggunakan *moisture analyzer* dan sebesar 0,928 pada analisa menggunakan oven. Pada temperatur yang lain, besar *moisture content* juga mengalami perubahan yang fluktuatif dengan nilai R^2 yang berbeda jauh di setiap perbedaan temperaturnya. Hal ini menunjukkan bahwa massa sampel tidak berpengaruh terhadap besarnya *moisture content*. Apabila nilai R^2 pada grafik hubungan *moisture content* dengan perubahan massa sampel pada temperatur yang berbeda ini dibuat rerata, maka didapatkan rerata nilai R^2 pada analisa menggunakan *moisture analyzer* sebesar 0,63152. Sedangkan rerata nilai R^2 pada analisa menggunakan oven adalah sebesar 0,43691. Sehingga dapat

disimpulkan bahwa analisa menggunakan *moisture analyzer* menghasilkan persentase *moisture content* yang lebih konstan.

Dari kedua rerata nilai R2 pada gambar 3.1 dan 3.2, maka dapat disimpulkan bahwa analisa *moisture content flavour powder* menggunakan *moisture analyzer* dapat menghasilkan hasil yang lebih konstan dibandingkan dengan menggunakan oven. Sehingga, *moisture analyzer* lebih efisien dibandingkan dengan oven. Dan hal ini juga dipengaruhi oleh luas area penampang atau luas alas wadah penimbangan [14]. Dimana pada oven wadah penimbangannya berupa botol timbang yang memiliki luas area penampang lebih kecil daripada luas area penampang yang digunakan pada alat *moisture analyzer* yaitu dengan menggunakan pan. Karena pada proses pengeringan atau penguapan semakin luas area penampang maka penguapan atau pengeringan yang terjadi akan teruapkan lebih sempurna [15].

Selain efisien, penggunaan *moisture analyzer* untuk menganalisis *moisture content* juga lebih efektif dikarenakan waktunya yang cukup cepat. Dibutuhkan setidaknya 2 – 10 menit untuk menunggu nilai MC keluar pada panel *moisture analyzer*. Sedangkan analisa MC menggunakan oven membutuhkan waktu yang jauh lebih lama untuk mengeringkan botol timbang dan membuat temperatur oven menjadi konstan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada massa yang sama, semakin besar temperatur operasi oven dan *moisture analyzer*, maka semakin besar juga nilai *moisture content*. Hal ini dikarenakan semakin besar temperatur, maka semakin banyak juga kandungan air dalam sampel yang teruapkan. Sehingga, persentase massa air dalam sampel dengan massa sampel awal juga semakin besar. Pada temperatur yang sama, hubungan massa tidak berpengaruh terhadap besarnya *moisture content*. Hal ini ditunjukkan dengan grafik yang tidak menentu di setiap temperatur. Dengan membandingkan rerata nilai R2 pada grafik *moisture content*, diketahui nilai R2 pada *moisture analyzer* lebih besar (lebih mendekati nilai 1) dibandingkan dengan nilai R2 pada penggunaan oven. Maka *moisture analyzer* lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan oven.

Saran pada pengamatan selanjutnya dapat mengganti penggunaan oven menjadi oven vakum. Dan juga saat melakukan proses penimbangan sampel pada oven dan *moisture analyzer* dapat menggunakan jenis wadah penimbangan yang sama. Selain itu juga dapat mengamati hubungan *moisture content* dengan *bulk density* maupun *particle size*.

REFERENSI

- [1] The Chartered Quality Institute, "ISO 22000:2018 Understanding the International standard," 2020.
- [2] D. Phan The, F. Debeaufort, C. Péroval, D. Despré, J. L. Courthaudon, and A. Voilley, "Arabinoxylan-lipid-based edible films and coatings. 3. Influence of drying temperature on film structure and functional properties," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 50, no. 8, hal. 2423–2428, 2002.
- [3] M. Chisholm, "University of Cambridge.," *Lancet*, vol. 154, no. 3966, hal. 629–630, 1899.
- [4] H. Jung, Y. J. Lee, and W. B. Yoon, "Effect of *moisture content* on the grinding process and powder properties in food: A review," *Processes*, vol. 6, no. 6, hal. 6–10, 2018.
- [5] R. Arezou, P. Maria, and R. Mehrdad, "Assessment of Soil *Moisture content* Measurement Methods: Conventional Laboratory Oven versus Halogen *Moisture*

- Analyzer," *J. Soil Water Sci.*, vol. 4, no. 1, hal. 151–160, 2020.
- [6] H. Liu, "Fundamental Phenomena and Principles in Droplet Processes," *Sci. Eng. Droplets*, hal. 121–237, 1999.
- [7] N. Saadatkah et al., "Experimental methods in chemical engineering: Thermogravimetric analysis—TGA," *Can. J. Chem. Eng.*, vol. 98, no. 1, hal. 34–43, 2020.
- [8] Y. Ikuma et al., "Surface X-ray diffraction study of annealed single-crystal rutile TiO₂ (001) surface," *Ionics (Kiel)*, vol. 25, no. 4, hal. 1879–1886, 2019.
- [9] F. M. Sultanbawa, W. G. Owens, and S. S. Pandiella, "A new approach to the prediction of particle separation by sieving in flour milling," *Food Bioprod. Process. Trans. Inst. Chem. Eng. Part C*, vol. 79, no. 4, hal. 211–218, 2001.
- [10] P. M. K. Njage, B. Opiyo, J. Wangoh, and J. Wambui, "Scale of production and implementation of food safety programs influence the performance of current food safety management systems: Case of dairy processors," *Food Control*, vol. 85, hal. 85–97, 2018.
- [11] S. Yamazaki, H. Nakane, and A. Tanaka, "Basic analysis of a metal detector," *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, vol. 51, no. 4, hal. 810–814, 2002.
- [12] A. Arora and M. M. F. Hasan, "Process systems engineering applications, challenges and opportunities in the toll manufacturing industry," *J. Adv. Manuf. Process.*, vol. 2, no. 3, hal. 1–16, 2020.
- [13] T. He, Z. R. Chong, J. Zheng, Y. Ju, and P. Linga, "LNG cold energy utilization: Prospects and challenges," *Energy*, vol. 170, hal. 557–568, 2019.
- [14] M. Kowalska, S. Janas, and M. Woźniak, "Innovative application of the moisture analyzer for determination of dry mass content of processed cheese," *Heat Mass Transf. und Stoffuebertragung*, vol. 54, no. 10, hal. 3071–3080, 2018.
- [15] R. Pecenka, H. Lenz, and C. Idler, "Influence of the chip format on the development of mass loss, moisture content and chemical composition of poplar chips during storage and drying in open-air piles," *Biomass and Bioenergy*, vol. 116, no. June, hal. 140–150, 2018.