

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU PADA PENGERINGAN BIJI KOPI MENGGUNAKAN ALAT *FLUIDIZED BED DRYER*

Effect of temperature and time variations on drying coffee beans using a fluidized bed dryer

F.A.Pradana¹, N. Nurpatricia¹, S. Syahrul¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit no. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia. HP. 087864053038

*Corresponding author

E-mail addresses: feraldyalief22@gmail.com

<https://doi.org/10.29303/empd>.

ABSTRACT

The process of drying coffee beans that is common and cheap to do by the community is drying them in the sun. This sun drying process still has weaknesses, including being very dependent on the weather. When the rainy season arrives, the drying of coffee beans cannot run optimally, because the drying process still relies on heat from the sun. High humidity can cause coffee beans to be attacked by fungus. The purpose of this study was to find out how the effect of variations in temperature and time on the results of drying coffee beans in a fluidized bed dryer with a heater sourced from an LPG gas stove. This research was conducted with temperature variations of 35°C, 40°C and 45°C with different time variations of 120 minutes, 180 minutes and 240 minutes. The research results obtained for water content vary according to temperature variations during the drying process. In general, the longer the drying time and the higher the temperature, the higher the moisture content evaporated from the material which causes the water content in the material to decrease. The most decrease in water content occurred at 45°C with a time 120 minutes, 180 minutes and 240 minutes with a final moisture content of 31.07%, 27.81% and 25.15% and the least decrease in water content occurred at a temperature of 35°C with a time 120 minutes, 180 minutes and 240 minutes with a final moisture content of 35.79%, 34.05% and 33.88%. In the last 4 hours, the most evaporation of water occurred at a temperature of 45°C, which was 0.074 kg. Meanwhile, at temperatures of 35°C and 40°C the water evaporated was 0.031 kg and 0.036 kg. This states that the longer the drying process, the less water content in the material will be slight

Keywords: coffee beans, moisture content, drying, fluidized bed)

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang terkenal akan sumber daya alam yang melimpah. Sumber daya alam yang melimpah tersebut ada karena Indonesia memiliki potensi salah satunya yaitu kekayaan di sektor agraris yang besar. Salah satu sektor pertanian yang sangat besar komoditasnya di Indonesia adalah Kopi. Menurut data dari kementerian Perindustrian Republik Indonesia, Indonesia merupakan negara produsen kopi terbesar ke 4 di dunia. Di Indonesia, kopi menjadi salah satu komoditas yang cukup diunggulkan. Selain memiliki nilai ekspor yang tinggi, kopi juga sangat populer di tengah masyarakat. Produksi kopi di Indonesia mencapai 794.800 ton pada tahun 2022. Jumlahnya meningkat 1,10% dibandingkan pada tahun sebelumnya 786.161 ton. [2]

Pengeringan adalah proses pengurangan kadar air suatu bahan sampai pada batas tertentu dengan menggunakan energi panas dengan tujuan untuk menjaga kualitas bahan. Dasar dari proses pengeringan adalah penguapan air ke udara karena adanya perbedaan kadar uap air antara udara dan bahan yang dikeringkan, kadar air di dalam udara lebih rendah sehingga uap air dari bahan bisa ditampung dalam udara. Dalam proses pengeringan berlangsung terjadi dua proses secara bersamaan yaitu perpindahan panas dari lingkungan ke bahan dan perpindahan massa dari bahan ke lingkungan. Proses perpindahan panas dipengaruhi oleh perubahan suhu pengering dan proses perpindahan massa air dipengaruhi oleh perpindahan panas dan perpindahan momentum. Perpindahan massa air ditandai dengan penurunan massa bahan dan perubahan bentuk fisik.[5].

Pengeringan menggunakan panas sinar matahari merupakan salah satu metode pengeringan alami karena menggunakan panas matahari langsung dan pergerakan udara disekitarnya. Bahan yang akan dikeringkan biasanya ditaburkan diatas lantai, karpet, atau lantai semen, dimana bahan tersebut menerima energi matahari gelombang pendek pada siang hari dengan sirkulasi udara alami. Sebagian dari energi matahari dipantulkan kembali dan sisanya diserap oleh permukaan bahan. Radiasi yang diserap diubah menjadi energi panas dan suhu bahan mulai naik [7]. Untuk mengatasi kelemahan pada pengeringan alami adalah dengan menggunakan alat pengering, selain kualitas produk dihasilkan lebih baik, keberlangsungan pengeringan juga dapat dilakukan setiap saat, terlepas dari sinar matahari dan cuaca. Terdapat berbagai tipe alat pengering mekanis, salah satu diantaranya adalah alat pengering buatan dengan tipe *fluidized bed* yang menggunakan prinsip fluidisasi dapat digunakan untuk mengatasi kelemahan dari cara dan alat pengering secara tradisional atau alamiah [6]

Prinsip penggunaan alat ini sangat sederhana yaitu mengalirkan udara panas dari ruang bakar ke dalam ruang udara panas di bawah lantai pemisah dan dihembuskan oleh *blower* sehingga udara panas menyebar dan naik ke atas melalui lubang-lubang udara lalu melalui bahan yang sedang dipanaskan dan akhirnya keluar di bagian atas. Pembuatan alat pengering ini didasarkan pada kenyataan bahwa pengeringan dapat dilakukan kapan saja, tidak tergantung pada sinar matahari untuk dapat mempercepat waktu pengeringan dan kualitas yang baik [4]

Fluidized bed dryer

Fluidized bed merupakan mesin pengering proses yang memanfaatkan aliran udara panas dengan kecepatan tertentu yang melewati bahan sehingga bahan tersebut mengalami fenomena fluidisasi. Metode pengeringan fluidisasi digunakan untuk mempersingkat waktu pengeringan dengan mempertahankan mutu bahan.

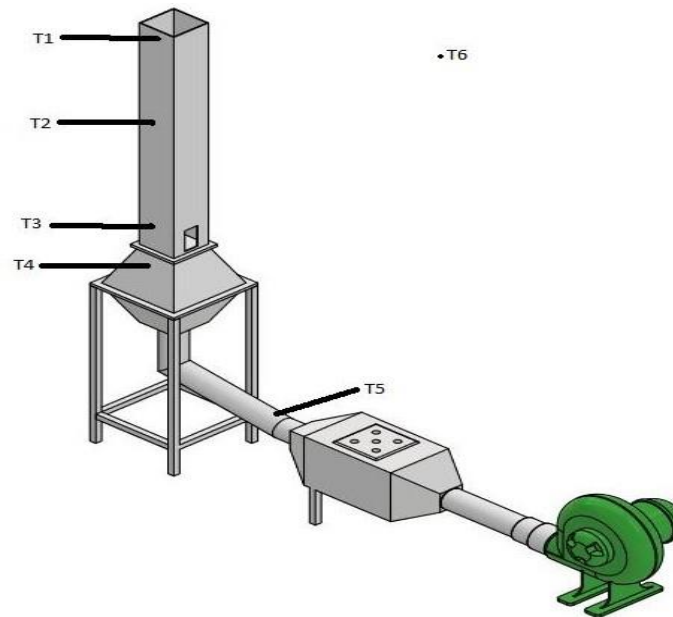
Fluidized bed dryer banyak digunakan di dunia industri mulai dari pertambangan, farmasi, pertanian, makanan, dan lain lain. Mesin Pengering *fluidized bed* biasanya digunakan untuk proses pengeringan pada material padat granular (partikulat) karena desainnya memiliki dampak yang signifikan terhadap laju perpindahan massa dan perpindahan panas tanpa adanya reaksi kimia dengan media fluidisasi berbentuk cairan atau gas. Alat ini juga dimanfaatkan untuk mengeringkan hasil panen atau bahan-bahan yang berbentuk butiran atau tepung. Pada proses pengeringan udara panas dari ruang pemanas dengan bantuan blower akan bergerak menuju ruang pengering melalui lubang-lubang yang terdapat pada saringan yang akan mengalir melewati bahan yang dikeringkan dan melepas sebagian panasnya sehingga terjadi proses penguapan air dari bahan. Untuk membuat bahan mengambang dan terfluidisasi dengan baik kecepatan udara panas perlu dikontrol [3].

Penggunaan mesin pengering *fluidized bed* memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan alat pengering terfluidisasi (*fluidized bed dryer*) yaitu sebagai berikut:

- a. Laju perpindahan panas dan massa cukup tinggi karena kontak antar udara panas pengering dengan bahan yang dikeringkan cukup baik.
- b. Temperatur dan kadar air yang dihasilkan seragam.

- c. Konstruksi sederhana tidak memerlukan tempat yang luas
- d. Kondisi pengeringan dapat dikontrol

Namun kekurangan dari mesin pengering terfluidisasi (*fluidized bed dryer*) adalah memerlukan biaya investasi yang cukup tinggi untuk pengoperasian dan perawatan serta penggunaannya terbatas.



Gambar 1. Mesin pengering *fluidized bed*

Fenomena fluidisasi

Dalam penelitian [8] terdapat beberapa fenomena yang dapat terjadi pada proses fluidisasi, antara lain:

1. Fenomena *fixed bed* yang terjadi ketika laju aliran fluida kurang dari laju minimum yang diperlukan untuk proses awal fluidisasi. Dalam kondisi ini partikel tetap diam.
2. Fenomena *minimum or incipient fluidization* yang terjadi ketika laju aliran fluida mencapai laju aliran minimum yang diperlukan untuk proses fluidisasi. Dalam kondisi ini, partikel-partikel padat mulai terekspansi.
3. Fenomena *bubbling fluidization* yang terjadi ketika gelembung-gelembung pada unggun terbentuk akibat densitas dan distribusi partikel tidak homogen.
4. Fenomena *slugging fluidization* yang terjadi ketika gelembung-gelembung besar yang mencapai lebar dari diameter kolom terbentuk pada partikel-partikel padat. Pada kondisi ini terjadi penorakan sehingga partikel-partikel padat tanpak terangkat.

Sifat dan fenomena fluidisasi tersebut sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut: laju alir fluida dan jenis fluida, diameter partikel dan bentuk partikel, jenis dan densitas partikel, porositas unggun, distribusi aliran, bentuk kolom, diameter kolom dan tinggi unggun.

Efisiensi pada pengeringan

Efisiensi pengeringan merupakan hasil dari perbandingan antara panas yang diterima oleh bahan (Q_b) dengan panas yang dibawa oleh udara yang dihasilkan blower (Q_u)

$$\eta_{th} = \frac{Q_b}{Q_u} \times 100\% \quad (1)$$

1. Energi masuk ruang pengering

Untuk menghitung energi yang diterima oleh bahan selama proses pengeringan (Q_b) dapat diperoleh melalui Metode neraca kesetimbangan energi. Pada prinsipnya energi yang dibutuhkan pada proses pengeringan digunakan untuk pemanasan bahan (Q_1), dan untuk menguapkan air bahan (Q_2). Jumlah kalor (panas) yang digunakan untuk pengeringan dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Q_b = Q_1 + Q_2 \quad (2)$$

$$Q_1 = m_k \cdot c_{pb} \cdot (T_{ak} - T_{aw}) \quad (3)$$

Dimana Q_1 merupakan panas sensibel bahan (kj), m_k merupakan massa kering bahan (kg), c_{pb} merupakan panas jenis biji kopi (Kj/kg °C), T_{ak} merupakan temperatuk akhir bahan setelah dilakukan proses pengeringan (°C), T_{aw} merupakan temperatur bahan sebelum dilakukan proses pengeringan (°C)

$$Q_2 = m_{ah} \cdot h_{fg} \quad (4)$$

Dimana Q_2 merupakan jumlah panas yang digunakan untuk menguapkan air dalam bahan (kj), m_{ah} merupakan massa air yang diuapkan (kg), dan h_{fg} meerupakan panas laten penguapan air (kJ/kg).

2. Energi masuk ruang pengering

Energi masuk ruang pengering berasal dari udara yang dihasilkan blower membawa panas secara konveksi dari ruang pemanas ke ruang pengering. Untuk mengetahui jumlah kalor yang diberikan oleh udara panas terhadap bahan yang dikeringkan dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Q_u = \dot{m}_u \cdot t \cdot C_{pu} (T_{in} - T_{out}) \quad (5)$$

Dimana Q_u merupakan panas yang diberikan untuk melakukan proses pengeringan (kj), \dot{m}_u merupakan laju aliran udara yang masuk kedalam ruang pengering (kg/s), t merupakan lama proses pengeringan yang dilakukan (s), C_{pu} merupakan panas jenis udara ((kJ/kg°C), T_{in} merupakan temperatur masuk ruang pengering (°C), T_{out} merupakan tempertaur keluar ruang pengering (°C).

Laju pengeringan

Laju pengeringan \dot{m}_d adalah banyaknya air yang diuapkan tiap satuan waktu (t) atau penurunan kadar air bahan dalam satuan waktu:

$$\dot{m}_d = \frac{m_{ah}}{t} \quad (6)$$

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan metode studi eksperimen yaitu dengan melakukan pengujian dan penelitian secara langsung dilapangan untuk mendapatkan data-data yang diinginkan. Skema alat penelitian ditunjukkan pada gambar 1.

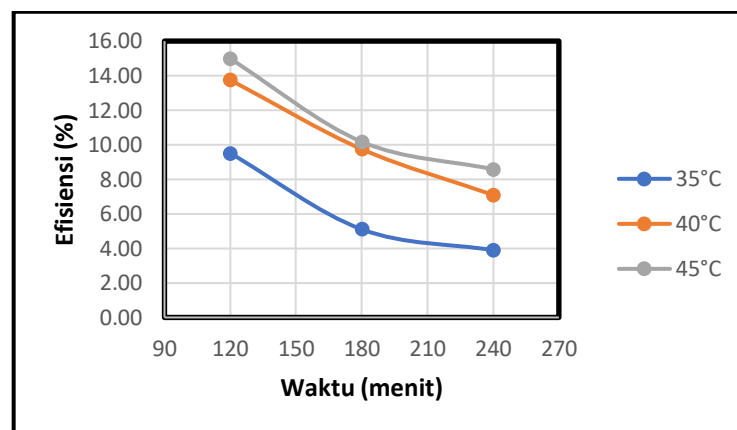
Prosedur penelitian

Sebelum melakukan proses pengujian, dilakukan beberapa persiapan terlebih dahulu yaitu mempersiapkanalat yang digunakan dalam penelitian dan melkukan percobaan untuk memastikan alat berfungsi dengan baik. Mempersiapkan bahan pengujian yaitu biji kopi yang telah dijemur selama 2 hari. Kadar air biji kopi yang akan digunakan dalam penelitian sebesar 39%.

Setelah alat dan biji kopi siap dan sesuai standar, dilakukan proses pengeringan pada ala *fluidized bed* dengan dinyalakan blower dan diatur kecepatan udara yang masuk sebesar 7 m/s. langkah selanjutnya nyalakan pemanas pada variasi temperatur yaitu 35°C , 40°C dan 45°C. kemudian masukkan bii kopi dengan massa 400 gram. Dilakukan proses pengeringan dengan variasi waktu lama proses pengeringan pada setiap massa selama 120 menit, 180 menit, dan 240 menit.

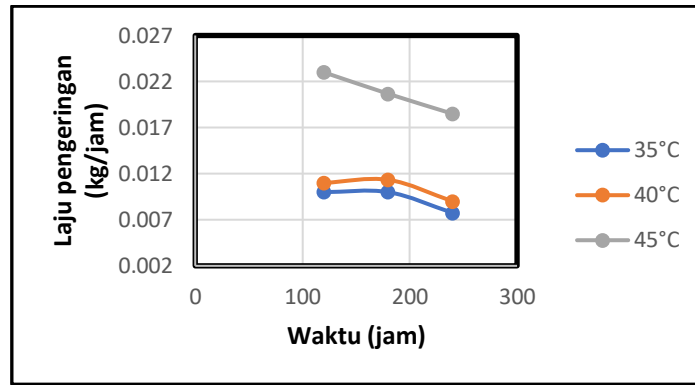
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengaruh variasi massa dan waktu terhadap pengeringan biji kopi pada alat pengering terfluidisasi (*fluidized bed dryer*) didapatkan hasil yang berbeda beda. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi pengeringan bervariasi sesuai dengan massa dan lama pengeringan. Efisiensi merupakan suatu perbandingan antara jumlah panas yang digunakan untuk pengeringan dengan jumlah panas yang dihembuskan oleh udara kedalam ruang pengering. Dapat dilihat hasil dari perhitungan data diperoleh nilai efisiensi pengeringan sebagai berikut. Perhitungan efisiensi pada penelitian ini dilakukan untuk masing-masing variasi yaitu 120, 180 dan 240 menit. Pada temperatur 35°C dengan variasi waktu 120, 180 dan 240 menit, didapatkan efisiensi berturut turut yaitu 9,51%, 5,11% dan 3,90%. Untuk temperatur 40°C dengan variasi waktu yang sama didapatkan hasil efisiensi pengeringan berturut turut yaitu 13,75%, 9,75% dan 7,09%. Kemudian untuk temperatur 45°C dengan variasi waktu yang sama didapatkan hasil efisiensi pengeringan berturut turut yaitu 14,98%, 10,17% dan 8,58%. Secara umum dijelaskan bahwa semakin lama waktu pengeringan maka efisiensi pengeringan akan semakin menurun. Semakin rendahnya temperatur dan semakin lamanya waktu pengeringan maka efisiensi akan semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin lamanya proses pengeringan yang dilakukan maka energi panas yang digunakan akan semakin tinggi sehingga menyebabkan efisiensi tidak begitu besar. Selain itu semakin lamanya waktu pengeringan kadar air yang tersisa pada bahan semakin sedikit dan membutuhkan energi yang semakin besar sehingga menyebabkan efisiensi menurun. Hal ini sejalan dengan penelitian [9] bahwa semakin lamanya waktu pengeringan maka efisiensi pengeringan akan menurun.



Gambar 2. Hubungan waktu pengeringan dengan efisiensi pengeringan

Hasil penelitian ini juga menunjukkan laju pengeringan yang bervariasi pada setiap variasi temperatur dan waktu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tingginya temperatur dan semakin cepatnya waktu pengeringan maka laju pengeringan akan semakin cepat begitu juga sebaliknya. Hal ini sejalan dengan yang dinyatakan oleh [1] bahwa laju pengeringan dari waktu ke waktu akan mengalami penurunan hal ini disebabkan oleh kadar air pada bahan yang semakin lama semakin sedikit sehingga penurunan berat bahan juga menurun. Yang dimana laju pengeringan pada temperatur 45°C berturut turut dari yang terbesar sebesar 0,023 kg/jam, 0,020 kg/jam, 0,018 kg/jam. Pada temperatur 40°C memiliki laju pengeringan sebesar 0,011kg/jam, 0,0113 kg/jam, 0,009 kg/jam. Dan pada temperatur 35°C memiliki laju pengeringan sebesar 0,01 kg/jam, 0,001 kg/jam, 0,0075 kg/jam. Laju pengeringan paling tinggi yaitu pada temperatur 45°C yaitu sebesar 0,023 kg/jam dengan lama waktu pengeringan 2 jam. Sedangkan laju pengeringan yang paling rendah terjadi pada temperatur 35°C yaitu sebesar 0,0075 kg/jam dengan lama waktu pengeringan yaitu 4 jam.



Gambar 3. Hubungan waktu pengeringan dengan laju pengeringan

KESIMPULAN

1. Semakin tingginya temperatur pengeringan maka kandungan air yang diuapkan akan semakin banyak sehingga laju pengeringan akan semakin cepat dan efisiensi pengeringan meningkat, begitu pula sebaliknya.
2. Pada penelitian ini, penurunan kadar air paling banyak terjadi pada temperatur 45°C dengan kadar air akhir 31,07%, 27,81% dan 25,15% dan penurunan kadar air paling sedikit terjadi pada temperatur 35°C dengan kadar air akhir 35,79%, 34,05% dan 33,88%.
3. Pada penelitian ini efisiensi tertinggi terjadi pada temperatur 45°C dengan waktu pengeringan 120 menit yaitu sebesar 14,98% dan efisiensi terendah terjadi pada temperatur 35°C dengan waktu pengeringan 240 menit yaitu sebesar 0,023%.
4. Pada penelitian ini laju pengeringan tercepat terjadi pada temperatur 45°C dengan waktu pengeringan 120 menit yaitu sebesar 0,023 kg/jam dan laju pengeringan terlama terjadi pada temperatur 35°C dengan waktu pengeringan 240 menit yaitu sebesar 0,007 kg/jam

Daftar Notasi

C_{pb}	= panas jenis bahan	(Kj/kg°C)
C_{pu}	= panas jenis udara	(kJ/kg°C)
h_{fg}	= panas laten penguapan air	(kJ/kg)
k_i	= kadar air awal bahan	(%)
m_{ah}	= massa air yang diuapkan	(kg)
m_f	= massa akhir bahan	(kg)
m_i	= massa awal bahan	(kg)
m_k	= massa kering bahan	(kg)
Q_b	= jumlah panas yang digunakan untuk pengeringan	(kJ)
Q_u	= panas yang diberikan	(kJ)
Q_1	= panas sensibel bahan	(kJ)
Q_2	= panas sensibel air	(kJ)
T	= temperatur	(°C)
t	= waktu pengeringan	(jam)
T_{aw}	= temperatur awal bahan	(°C)

T_{ak}	= temperatur akhir bahan	(°C)
T_{in}	= temperatur udar masuk ruang pengering	(°C)
T_l	= Temperatur lingkungan	(°C)
T_{out}	= Temperatur keluar ruang pengering	(°C)
T_p	= Temperatur pipa	(°C)
T_R	= Temperatur ruang pengering rata-rata	(°C)
T_{r_1}	= Temperatur ruang pengering 1	(°C)
T_{r_2}	= Temperatur ruang pengering 2	(°C)
\dot{m}_u	= Laju aliran udara	(kg/s)
ρ_u	= Massa jenis udara	(kg/m ³)
v	= kecepatan aliran udara keluar	(m/s)
η	= efisiensi pengeringan	(%)
\dot{m}_p	= laju pengeringan	(kg/jam)

Daftar Pustaka

- [1] Arsyad, M. (2018). Pengaruh pengeringan terhadap laju penurunan kadar air dan berat jagung (*Zea mays* L.) untuk varietas bisi 2 dan NK22. *Agropolitan*, 5(1), 44-52.
- [2] Badan Standarisasi Nasional (2008). SNI 01-2907-2008 Kopi. https://www.cctcid.com/wp-content/uploads/2018/08/SNI_2907-2008_Biji_Kopi-1.pdf
- [3] Ilhamsyah. (2018). *Optimasi Variasi Kecepatan Udara Dan Massa Jagung Pada Alat Pengering Terfluidisasi Dengan Pipa Penukar Kalor Terhadap Waktu Pengeringan Jagung*. [Skripsi, Universitas Mataram]
- [4] Mamengko, C. A. (2019). *Uji performansi mesin pengering jagung*. [Skripsi, Politeknik Negeri Manado].
- [5] Novrinaldi, N., & Putra, S. A. (2019). Pengaruh kapasitas pengeringan terhadap karakteristik gabah menggunakan Swirling *Fluidized bed* Dryer (SFBD). *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 13(2), 111-124
- [6] Raihan, M. (2021). *Uji performance alat pengering fluidisasi (Fluidized bed Dryer) menggunakan udara panas dari alat pirolisis pada pengeringan padi* [Skripsi, Universitas Sumatera Utara].
- [7] Widya, W. (2021), *Kesesuaian system tanam beberapa varietas jagung (zea mayz L)*. [Skripsi, UPN Veteran Yogyakarta].
- [8] Yohana, E., Nugraha, A. P., Diana, A. E., Mahawan, I., & Nugroho, S. (2018). CFD Analysis to Calculate the Optimal Air Velocity in Drying Green Tea Process Using *Fluidized bed* Dryer. *E3S Web of Conferences*. 31, 01009
- [9] Zikri, A., & Erlinawati, I. R. (2015). Uji Kinerja Rotary Dryer Berdasarkan Efisiensi Termal Pengeringan Serbuk Kayu Untuk Pembuatan Biopelet. *Jurnal Teknik Kimia*, 21(2), 50-58

