

**BIOACTIVE COMPOUND ANALYSIS JAMUR *Coprinus comatus* SECARA
KUALITATIF DAN KUANTITATIF MENGGUNAKAN GAS
CHROMATOGRAPHY-MASS SPECTROMETRY (GC-MS)**

Nuniek Ina Ratnaningtyas¹, Fajar Husen^{2*}

¹ Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

² Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis, STIKes Bina Cipta Husada
Purwokerto

* e-mail: fajar@stikesbch.a.cid

ABSTRAK

Chicken drumstick mushrooms (Coprinus comatus OF. Mull. Pers), adalah salah satu dari ratusan jenis jamur pangan (edible) yang memiliki potensi dan khasiat sebagai nutrasetikal sebagai obat herbal. Manfaat jamur ini adalah sebagai agen anti-inflamasi, suplemen antioksidan, anti-diabetes, anti-kolesterol, dan anti-kanker. Senyawa aktif yang terkandung pada jamur ini sangat beragam, seperti kelompok senyawa fenolik, senyawa aromatik, dan polisakarida. Kandungan senyawa bioaktif yang berperan sebagai antioksidan seperti rutin, quercetin, polifenol, dan tokoferol terkandung ekstrak etanol *C. comatus*. Potensi senyawa bioaktif dari jamur ini memang sudah banyak dilaporkan, namun jamur *C. comatus* lokal hasil kultivasi di Indonesia masih perlu di eksplorasi lebih lanjut, apalagi cukup banyak perbedaan kandungan senyawa yang ada pada jamur liar (wild) dan jamur hasil kultivasi (cultivated). Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif analisis, dimana sampel jamur hasil kultivasi di ekstraksi menggunakan metode maserasi. Hasil ekstraksi kemudian di uji dan diidentifikasi kandungan senyawa bioaktifnya dengan menggunakan pengujian kualitatif dan kuantitatif dengan instrumen *gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS) dengan menggunakan kolom universal. Hasil GC-MS kemudian di karakterisasi dan dibandingkan dengan hasil pencocokan dengan data yang ada di beberapa situs *chemicals database*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa identifikasi kualitatif ekstrak *C. comatus* mengandung flavonoid, alkaloid, dan triterpenoid. Sementara terdapat 10 jenis senyawa hasil identifikasi menggunakan GC-MS.

Kata Kunci: *Coprinus comatus*, jamur paha ayam, senyawa bioaktif, GC-MS

ABSTRACT

Chicken drumstick mushrooms (Coprinus comatus OF. Mull. Pers), is one of hundreds of edible mushroom species that have potential and nutrasetical properties as herbal medicines. The benefits of this mushroom are as an anti-inflammatory agent, antioxidant supplement, anti-diabetic, anti-cholesterol, and anti-cancer. The active compounds contained in this mushroom are very diverse, such as phenolic compound groups, aromatic compounds, and polysaccharides. The content of bioactive compounds that act as antioxidants such as rutin, quercetin, polyphenols, and tocopherols contained in the ethanol extract of *C. comatus*. The potential of bioactive compounds from this mushroom has indeed been widely reported, but locally cultivated *C. comatus* mushrooms in Indonesia still need further exploration, especially since there are quite a lot of differences in the content of compounds in wild and cultivated mushrooms. This research is a descriptive analysis, where cultivated mushroom samples are extracted using the maceration method. The extraction results were then tested and identified the content of bioactive compounds using qualitative and quantitative testing with a *gas chromatography-mass spectrometry* (GC-MS) instrument using a universal column. GC-MS results were then characterized and compared with the results of matching with existing data on several chemical database sites. The results showed that qualitative identification of *C. comatus* extract contained flavonoids, alkaloids, and triterpenoids. While there are 10 types of compounds identified using GC-MS.

Keywords: *Coprinus comatus*, chicken drumstick mushroom, bioactive compounds, GC-MS

PENDAHULUAN

Jamur merupakan salah satu komoditas yang cukup banyak dikembangkan dan dikultivasi di Indonesia, terutama kelompok jamur pangan (*edible mushroom*). Jamur secara umum dikelompokkan menjadi dua yaitu kelompok dapat dimakan (*edible*), dan jamur obat (*medicinal*). Kultivasi jamur *edible* sudah tergolong banyak di Indonesia, dan kebutuhan masyarakat terhadap jamur pangan juga cukup tinggi. Namun, jumlah pembudidaya jamur pangan di Indonesia masih perlu ditingkatkan, mengingat potensi jamur pangan yang juga dapat dieksplorasi kandungan senyawa bioaktifnya (Ratnaningtyas, Hernayanti, Ekowati, & Husen, 2021a).

Coprinus comatus, merupakan jamur pangan yang telah lama dikenal di China, namun beberapa tahun terakhir jamur ini lebih familiar dikembangkan dan dikonsumsi dalam bentuk sediaan obat herbal (*herbal medicine*). Jamur ini dikenal sebagai *the saggy in cap medicinal mushroom* (Ding et al., 2012), atau jamur paha ayam/ *chicken drumstick mushroom*

(Ratnaningtyas et al., 2021b; Husen et al., 2021).

Senyawa bioaktif potensial yang selama ini telah diidentifikasi berfokus pada identifikasi kualitatif dan menunjukkan bahwa *C. comatus* mengandung senyawa polifenol, alkaloid (Husen et al., 2021), terpenoid, saponin, dan flavonoid (Ratnaningtyas, Hernanyanti, Ekowati, et al., 2022). Penelitian sebelumnya yang dilakukan dengan identifikasi melalui alat *high performance liquid chromatography* (HPLC) memperlihatkan hasil dimana tubuh buah *C. comatus* yang diekstraksi dengan menggunakan ethanol mengandung senyawa vitamin C, vitamin E, dan rutin (Ratnaningtyas, Hernayanti, Ekowati, et al., 2022). Sementara pada penelitian lain dengan metode yang sama menunjukkan senyawa quercetin (Karaman et al., 2021).

Senyawa bioaktif tersebut juga beberapa menunjukkan aktivitas sebagai antidiabetes dengan menurunkan kadar glukosa darah, meningkatkan hormon insulin (Husen et al., 2021). Sementara ekstrak etanol

C. comatus menunjukkan aktivitas sebagai inhibitor enzim dipeptidyl peptidase-4 (DPP-4) dan stimulator hormon glucagon-like peptide-1 (Ratnaningtyas, Hernayanti, Ekowati, et al., 2022).

Pada percobaan *in vivo* lainnya, ekstrak ethanol *C. comatus* menunjukkan aktivitas sebagai anti-inflamasi dengan menekan sitokin pro-inflamasi. Hal tersebut menjadi salah bukti bahwa *C. comatus* memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan dan dieksplorasi lebih lanjut kandungan senyawa bioaktifnya (Ratnaningtyas, Husen, Hernayanti, et al., 2022).

Potensi jamur *C. comatus* sebagai antidiabetes telah banyak dilakukan sebelumnya. Namun eksplorasi senyawa jamur *C. comatus* hasil kultivasi lokal di Indonesia masih sangat jarang, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui keberagaman dan jenis-jenis senyawa bioaktif potensial dari jamur ini, terutama dengan pendekatan kuantitatif dengan bantuan *gas chromatography mass-spectrometry* (GC-MS).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah riset deskriptif analitis. Evaluasi dan identifikasi ekstrak dilakukan secara kualitatif dengan menggunakan reagen yang sesuai, kemudian sejumlah ekstrak disiapkan untuk analisis GC-MS. simplisia dari tubuh buah kering jamur *C. comatus* di ekstraksi menggunakan metode maserasi yang kemudian ekstrak diuapkan hingga didapatkan ekstrak kental (Ratnaningtyas & Husen, 2022).

Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan meliputi tubuh buah jamur *C. comatus* kering yang sudah dipotong kecil, yang di dapatkan dari kultivator lokal CV. Asa Agro Corporation (AAC) Cianjur, Jawa Barat. Senyawa ethanol pro-analis, *beaker glass*, batang pengaduk, kertas saring, vacuum, *vacuum rotary evaporator*, *hotplate*, thermometer, botol vial, gelas ukur, sarung tangan (*latex*), *paper towels*, *clear pastics*, cawan petri, spatula besi, *ice pack*, *refrigerator*, alumunium foil, timbangan analitik, dan GC-MS.

Proses Ekstraksi Tubuh Buah *C. comatus*

Ekstraksi simplisia dari tubuh jamur *C. comatus* menggunakan prinsip *maceration*. Pengeringan simplisia dilakukan dengan suhu terkontrol maksimal 55 °C. Proses maserasi dilakukan dengan merendam simplisia halus dari jamur *C. comatus* dengan pelarut etanol pro-analisis. Perbandingan yang digunakan antara pelarut dan simplisia jamur yaitu (1:1, 1:3, dan 1:2).

Total maserat hasil penyaringan kemudian disatukan dari hari pertama sampai hari ke tiga, kemudian maserat di masukan ke dalam labu *vacuum rotary evaporator* untuk memisahkan antara pelarut dengan ekstrak. Evaporasi lanjutan dilakukan dengan menggunakan *hotplate* pada suhu terkontrol maksimal 60-65 °C, hingga didapatkan ekstrak kental (*thick extracs*) (Ratnaningtyas, Husen, Hernayanti, et al., 2022).

Identifikasi Senyawa Bioaktif Secara Kualitatif

Identifikasi senyawa pada ekstrak *C. comatus* untuk alkaloid diuji

dan dianalisis dengan bantuan pereaksi mayer, pereaksi wagner, dan reagen dragendorff (perubahan warna sebagai tanda positif adalah perubahan pada sampel uji menjadi coklat tua, atau coklat gelap dengan terbentuknya endapat berwarna putih) (Ratnaningtyas, Husen, Ekowati, et al., 2022).

Pengujian senyawa flavonoid menggunakan reagen amil alkohol dengan menambahkan beberapa tetes larutan asam klorida (HCl), serbuk magnesium (Mg^{2+}) atau serbuk Seng (Zn^{2+}) (perubahan warna sebagai tanda positif adalah warna merah muda, merah mudah-kemerahan, dan kuning-kemerahan) (Ratnaningtyas, Hernayanti, Ekowati, & Husen, 2021a).

Identifikasi senyawa triterpenoid dilakukan menggunakan menambahkan beberapa tetes larutan *acetic acid* (CH_3COOH) anhidrid dan larutan *sulfuric acid* (H_2SO_4) (perubahan warna sebagai hasil positif dimana sampel uji berwarna ungu-kehitaman) (Ratnaningtyas, Hernanyanti, Ekowati, et al., 2022).

Identifikasi Senyawa Bioaktif Secara Kuantitatif GC-MS

Identifikasi secara kuantitatif dilakukan dengan bantuan alat GC-MS (Agilent GC Systems - Intuvo, 8890). Detektor pada GC-MS set yang terinstal adalah 70eV *direct inlet* - MSD inert Agilent 5973. Jumlah sampel hasil diulsi yang diinjeksikan sekitar 1.5-2.5 µL. Sampel ekstrak yang sudah dilakukan perlakuan dilusi kemudian diinjeksi pada HP-5MS *capillary column* J&W Scientific. *Mobile phase* pada GC-MS yang disetting untuk proses ini yaitu asetonitril.

Hasil GC-MS kemudian disimpan dan dilihat pada pick yang terbentuk dan dibandingkan dengan data tabel yang mencakup %area, %height, serta waktu retensi. Tabulasi dibuat berdasarkan data hasil perbandingan dengan database, dengan penambahan informasi berat molekul dan *chemicals formula* (Ratnaningtyas, Husen, Hernayanti, et al., 2022).

Karakterisasi Senyawa Bioaktif Hasil GC-MS Dan Analisis Data

Karakterisasi serta pengelompokan terhadap data senyawa bioaktif hasil identifikasi dengan menggunakan GC-MS kemudian membandingkan data primer dengan data sekunder pada *database CAS (Chemical Abstracts Service/ www.cas.org)* dari *American Chemical Society SpectraBase (UC Santa Barbara Library/ www.spectrabase.com)*, PubChem NCBI (National Center for Biotechnology Information/ www.pubchem.ncbi.nlm.nih.gov), serta ChemSpider (Royal Society of Chemistry/ www.chemspider.com) (Ratnaningtyas, Husen, Ekowati, et al., 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil identifikasi secara kualitatif terhadap ekstrak etanol jamur *C. comatus* memperlihatkan *result data* yang cukup beragam (Tabel 1):

Tabel 1. Hasil analisis kualitatif ekstrak etanol tubuh buah *C. comatus*

No	Senyawa Target	Reagen	Hasil
1	Alkaloid	Mayer, Wagner, Dagendroff	Warna Coklat Dan Endapan

			Putih (++)
2	Flavonoid	NH ₃ , NaOH, AlCl ₃ , Sitroborat	Jingga- Merah (++)
3	Triterpenoid	Pereaksi Liebermann -Bouchard	Ungu Kecoklatan (+)

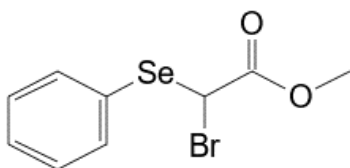
Tabel 1 menunjukkan bahwa ekstrak *C. comatus* yang diekstraksi menggunakan *solvent* etanol memperlihatkan hasil bahwa jamur ini mengandung senyawa alkaloid, triterpenoid dan flavonoid. Hasil alkaloid menunjukkan warna coklat dengan sedikit endapan warna putih, flavonoid menunjukkan perubahan warna menjadi jingga-merah, dan triterpenoid terjadi perubahan warna menjadi ungu-kecoklatan. Senyawa

alkaloid ini memiliki peran yang cukup baik sebagai antidiabetes dengan menurunkan kadar glukosa dalam darah (Ratnaningtyas, Husen, Sukmawati, et al., 2022). Penelitian sebelumnya alkaloid pada ekstrak *ethyl acetate* *C. comatus* melalui mekanisme GLUT dapat menurunkan kadar glukosa darah yang sangat signifikan >23% pada tikus putih model diabetes (Husen et al., 2021). Penelitian sebelumnya juga memperlihatkan bahwa ekstrak etanol *C. comatus* mengandung flavonoid dengan kadar 495.608 ppm (Ratnaningtyas, Hernayanti, Ekowati, et al., 2022).

Tabel 2. Hasil analisis senyawa bioaktif dengan GC-MS

No	Senyawa Teridentifikasi	Waktu Retensi	% Area	Rumus Molekuk	Berat (g.mol ⁻¹)
1	Acetic acid, bromo-phenylseleno-, methyl ester	11,195	0,05	C ₉ H ₉ BrO ₂ Se	308.04
2	11-Nitromethylene-2,7-dimethoxy-11H-benzofuro[3,2-b][1]benzopyran	11,243	0,34	C ₁₈ H ₁₃ NO ₆	339.07
3	Thiazole-4-carboxylic acid, 2-chloroacetyl-amino-5-methyl-, ethyl ester	11,36	0,09	C ₉ H ₁₁ ClN ₂ O ₃ S	262.71
4	Cholest-2-eno[3,2,b-pyridine, 4'-chloro-	12,645	0,1	C ₃₁ H ₄₉ N	435.70
5	1-(ethylthio)-2-methylthio-1,3-butadiene	12,76	0,25	C ₇ H ₁₂ S ₂	160.03
6	2-DEUTERIOGLYCERYL TRIOCTADECANOATE	13,02	0,26	C ₂₇ H ₅₄ O ₆	515.96
7	3-[(2- CHLOROETHYL)(METHYL)AMINO]METHYL}- 1,2-DIHYDROXYANTHRA-9,10-QUINONE	11,52	0,17	C ₁₅ H ₁₁ NO ₂	237.25
8	3,15-Dioxa-6,12-dithia-2,16-disilaheptadecane, 2,2,16,16-tetramethyl-, 6,6-dioxide	11,549	0,49	C ₁₂ H ₃₀ O ₆ S ₅ Si ₂	486.86
9	5-Methyl-2-(2,2,2-trifluoro-1-methoxy carbonyl- ethylidene)-[1,3] oxathiole-4-carboxylic acid ethyl ester	11,307	0,35	C ₇ H ₅ F ₃ O ₃	194.11
10	2,3-bis(Dimethylamino)-1,4-diisopropylbenzo- 1,4,2,3-diphosphadiborinane	11,614	0,03	C ₁₆ H ₃₀ B ₂ N ₂ P ₂	334.00

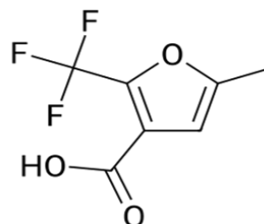
Berdasarkan hasil yang disajikan pada tabel 2, memperlihatkan dimana senyawa pada ekstrak jamur *C. comatus* yang diekstraksi dengan bantuan *ethanol solvent pro-analysis* cukup beragam dengan berbagai karakter seperti berat molekul, jenis kelompok senyawa, waktu retensi, dan persen area dari *pick* senyawa yang teridentifikasi dengan GC-MS. Penelitian sebelumnya senyawa (CHLOROETHYL) (METHYL) AMINO] METHYL}- 1,2-DIHYDROXY ANTHRA -9,10-QUINONE termasuk ke dalam senyawa organik (Kahilu et al., 2022). Senyawa hasil analisis GC-MS dari tubuh buah jamur *C. comatus* pada penelitian sebelumnya juga banyak teridentifikasi ke dalam senyawa organik.



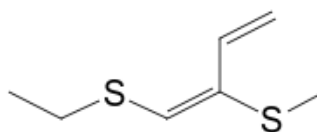
Gambar 1. Acetic acid, bromo-phenylseleno-, methyl ester

Pada percobaan pre-klinis dengan menggunakan tikus model DM yang diinduksi STZ, menunjukkan

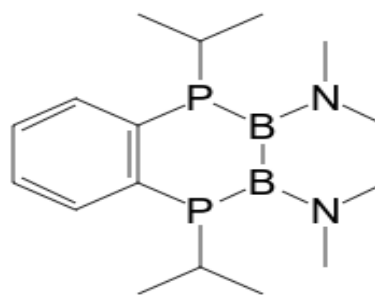
penurunan yang signifikan dengan lebih dari 28% (Ratnaningtyas & Husen, 2022).



Gambar 2. 5-Methyl-2-(trifluoromethyl) furan-3-carboxylic acid



Gambar 3. 1-(ethylthio)-2-methylthio-1,3-butadiene



Gambar 4. 2,3-Bis(dimethylamino)-1,4-Diisopropylbenzo-1,4,2,3-diphosphaborolane

Gambar 1 menunjukkan senyawa Acetic acid, bromo-phenylseleno-, methyl ester, yang termasuk ke dalam jenis senyawa organik. Gambar 2 menunjukkan

senyawa 1-(ethylthio)-2-methylthio-1,3-butadiene, dan Gambar 3 menunjukkan senyawa 2,3-Bis(dimethyl amino)-1,4-Diisopropylbenzo -1,4, 2,3-diphosphaborolane. Kebanyakan senyawa yang teridentifikasi tergolong ke dalam senyawa organik. Hasil GC-MS juga menunjukkan bahwa senyawa dengan %area terbesar adalah 3,15- Dioxo-6,12 -dithia -2,16- disilaheptadecane, 2,2,16,16-tetramethyl-, 6,6-dioxide, dengan 0.49. Sementara senyawa dengan %area terkecil adalah 2,3-bis(Dimethyl amino)-1,4-diisopropylbenzo -1,4,2,3-diphosphadiborinane, dengan 0.03. Senyawa dengan waktu retensi tertinggi adalah 2-DEUTERIO GLYCERYL TRIOCTADECANOATE, dengan 13.02, dan senyawa dengan waktu retensi terkecil adalah Acetic acid, bromophenylseleno-, methyl ester dengan 11.295.

Penelitian sebelumnya yang melakukan identifikasi senyawa bioaktif *C. comatus* dan *G. lucidum* menunjukkan bahwa rata-rata teridentifikasi senyawa organik. Hasil GC-MS ekstrak ethanol *C. comatus*

menunjukkan bahwa senyawa Cholestan-3-ol, trifluoroacetate, (3-beta,5-alpha.) memiliki waktu retensi tertinggi dengan 20.645, dan senyawa yang memiliki waktu retensi terendah adalah N-(4-Cyanomethyl- phenyl)-2-(3,5- dimethyl- phenoxy)-acetamide dengan 4.315. Pada penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak memiliki aktivitas anti-inflamasi dengan menurunkan kadar Immunoglobulin E, interleukin 1 β , dan menurunkan laju edema tikus percobaan yang diinduksi carrageenan (Ratnaningtyas, Husen, Hernayanti, et al., 2022). Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa ekstrak ethanol *C. comatus* yang dianalisis dengan GC-MS mengandung senyawa Cholestan-3- ol, trifluoroacetate, (3.beta.,5.alpha.)-(CAS) yang memiliki berat molekul 484.70 g.mol⁻¹, senyawa tersebut termasuk turunan dari kolesterol dan merupakan yang juga termasuk *organic compound*. Senyawa 3-diethyl amino-4- methyl-5-methyl thio-2- (tri fluoracetyl) furan, masuk ke dalam group senyawa methylsulfanyl yang memiliki berat molekul terkecil 129.19 g.mol⁻¹

(Ratnaningtyas, Husen, Ekowati, et al., 2022). Beberapa senyawa bioaktif juga memiliki peran sebagai anti-hepatotoksik dan anti-nefrotoksik pada percobaan *in vivo* (Ratnaningtyas, Hernayanti, Ekowati, Husen, et al., 2021).

Hasil identifikasi pada riset ini menunjukkan bahwa senyawa dengan berat molekul tertinggi adalah 3,15-Dioxa-6,12-dithia-2,16-disilaheptadecane, 2,2, 16,16-tetra methyl-, 6,6-dioxide, dengan $486.86 \text{ g.mol}^{-1}$, dan terkecil adalah 1-(ethylthio) -2- methyl thio-1,3-butadiene. Berat molekul tersebut adalah $160.03 \text{ g.mol}^{-1}$. Kedua senyawa tersebut masuk ke dalam kelompok senyawa organik. Penelitian terdahulu juga memperlihatkan hasil dimana *fruiting body extract* dari *C. comatus* mengandung 11- Nitro methylene-2,7-di methoxy- 11H- benzofuro [3,2-b] [1] benzopyran dengan berat molekul $570.60 \text{ g.mol}^{-1}$ (Ratnaningtyas & Husen, 2022).

KESIMPULAN

Ekstrak *C. comatus* yang diidentifikasi melalui metode kualitatif

mengandung senyawa triterpenoid, alkaloid, dan flavonoid. Terdapat sekitar 10 senyawa hasil identifikasi secara kuantitatif GC-MS dan rata-rata termasuk senyawa organik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ding, Z., Wang, W., Wang, F., Wang, Q., & Zhang, K. (2012). Polysaccharides production by submerged fermentation of *Coprinus comatus* and their inhibitory effects on non-enzymatic glycosylation. *Journal of Medicinal Plants Research*, 6(7), 1375–1381. <https://doi.org/10.5897/JMPR11.1648>
- Husen, F., Hernayanti, H., Ekowati, N., Sukmawati, D., & Ratnaningtyas, N. I. (2021). Antidiabetic effects and antioxidant properties of the saggy ink cap medicinal mushroom, *Coprinus comatus* (Agaricomycetes) on streptozotocin-induced hyperglycemic rats. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 23(10), 9–21. <https://doi.org/10.1615/intjmedmushrooms.2021040020>
- Kahilu, G. M., Bada, S., & Mulopo, J. (2022). Physicochemical, structural analysis of coal discards (and sewage sludge) (co)-HTC derived biochar for a

- sustainable carbon economy and evaluation of the liquid by-product. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-22528-y>
- Karaman, M., Tesanovic, K., Gorjanovic, S., Pastor, F. T., Simonovic, M., Glumac, M., & Pejin, B. (2021). Polarography as a technique of choice for the evaluation of total antioxidant activity: The case study of selected *Coprinus Comatus* extracts and quinic acid, their antidiabetic ingredient. *Natural Product Research*, 35(10), 1711–1716. <https://doi.org/10.1080/14786419.2019.1628753>
- Ratnaningtyas, N. I., Hernayanti, Ekowati, N., Husen, F., Maulida, I., Kustianingrum, R., & Vidiyanti, V. (2022). Antioxidant activities and properties of *Coprinus comatus* mushroom both mycelium and fruiting body extracts in streptozotocin-induced hyperglycemic rats model. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 14(1), 9–21.
- Ratnaningtyas, N. I., Hernayanti, Ekowati, N., & Husen, F. (2021a). Nephroprotective and antioxidant effects of ethanol extract of *Coprinus comatus* mushroom fruit-bodies on streptozotocin-induced diabetic rat models. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 948, 1–13. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/948/1/012078>
- Ratnaningtyas, N. I., Hernayanti, Ekowati, N., & Husen, F. (2021b). Nephroprotective and antioxidant effects of ethanol extract of *Coprinus comatus* mushroom fruit-bodies on streptozotocin-induced diabetic rat models. *The 4th International Conference on Biosciences (ICoBio 2021)*, 948 (1-13). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/948/1/012078>
- Ratnaningtyas, N. I., Hernayanti, Ekowati, N., Husen, F., Perdanawati, A. L., & Feryawan. (2021). Aktivitas anti-hepatotoksik dan anti-nefrotoksik tikus wistar jantan (*Rattus norvegicus*) yang diinduksi streptozocin. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XI*, 221–237.
- Ratnaningtyas, N. I., Hernayanti, H., Ekowati, N., & Husen, F. (2022). Ethanol extract of the mushroom *Coprinus comatus* exhibits antidiabetic and antioxidant activities in streptozotocin-induced diabetic rats. *Pharmaceutical Biology*, 60(1), 1126–1136. <https://doi.org/10.1080/13880209.2022.2074054>
- Ratnaningtyas, N. I., & Husen, F. (2022). Profil Mikokimia dan Aktivitas Antidiabetes Jamur *Coprinus comatus* pada Tikus Model Hiperglikemia dengan Induksi Streptozotocin. *Jurnal*

Mikologi Indonesia, 6(1), 37–47.
<https://doi.org/10.46638/jmi.v6i1.204>. Abstrak

Ratnaningtyas, N. I., Husen, F., Ekowati, N., & Sri, E. (2022). Eksplorasi , Identifikasi , Dan Karakterisasi Senyawa Fitokimia *Coprinus comatus* Dan *Ganoderma lucidum* Menggunakan GC-MS (Gas Chromatography-Mass Spectrometry). *Prosiding Seminar Nasional Dan Call for Papers: Pengembangan Sumber Daya Perdesaan Dan Kearifan Lokal Berkelanjutan XII*, 12(1), 186–199.

Ratnaningtyas, N. I., Husen, F., Hernayanti, Ekowati, N., & Budianto, B. H. (2022). Anti-inflammatory and immunosuppressant activity of *Coprinus comatus* ethanol extract in carrageenan-induced rats of *Rattus norvegicus*. *Molekul*, 17(3), 336–346.

Ratnaningtyas, N. I., Husen, F., Sukmawati, D., Wibowo, E. S., Hikam, A. R., & Aksoy, A. (2022). Antidiabetic Effects and Enzymatic Antioxidant Activity of Chicken Drumstick Mushroom (*Coprinus comatus*) Extract in Diabetic Rats Model. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 16(4), 2764–2774.
<https://doi.org/10.22207/jpam.16.4.48>