

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jamur adalah pangan nabati yang sangat populer di masyarakat karena kandungan gizinya yang tinggi khususnya protein dan mineral. Jamur mengandung 90% air dan 10% bahan kering. Jamur kaya akan protein, mineral (P, Ca, Fe, K dan Na), vitamin (tiamin, riboflavin, asam folat dan niasin). Keunggulan dari jamur adalah protein yang berkualitas tinggi karena mengandung semua asam amino esensial (Widyastuti & Tjokrokusumo, 2021). Nutrisi yang terkandung dalam jamur adalah karbohidrat (26%-82%), protein (21%-50%), serat, vitamin (tiamin, riboflavin, asam folat, dan niasin) dan 70- 93% mineral (P, Ca, Fe, K dan Na) (Nowakowski *et al.*, 2021; Ukruwuru *et al.*, 2018; Pattanayak, 2020). Selain itu, jamur memiliki kalori dan kandungan lemak yang rendah (1,1%-8,3%). Manfaat dari mengonsumsi jamur dapat berguna sebagai anti inflamasi, anti kanker (polisakarida dan metanol), anti bakteri (metanol), meningkatkan kekebalan tubuh (beta glucan), anti hipertensi (kalium), anti tumor (ergosterol), menurunkan kolesterol (asam lemak tidak jenuh) (Widyastuti & Tjokrokusumo, 2021). Jamur yang biasanya dikonsumsi adalah jamur kancing putih (*Agaricus bisporus*), shiitake (*Lentinula edodes*), tiram (*Pleurotus ostreatus*) (Rasalanavho *et al.*, 2019). Selain jamur yang banyak dikenal, ada juga jamur yang tumbuh secara liar dan jumlahnya mencapai 2000 spesies.

Jamur liar biasa tumbuh di hutan, di pepohonan, padang rumput atau tumbuh bersama dengan jamur yang dibudidayakan. Jamur liar ada yang dapat dikonsumsi, namun ada juga yang beracun (Jiang *et al.*, 2018). Di Indonesia, beberapa jenis jamur liar digunakan sebagai bahan obat (Putra, 2021). Jamur liar dapat menjadi alternatif pangan khususnya pada penduduk yang kurang mampu dan tinggal pedesaan (Rasalanavho *et al.*, 2019). Jamur liar yang tumbuh di benua Eropa antara lain *Cantharellus cibarius*, *Russulaceae vinosa*, *Leccinium versipelle* (Nieminen *et al.*, 2018). Jamur liar yang tumbuh di benua Asia antara lain *Chlorophyllum molybdites*, *Russula sp.*, *Cantharocybe virosa*, *Entoloma sp.*, *Lactarius sp.*, *Tricholoma sp.* (Tawatsin *et al.*, 2018). Jamur liar yang tumbuh di benua Amerika antara lain *Amanita phalloides*, *Amanita bisporigera*, *Cortinarius rubellus*, *Gyromitra esculenta* (Brandenburg & Ward, 2018). Jamur liar yang tumbuh di benua

Asia antara lain *Astraeus hygrometricus*, *Boletus edulis*, *Morchella conica*, *Ophiocordyceps sinensis*, *Phlebopus portentosus*, *Pleurotus giganteus*, *Termitomyces eurhizus*, *Thelephora ganbajun*, *Tricholoma matsuake*, *Tuber indicum* (Mortimer *et al.*, 2012).

Beberapa jamur liar mengandung senyawa beracun khususnya seperti amatoxin, muscarine, orellanine, psilocybin. Senyawa amatoxin terkandung di dalam jamur *Amanita phalloides*, *Amanita verna*, *Amanita bisporigera*, *Amanita abrupta*, *Galerina autumnalis*, *Galerina venenata*, *Galerina marginata*, dan *Galerina sulciceps*. Senyawa muscarine terkandung di dalam jamur spesies *Inocybe fastiginata* dan *Clitocybe fragrans* dalam jumlah besar. Selain itu juga terkandung di dalam jamur *Amanita muscaria*, *Amanita pantherine* dalam jumlah terbatas. Senyawa orellanine terkandung di dalam spesies jamur *Cortinarius orellanus*, *Cortinarius speciosissims*, *Cortinarius splendens*, *Hebeloma crustuliniforme*, *Hebeloma sinapzand*, *Hebeloma spoliatum*, *Hebeloma vinosophyllum*. Senyawa psilocybin sebagian besar terkandung di dalam spesies jamur *Psilocybe*. Selain itu juga terkandung di dalam jamur spesies *Panaeolus subbalteatus*, *Conocybe cyanop*, *Gymnopilus spectabil* (Konno, 1997).

Jamur memiliki peranan besar berbagai masakan di seluruh dunia. Dengan adanya jamur beracun diperlukan identifikasi dan analisis terkait. Para ilmuwan jarang tertarik untuk mengidentifikasi senyawa beracun pada jamur liar yang dapat menyebabkan kesenjangan. Oleh sebab itu diperlukan kajian yang lebih terperinci terkait spesies jamur liar beracun dan senyawa yang terkandung, cara deteksi senyawa tersebut dan cara reduksi senyawa tersebut.

1.2. Tinjauan Pustaka

1.2.1. Identifikasi Jamur Liar

Jamur merupakan sekelompok *macrofungus* dengan tubuh buah besar/basidioma dan dapat dilihat dengan mata telanjang tanpa alat khusus. Selain itu, dalam satu spesies memiliki banyak karakteristik seperti ukuran, warna dan basidioma (Gawlikowski *et al.*, 2015). Diantara 5.000 spesies jamur yang telah diketahui, terdapat sekitar 100 spesies yang beracun apabila dikonsumsi manusia. Toksisitas yang ditimbulkan seperti iritasi

gastrointestinal, efek mental, penyakit ginjal akut dan gagal hati (Jiang *et al.*, 2018). Jamur liar merupakan salah satu dari jamur beracun yang biasa tumbuh di hutan, di pepohonan, padang rumput, atau dapat tumbuh bersama di area jamur yang dibudidayakan (Jiang *et al.*, 2018). Jamur beracun mengandung beberapa senyawa toksin sehingga dapat berdampak buruk bagi kesehatan manusia apabila dikonsumsi.

Keracunan jamur liar yang mengandung senyawa beracun dapat menyebabkan gangguan kesehatan apabila dikonsumsi. Sebagian besar kasus keracunan yang menyebabkan banyak kematian diakibatkan oleh jamur liar genus *Amanita*, genus *Galerina*, genus *Lepiota* yang mengandung senyawa amatoxin. Kasus keracunan jamur liar pada jamur spesies *Inocybe* dan *Clitocybe* yang mengandung senyawa muscarine dapat menyebabkan sindrom kolinergik perifer akut dalam waktu 30 menit hingga 2 jam setelah menelan jamur tersebut. Gejala keracunan ditandai dengan air liur, lakrimasi, buang air kecil, diare, dan emesis, seringkali dengan miosis, bronkorea, dan bronkospasme (Diaz, 2005). Keracunan jamur liar *Psilocybe*, *Conocybe*, *Gymnopilus*, dan *Panaeolus* mengandung senyawa psilocybin. Gejala keracunan ditandai dengan perubahan sensorium dan euforia dalam waktu 30 menit hingga 2 jam setelah konsumsi dan biasanya berlangsung 4-12 jam tergantung pada jumlahnya (Tran HH, 2021). Keracunan jamur liar pada spesies *Cortinarius orellanus* yang mengandung senyawa orellanine dapat menyebabkan sakit kepala, haus, nyeri otot, dan pinggang selama beberapa hari hingga 2 minggu (Dinis-Oliveira *et al.*, 2016). Kasus keracunan jamur dapat terjadi akibat kurangnya pengetahuan identifikasi antara jamur *edible* dan beracun (Putra, 2020a, 2020c). Hal ini dapat dilihat dari perbedaan basidioma, ukuran dan warna (Ukruwuru *et al.*, 2018). Faktor lainnya dikarenakan tingkat pengangguran yang tinggi, kelangkaan pangan dan pengaruh gaya hidup masyarakat pedesaan (Rasalanavho *et al.*, 2019). Tingkat toksisitas keracunan jamur dipengaruhi pada spesies jamur yang dikonsumsi dan kandungan senyawa beracun pada jamur tersebut (Jan *et al.*, 2008). Keempat senyawa toksin ini merupakan senyawa yang paling banyak menyebabkan keracunan dan cukup banyak terkandung dalam berbagai spesies jamur liar.

Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui toksisitas senyawa beracun pada jamur yaitu dengan metode deteksi analisis senyawa tersebut. Metode yang digunakan dapat

beragam seperti *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC), *Liquid Chromatography Mass Spectrometry* (LC-MS/MS), *Reversed Phase High Performance Liquid Chromatography* (RP-HPLC), dan lainnya. Dari banyaknya kasus keracunan jamur liar yang ada, diperlukan pengetahuan tentang identifikasi spesies jamur, kandungan senyawa beracun, toksisitas pada jamur beracun, dan cara mendeteksi senyawa toksin tersebut. Hal ini diperlukan karena adanya tingkat konsumsi jamur yang tinggi (Nowakowski *et al.*, 2021).

1.2.2. Senyawa Toksin Pada Beberapa Jamur

1.2.2.1. Amatoxin

Amatoxin merupakan intoksikasi yang terkandung dalam jamur *Amanita* yang berperan dampak paling fatal yaitu kematian terutama spesies *Amanita phalloides* (Stöver *et al.*, 2019). Amatoxin juga merupakan senyawa polar sehingga dapat mudah larut dalam air. Karakteristik jamur *Amanita* dikenal dominan dengan adanya senyawa beracun tersebut (Kaya *et al.*, 2013). Kelompok spesies *Amanita* adalah jamur payung (*Amanita phalloides*), malaikat penghancur (*Amanita virosa*), dan malaikat maut (*Amanita verna*) yang bertanggung jawab hampir 95% dari semua kasus keracunan jamur yang fatal (Yilmaz *et al.*, 2014).

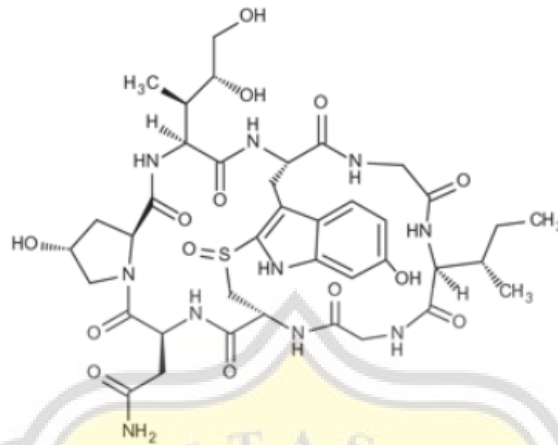


Gambar 1. *Amanita phalloides*

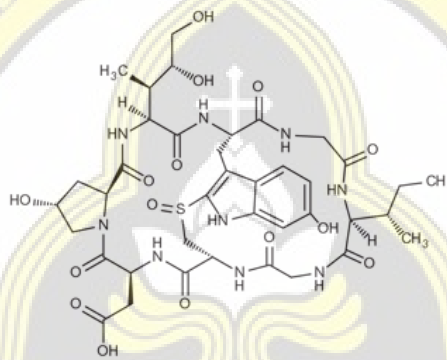
Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Amanita_phalloides

Amatoxin adalah oktapeptida bisiklik yang dibentuk oleh sembilan senyawa yang berbeda (alpha amanitin, beta amanitin, gamma amanitin, epsilon amanitin, amanimanide, amanin, asam amanullinic, amanullin, proamanullin). Namun yang paling

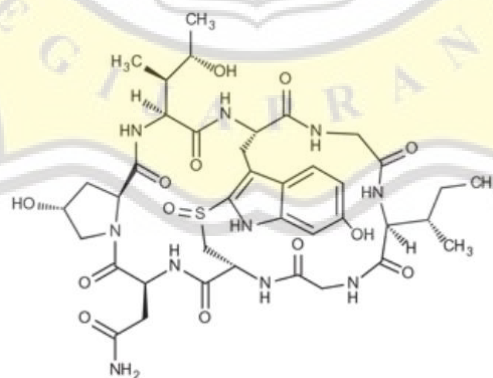
beracun ialah alpha amanitin, beta amanitin dan gamma amanitin (Abbott *et al.*, 2018). Berikut merupakan struktur dari senyawa α -amanitin, beta amanitin dan gamma amanitin.



Gambar 2. Struktur Alpha Amanitin (Enzolifescience, 2022)



Gambar 3. Struktur Beta Amanitin (Enzolifescience, 2022)



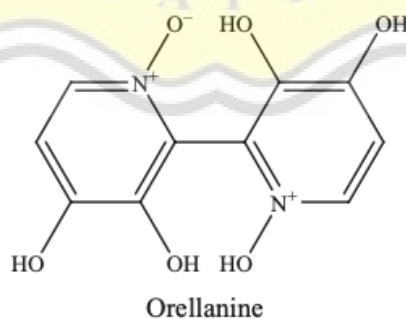
Gambar 4. Struktur Gamma Amanitin (Enzolifescience, 2022)

ADI senyawa amatoxin sebesar 0,1 mg/ kg berat badan (Karahana *et al.*, 2016; Tawatsin *et al.*, 2018). Menurut Oğuzhan Kaygusuz, *et al.* (2013), dosis basah senyawa ini kurang

dari 50 g atau jamur berukuran sedang *Amanita phalloides*. Jamur yang dikonsumsi dalam jumlah tersebut dapat menyebabkan keracunan bagi orang dewasa, sedangkan jumlah dosis yang lebih sedikit dapat menyebabkan kematian pada anak-anak. Pada jamur spesies *Amanita verna* kandungan senyawa amatoxin sebesar 2250 hingga 4570 mg/kg dalam berat kering (Yilmaz *et al.*, 2014). Keracunan jamur ini dapat menimbulkan gejala seperti sakit perut parah, mual, muntah, diare (Oğuzhan Kaygusuz, Kutret Gezer, Ali Çelik, 2013; Vargas *et al.*, 2011), keringat dingin, dan rasa haus selama 48 jam yang disertai dengan dehidrasi, kram, dan anuria (De Olano *et al.*, 2020; Ukwuru *et al.*, 2018). Tingkat toksisitas senyawa amatoxin tergantung pada jumlah yang tertelan dan pengolahan jamur sebelum dikonsumsi (Ukwuru *et al.*, 2018). Kasus keracunan senyawa amatoxin ini belum ditemukan obat penangkal (Kaya *et al.*, 2015). Hal ini dikarenakan sifat amatoxin yang stabil terhadap panas, tingkat kelarutan yang besat, dan tidak mampu dipecah oleh enzim maupun asam sehingga tidak dapat dihancurkan oleh pemrosesan makanan atau pencernaan (Karahana *et al.*, 2016).

1.2.2.2. Orellanine

Orellanine merupakan alkaloid yang tidak larut air dan bersifat termotabil, yaitu tidak mengalami degradasi saat direbus ataupun digoreng. Dari segi struktur kimia, orellanine menyerupai herbisida piridin paraquat dan diquat yang terdeoksidasi dalam sinar ultraviolet menjadi metabolit tidak toksin yaitu orellin (Marchelek-Myśliwiec *et al.*, 2020). Orellanine serta turunannya mempunyai struktur biperidil. Sifat senyawa orellanine adalah stabil dan tetap utuh dalam waktu yang lama.



Gambar 5. Struktur Orellanine

Senyawa orellanine terdapat di dalam jamur spesies *Cortinarius orellanus* (Dinis-Oliveira *et al.*, 2016; Marchelek-Myśliwiec *et al.*, 2020), *Amanita smithiana* (Ukwuru *et*

al., 2018). Dalam berat kering, orellanine memiliki kandungan toksin sebesar 9400 mg/kg di tutup, 4800 mg/kg di batang, dan 3100 mg/kg di spora (Dinis-Oliveira *et al.*, 2016).



Gambar 6. *Cortinarius orellanus*

Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Cortinarius_orellanus

Keracunan senyawa ini dapat menimbulkan gejala seperti kerusakan ginjal (ditandai dengan kesulitan pencernaan, haus, sakit kepala, nyeri otot, nyeri pinggang) selama beberapa hari atau dalam 2 minggu setelah keracunan (Dinis-Oliveira *et al.*, 2016). Menurut Ukwuru *et al.* (2018), gejala keracunan juga dapat timbul dalam 3- 6 hari setelah diisolasi dari jamur beracun yang mengandung orellanine tersebut. Proses pengolahan tidak dapat mengurangi toksisitas senyawa orellanine seperti pemanasan, pembekuan, pengeringan. Keracunan senyawa ini hanya dapat diatasi dengan transplantasi ginjal, dikarenakan senyawa ini lebih sering menyerang ginjal (Judge *et al.*, 2010).

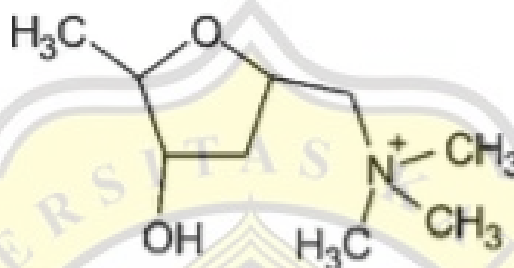
1.2.2.3. Muscarine



Gambar 7. *Inocybe fastigiata*

Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Inocybe_rimosa

Senyawa muscarine adalah senyawa beracun yang dapat bekerja cepat dan memiliki periode laten yang pendek (gejala mulai dalam 5 jam setelah konsumsi) (Hallstrom & Thuvander, 1997). Karakteristik senyawa muscarine yaitu memiliki sifat polar dan molekul yang kecil (Ginterová *et al.*, 2014). Senyawa muscarine terdapat di dalam spesies *Inocybe* dan *Clitocybe* (Hallstrom & Thuvander, 1997; Kaufmann, 2007; Tomková *et al.*, 2015). Secara struktural, muscarine mempunyai struktur yang mirip dengan asetilkolin (Romanek & Eyer, 2019).



Gambar 8. Struktur Muscarine

Senyawa muscarine memiliki dosis sebesar $324 \pm 62,4$ mg/kg dalam berat basah (Xu *et al.*, 2020) dan sebesar 0,3 mg/g dalam berat kering (Hallstrom & Thuvander, 1997). Namun, kondisi lingkungan (terutama tanah) dan perubahan iklim dapat mempengaruhi jumlah dosis racun tersebut (Xu *et al.*, 2020). Keracunan senyawa muscarine dapat menimbulkan gejala yang khas seperti rasa gugup, kesulitan bernapas, menggigil, dan kecenderungan untuk pingsan (Ukruwuru *et al.*, 2018). Cara penanganan kasus keracunan ini dari segi medis terdiri dari pengobatan dengan penghambatan penyerapan enteral toksin melalui arang aktif dan sebagian dari pemantauan intensif selama 4 jam, dalam terapi suportif dengan pergantian cairan dan elektrolit (Kaufmann, 2007).

1.2.2.4. Psilocybin

Senyawa ini terkandung secara alami di dalam jamur spesies *Psilocybe*. Ciri jamur ini ditandai dengan adanya noda kebiruan dipangkal stipe, dan apabila jaringan tersebut rusak akan menjadi warna yang lebih tua. Kandungan Psilocybin juga terdapat di dalam jamur genus *Galerina*, *Gymnopilus*, *Inocybe*, *Panaeolus*, *Pholiotina* (Zhuk *et al.*, 2015), *P. semilanceata*, *P. Meksiko*, *P. bohemia*, *P. kudus*, *P. baeocistis* (Lima *et al.*, 2012).



Gambar 9. *Psilocybe cubensis*

Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Psilocybe_cubensis

Keracunan toksin psilocybin dapat menyebabkan kecemasan dan kesulitan dalam pemahaman selama beberapa jam. Gejala keracunan ini dapat terjadi dalam waktu 30 menit setelah mengonsumsi jamur dalam kondisi masih segar atau kering. Penanganan secara medis dilakukan dengan perawatan khusus seperti rawat inap karena pada orang dewasa terjadi infark miokard, tetapi pada anak-anak sering terjadi hipertemia, kejang hingga koma (Lima *et al.*, 2012). Pemulihan spontan kasus ini dalam waktu 5- 10 jam dan dengan mengonsumsi benzodiazepine yang membuat tanda vital tubuh kembali normal (Gopinath *et al.*, 2011).

1.2.3. Analisis Kesenjangan

Dalam ulasan yang diterbitkan dalam 10 tahun terakhir, sembilan jurnal ulasan membahas jamur beracun dan tidak beracun dengan gejala keracunan (dapat dilihat pada Tabel 2). Beberapa jurnal ulasan yang diterbitkan hanya membahas spesies jamur beracun atau tidak beracun dan menjelaskan secara singkat gejala dan pengobatannya. Review sebelumnya masih kurang pembahasan yang mendetail mengenai karakteristik kandungan senyawa toksin pada jamur, cara metode analisis senyawa, dan cara penanganan senyawa tersebut.

Tabel 1. Hasil Pencarian Artikel Review untuk Bahan Analisis Kesenjangan

| No | Penulis | Judul | Isi |
|----|---------------------------------|---|---|
| 1 | Sharma & Singh (2016) | Mushroom poisoning: from Toxicity to Forensic analysis | Kasus keracunan jamur terjadi di berbagai wilayah dunia seperti Chili, Thailand, Malaysia. Keracunan tidak diulas lebih banyak, hanya mengulas tentang gejala keracunan yang diteliti dari hasil otopsi manusia. |
| 2 | Jo, <i>et al.</i> , (2014) | Toxicological Profiles of Poisonous, Edible, and Medical Mushrooms | Meninjau zat beracun di dalam jamur yang dapat dimakan, beracun dan dijadikan obat. Diketahui bahwa alfa amatoxin merupakan senyawa paling berbahaya dalam kelompok amatoxin. |
| 3 | Wennig <i>et al.</i> (2020) | Mushroom Poisoning | Sebagian besar kasus keracunan jamur menyebabkan gastrointestinal, yang dimana gastrointestinal tidak hanya diakibatkan dari keracunan jamur, tetapi dapat diakibatkan dari makanan busuk. |
| 4 | Govorushko <i>et al.</i> (2019) | Poisoning associated with the use of mushrooms: A review of the global pattern and main characteristics | Mengevaluasi pola dan karakteristik global keracunan jamur, identifikasi besarnya kematian akibat keracunan jamur dan pengelompokkan jamur sesuai senyawa beracunnya. Kasus kematian manusia diakibatkan oleh spesies jamur <i>Amanita phalloides</i> , <i>A. exitialis</i> , dan <i>A. fuliginea</i> . |
| 5 | Nieminen <i>et al.</i> (2020) | Toxic Potential of Traditionally Consumed Mushroom Species—A Controversial Continuum with Many Unanswered Questions | Potensi toksisitas spesies jamur yang dianggap dapat dikonsumsi namun menyebabkan yaitu keracunan jamur <i>Tricholoma equestre</i> . Review ini fokus pada jamur beracun dan saran bagaimana melihat kasus keracunan dari peneliti |
| 6 | Yin, X <i>et al.</i> (2019) | Mushroom Chemistry and Toxicology | Struktur kimia, total sintesis dan toksikologi racun yang terdapat di dalam beberapa genus jamur sesuai dari senyawa racun yang terkandung di dalam jamur tersebut. Kasus amatoksin sudah |

| | | | |
|---|-----------------------------------|--|--|
| | | | banyak terjadi dan banyak yang meneliti. Dibandingkan dengan senyawa beracun lainnya diperlukan penelitian lebih lanjut seperti cara mengisolasi racun untuk menghindari kasus keracunan. |
| 7 | Patocka <i>et al.</i> (2021) | Chemistry and Toxicology of Major Bioactive Substances in <i>Inocybe</i> Mushrooms | Racun di dalam jamur <i>Inocybe</i> dan gejala yang diakibatkan dan penanganan medis terhadap kasus keracunan jamur tersebut. Efek racun pada spesies jamur yang dibahas umumnya ringan, tetapi gejalanya tergantung pada dosis racun yang dikonsumsi dan sensitivitas individu. |
| 8 | Bhattacharya <i>et al.</i> (2017) | A Review on Mushroom Intoxications | Menginventori beberapa spesies jamur beracun berdasarkan genus. Selain itu membahas tentang karakteristik setiap senyawa beracun. Yang paling banyak dibahas di dalam review ini yaitu senyawa beracun amatoksin dan muscarine. |
| 9 | Sevĭndĭk <i>et al.</i> (2021) | Potential Cardiogenic Effects of Poisonous Mushrooms | Pengelompokkan penyakit sesuai dengan senyawa beracun di dalam spesies jamur dan pembahasan gejala keracunan yang timbul. Pada review ini lebih difokuskan pada efek kardiologis jamur beracun yang dapat membahayakan gangguan kesehatan pada manusia. |

Pencarian artikel jurnal *review* atau penelitian dijadikan hasil pengumpulan literatur untuk identifikasi kesenjangan pada subjek pertanyaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pencarian Artikel *Review* untuk Bahan Analisis Kesenjangan

| <i>Website</i> | Kata Kunci Pencarian | Jumlah |
|----------------|---------------------------------|---------------|
| Google Scholar | <i>mushroom poisoning toxic</i> | 20.100 |
| | <i>trigger review</i> | |
| | <i>amatoxin poisoning</i> | 1.380 |
| | <i>treatment review</i> | |

| | | |
|--------|---|--------|
| | <i>toxicology poisoning mushroom review</i> | 12.300 |
| | <i>safety toxic mushroom review</i> | 17.400 |
| | <i>step for reduction toxic compound in mushroom review</i> | 17.100 |
| | <i>"chemistry and toxicology" mushroom toxins review</i> | 458 |
| | <i>mushroom poisoning review</i> | 156 |
| | <i>toxicology poisoning mushroom review</i> | 31 |
| PubMed | <i>mechanism toxic in mushroom review</i> | 39 |
| | <i>toxic compound in mushroom review</i> | 42 |
| | <i>chemical structure toxic compound in mushroom review</i> | 27 |

Berdasarkan Tabel 2, artikel *review* ini dapat dicari dalam kepustakaan yang relevan dan dapat berupa jurnal internasional yang telah diterbitkan oleh PubMed, Google Scholar. Namun hasil literatur yang telah didapat dari kedua mesin pencari tersebut belum seluruhnya disaring berdasarkan jenis literturnya yaitu literatur *review*. Oleh karena itu, penulis menyaring hasil yang telah diperoleh dari mesin pencari tersebut. Setelah disaring, sebanyak 9 literatur *review* yang telah sesuai dengan kriteria untuk dianalisis kesenjangannya.

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis jamur yang mengandung senyawa beracun apabila dikonsumsi manusia, cara mendeteksi senyawa tersebut, efek kesehatan yang ditimbulkan dari senyawa tersebut.