



Research Articles

**Efektivitas Kunyit (*Curcuma longa* L.)
sebagai Suplemen Pakan Ikan**

***Effectiveness of Turmeric (*Curcuma longa* L.)
as Fish Feed Supplement***

Thoy Batun Citra Rahmadani*, Damai Diniariwisan

Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram
Jalan Majapahit No. 62 Mataram, Indonesia

*corresponding author, email : citra@unram.ac.id

Manuscript received:01-02-2024. Accepted: 28-03-2024

ABSTRAK

Suplemen pakan untuk kegiatan budidaya merupakan bahan yang saat ini telah banyak digunakan. Saat ini penggunaan suplemen pakan banyak menggunakan bahan-bahan herbal, sebab dianggap lebih aman untuk ikan. Hal ini disebabkan penggunaan antibiotic yang dulunya digunakan telah dilarang, karena menyebabkan resistensi mikroorganisme dan dampak buruk terhadap lingkungan. Kunyit merupakan salah satu rempah yang banyak digunakan sebagai suplemen pakan. Sebagian besar penggunaan kunyit sebagai bahan masakan, tetapi banyak juga digunakan dalam pengobatan tradisional. Terdapat beberapa kandungan senyawa aktif yang banyak diteliti, diantaranya yaitu curcumin dan turmerone. Senyawa aktif tersebut telah terbukti mampu menambah kandungan antioksidan dan mencegah terjadinya peroksidasi lipid, sehingga pertumbuhan ikan dapat meningkat. Selain itu dapat juga menghambat pertumbuhan bakteri dengan cara merusak membrane maupun mencegah terjadinya pembentukan biofilm.

Kata Kunci : antibakteri; antioxidant; kunyit; pertumbuhan ikan

ABSTRACT

Feed supplements for aquaculture activities are materials that currently widely used. There are many feed supplements using herbal ingredients, because it is considered more safety for fish. It is based on prohibition of antibiotics usage, because it can create resistance in microorganisms and has a negative impact on environment. Turmeric is a spice that widely used as a feed supplement. Most turmeric is used for cooking ingredient, but it is also widely used in traditional medicine. Several active compounds in turmeric such as curcumin and turmerone have been studied. These active compound have been proven could increase antioxidant and prevent lipid peroxidation, so it can increase the fish growth. Apart from that, this active compound is also useful in inhibiting bacterial growth by damaging membrane and preventing the formation of biofilms.

Keywords : antibacterial; antioxidants; fish growth; turmeric

PENDAHULUAN

Akuakultur adalah kegiatan budidaya organisme akuatik seperti ikan, kekerangan dan tanaman air. Secara teknologi akuakultur dibagi menjadi budidaya ekstensif, semi intensif dan intensif (FAO, 2016). Budidaya ikan saat ini telah banyak dilakukan secara intensif dengan padat tebar yang tinggi. Hal ini menyebabkan pemberian pakan yang semakin banyak (Oddsson, 2020), dimana kebutuhan pakan dalam budidaya mencapai 60-70% dari total biaya produksi. Budidaya intensif semakin berkembang pesat karena terjadinya penurunan produksi pada system ekstensif, kekurangan sumber daya air, lahan dan tenaga kerja (Soltan, 2013). Budidaya yang menggunakan padat tebar tinggi dan pakan buatan dalam jumlah yang tinggi dapat menyebabkan beberapa masalah jika tidak ditangani dengan baik, seperti pertumbuhan yang lambat, penurunan kualitas air serta kematian selama proses budidaya.

Pakan menjadi salah satu bahan yang sangat penting untuk diperhatikan sebab harus disiapkan secara ekonomis tetapi harus mampu meningkatkan produktivitas dan kesehatan hewan budidaya. Beberapa tahun terakhir untuk menunjang kegiatan budidaya intensif dilakukan pemberian pakan dengan penambahan suplemen, sebab dapat menstimulus pertumbuhan dan meningkatkan imunitas (Manam, 2023). Salah satu bahan suplemen yang bisa digunakan adalah kunyit.

Kunyit adalah rempah rempah yang termasuk dalam kelompok/family Zingiberaceae, serta memiliki nama ilmiah *Curcuma longa*. Pada kunyit bagian yang paling banyak digunakan adalah rimpangnya. Secara komersil tersedia dalam bentuk rimpang utuh kering, rimpang yang telah digiling menjadi halus dan juga minyak. (Nair dan Gopi, 2021). Kunyit umumnya digunakan sebagai bahan masakan dan obat-obatan. Kunyit juga terkenal dengan warna, rasa dan bau yang khas. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa kunyit banyak memberikan manfaat seperti sebagai antiinflamasi, antioksidan, imunomodulasi, antibakteri dan antijamur (Stohs *et al.* 2020). Banyaknya manfaat kunyit disebabkan oleh beragamnya senyawa yang ada dan masing-masing memiliki karakteristik yang berbeda juga, khususnya sifat fisikokimia, biosintesis, dan reaktivitas kimia. Warna kunyit pada rimpang juga menentukan kandungan bahan aktifnya, Menurut Pal *et al* (2020), terdapat beberapa warna kunyit yang diambil dari Himalaya, diantaranya orange gelap, kuning-oranye, dan kuning terang. Warna yang berbeda pada kunyit menunjukkan perbedaan pada kandungannya, dimana warna yang paling gelap lebih banyak mengandung kurkuminoid, besi dan fenol serta aktivitas antioksidan yang lebih baik.

Berdasarkan kandungan-kandungan yang terdapat dalam kunyit, maka saat ini banyak digunakan sebagai suplemen penambah didalam pakan ikan. Menurut FAO (2003), suplemen pakan adalah bahan pakan/makanan yang bertujuan untuk melengkapi dan merupakan sumber nutrient yang mempunyai efek nutrisi atau fisiologis, baik itu dalam bentuk sediaan, bubuk dan cair yang dirancang untuk dikonsumsi dalam jumlah satuan kecil yang terukur. Pemanfaatan suplemen dalam pakan disebabkan oleh pelarangan penggunaan antibiotic, sebab antibiotic telah memicu resistensi mikroorganisme patogen, residu obat yang dapat terakumulasi dalam tubuh ikan, toksisitas dan dampak buruk pada lingkungan (Reverter *et al.*, 2014). Oleh sebab itu saat ini penelitian-penelitian yang menggunakan bahan herbal semakin meningkat.

BAHAN DAN METODE

Penulisan artikel review ini menggunakan metode studi literatur baik itu dari jurnal nasional, internasional dan buku. Studi literatur adalah salah satu cara yang digunakan untuk mengumpulkan data melalui membaca, mencatat dan mengelola bahan bacaan yang telah dikumpulkan. Pengumpulan data pada artikel review ini dilakukan dengan mencari referensi yang berkaitan dengan pengaruh kunyit terhadap pertumbuhan ikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Senyawa Aktif Kunyit

Komposisi kunyit terdiri dari 3-7% minyak volatile, senyawa non volatile seperti kurkuminoid (1-6%), serat 2-7%, mineral 3-7%, protein 6-8%, karbohidrat 60-70%, lemak 5-10% (Attokaran, 2011). Selain itu terdapat juga vitamin yang larut dalam air seperti niacin, riboflavin, thiamin dan asam askorbat (Meng *et al.* 2018).

Kandungan senyawa aktif dalam kunyit sendiri telah banyak diteliti dan sekitar 235 senyawa telah diidentifikasi, khususnya senyawa fenol, terpenoids, diarylheptanoids, diarylpentanoids, monoterpenes, sesquiterpenes, diterpenes, triterpenoids, alkaloid dan sterols (Li *et al.*, 2011). Kunyit juga diketahui memiliki beberapa bahan aktif yang berguna bagi kesehatan seperti kurkumin 4-6% (Hwang *et al.* 2016) dan turmerone 22,09% (Rahmadani *et al.* 2020). Senyawa aktif kunyit terbagi menjadi golongan volatile dan non-volatil. Kurkumin termasuk dalam golongan non-volatil dan berwarna kuning cerah (Mishra dan Gupta, 2021). Bahan ini menjadi salah satu komponen utama didalam kunyit dan paling banyak dimanfaatkan. Kurkumin stabil dalam kisaran suhu tinggi dan kondisi asam, namun mudah menguap saat dalam kondisi basa. Untuk kurkumin dalam bentuk komersil biasanya kombinasi dari beberapa senyawa seperti demethoxycurcumin (19,4%), kurkumin (71,5%) dan bisdemethoxycurcumin (9,1%) (Iniaghe *et al.*, 2009). Menurut Li *et al.*, (2016) kurkumin mampu mencegah terjadi kerusakan pada hati tikus yang diinjeksi oleh CCL₄.

Selain kurkumin, turmeron juga menjadi senyawa yang banyak diteliti. Turmeron terdiri atas α -turmeron, α -turmeron dan β -turmeron (Obulesu, 2021) dan kandungan turmeron dalam kunyit cukup banyak yaitu berkisar antara 22-80% (Rahmadani *et al.*, 2021; Nair dan Gopi, 2021). Turmerone bisa didapatkan baik di daun maupun rimpang serta termasuk dalam kandungan volatile atau minyak astiri. Namun, karena volatilitas minyak astiri, beberapa komponen utama sangat mudah teroksidasi. Disamping itu, beberapa faktor juga menentukan komposisinya seperti habitat, kesegaran, lama penyimpanan dan metode ekstraksi (Meng, *et al.*, 2018).

Flavonoid termasuk dalam kandungan didalam kunyit yang juga banyak ditemukan. Menurut Meng *et al.* (2018), sampai saat ini telah ada 18 flavonoid yang telah diidentifikasi dan diisolasi, diantaranya yaitu 1 flavanonol, 5 flavone dan 11 flavonol. Flavonoid memiliki banyak fungsi dalam kesehatan seperti antibakteri, anti inflamasi, antioksidan dan anti diabetes (Panche *et al.*, 2016).

Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan

Beberapa penelitian yang menggunakan kunyit terbukti mampu untuk meningkatkan pertumbuhan ikan (Purbomartono *et al.*, 2022). Hal ini disebabkan kandungan kurkumin dalam kunyit mampu meningkatkan aktivitas enzim-enzim pencernaan. Menurut Putri *et al.*, (2016),

ikan mas yang diberi penambahan kunyit memiliki nilai enzim amilase dan protease yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan yang tidak diberi kunyit. Peningkatan ini disebabkan kurkumin mampu meningkatkan jumlah konsumsi pakan, sehingga jumlah substrat enzim juga meningkat. Selain itu, kurkumin dapat merangsang dinding kantung empedu untuk mengeluarkan cairan empedu yang menyebabkan pencernaan didalam tubuh semakin baik (Darwis *et al.*, 1991).

Tabel 1. Dosis Kurkumin yang Mampu Meningkatkan Pertumbuhan Ikan

| Spesies | Dosis Kurkumin | Sumber |
|---------------------------------------|----------------|------------------------------|
| <i>Labeo rohita</i> | 15 µg/kg | Behera, <i>et al.</i> , 2011 |
| Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) | 1-3 g/kg | Elabd <i>et al.</i> , 2021 |
| Gabus (<i>Channa argus</i>) | 200 mg/kg | Li <i>et al.</i> , 2022 |
| Seabram (<i>Sparus aurata</i>) | 2-3% | Ashry <i>et al.</i> , 2021 |

Kunyit sebagai Antioksidan

Stres oksidatif merupakan kondisi ketidakseimbangan antara Reactive Oxygen Species (ROS) dengan antioksidan didalam tubuh. Kelebihan ROS didalam tubuh menyebabkan terjadinya kerusakan sel dan jaringan khususnya hidroksilasi DNA, denaturasi protein dan peroksidasi lipid. Terdapat beberapa hal yang dapat menyebabkan stres oksidatif pada hewan budidaya diantaranya yaitu suhu, oksigen, kekurangan nutrient, penumpukan ammonia serta polutan industri (Song, *et al.*, 2023). Untuk mengatasi masalah ini kurkumin sebagai suplemen dalam pakan dapat digunakan karena keamanan, keterjangkauan dan sifatnya yang tidak beracun (Tuong, *et al.*, 2023).

Beberapa penelitian baik secara *in vitro* maupun *in vivo* menunjukkan bahwa kandungan kurkumin dari kunyit menunjukkan aktivitas antioksidan yang mampu mengatasi stres oksidatif. Salah satu indikator peningkatan aktivitas antioksidan adalah dengan pengukuran enzim *superoksidase dismutase* (SOD). Menurut Rahmadani, *et al.*, (2020) pada ikan lele yang diberi penambahan kunyit dalam pakan menunjukkan aktivitas enzim SOD yang meningkat dalam hati. Hal ini disebabkan karena kunyit mempunyai senyawa Nrf2 yang mampu mendorong terbentuknya enzim SOD (Alrawaiq dan Abdullah, 2014). Umumnya, Nrf2 akan memasuki nuklues dan mendorong biosintesis enzim anti oksidan untuk mengikat unsur respon antioksidan selama terjadinya stress oksidatif didalam tubuh (Jia *et al.*, 2019). Hasil penelitian Wang *et al* (2024) menunjukkan bahwa kunyit dengan dosis 2-4 g/kg mampu meningkatkan sinyal Nrf2 didalam hati ikan seabass (*Lateolabrax maculatus*) sehingga antioksidan meningkat.

Peningkatan enzim SOD didalam tubuh biasanya akan diikuti dengan penurunan kadar malondialdehyde (MDA). MDA adalah senyawa yang berasal dari peroksidasi asam lemak tidak jenuh. MDA menjadi indikator ketika terjadi stres oksidatif didalam tubuh (Cordiano *et al.*, 2023), dimana semakin tinggi nilai MDA maka stres oksidatif juga semakin banyak.

Tabel 2. Nilai MDA pada Ikan yang Diberi Penambahan Kunyit

| Spesies | Sampel | Nilai MDA | | Dosis Kunyit | Sumber |
|---------------------------------------|--------|--------------|-------------------|--------------|------------------------------------|
| | | Tanpa Kunyit | Penambahan Kunyit | | |
| Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>) | Darah | 2,18 nmol/dl | 1,51 nmol/dl | 60 mg/kg | Abdel-Tawwab, <i>et al.</i> , 2022 |
| Carp (<i>Cyprinus carpio</i> L) | Hati | 68,07 µg/g | 25,32 µg/g | 5 g/kg | Rawung dan Saruan, 2020 |
| Lele (<i>Clarias gariepinus</i>) | Hati | 5,48 umol/L | 2,52 umol/L | 2,5 g/kg | Rahmadani, <i>et al.</i> , 2020 |

Antibakteri

Kunyit telah terbukti mampu menghambat aktivitas bakteri (Septiana dan Simanjuntak, 2015; Karmila *et al.*, 2017). Kurkumin mampu menghambat bakteri dengan cara merusak permeabilitas membrane sel baik itu bakteri gram positif dan bakteri gram negative, yang menyebabkan kematian bakteri (Dai *et al.*, 2022). Kerusakan sel bakteri disebabkan juga oleh kandungan senyawa flavonoid di kunyit yang mampu merusak membrane plasma serta permeable dinding sel bakteri. Pada dosis yang tinggi mampu menyebabkan koagulasi sehingga terjadi denaturasi protein, akibatnya protein tidak dapat berfungsi lagi (Robinson, 1995).

Selain itu salah satu cara untuk menghambat bakteri adalah dengan menekan pembentukan quorum sensing. Quorum sensing (QS) adalah proses bakteri menghasilkan dan mendeteksi signal molekul yang kemudian dapat menjadi tanda bagi bakteri lain. Terdapat tiga system QS diantaranya yaitu; system QS acylhomoserine lactone (AHL) pada bakteri Gram-negatif, autoinducing peptide (AIP) untuk bakteri Gram-positif dan autoinducer-2 (AI-2) pada bakteri Gram-negatif dan Gram-positif (Brackman dan Coenye, 2015). Menurut Taga dan Bassler (2001), QS juga merupakan komunikasi antar sel bakteri baik itu yang sejenis atau yang berbeda untuk mengaktifkan ekspresi suatu gen tertentu. Salah satu ekspresi gen dari quorum sensing adalah dalam proses pembentukan, pengembangan dan pematangan biofilm. Biofilm merupakan komunitas mikroba sesil yang dicirikan dengan sel-sel yang melekat pada substrat. Sekitar 80% biofilm diperkirakan berhubungan dengan infeksi mikroba dan telah diketahui bahwa mikroorganisme yang terdapat didalam biofilm mampu meningkatkan resistensi terhadap antimikroba (Brackman dan Coenye, 2015). Hal ini menyebabkan penggunaan antimikroba gagal menghilangkan biofilm dari tempat infeksi. Oleh sebab itu, penting adanya senyawa penghambat yang targetnya adalah system QS untuk mengendalikan pembentukan biofilm bakteri (Dai *et al.*, 2022).

Kurkumin dapat berinteraksi dengan sejumlah target molekular dan jalur transduksi. Kurkumin memainkan peranan penting dalam system QS bukan dengan cara membunuh bakteri tersebut atau merusak biofilm, tetapi menghambat didalam proses pembentukan biofilm. Selain itu, terjadi juga proses yang menghambat faktor virulensi dalam system QS (Zheng, *et al.*, 2020). Berdasarkan hasil penelitian Packiavathy *et al.*, (2014), kurkumin mampu menurunkan ketebalan biofilm. Untuk bakteri *Esherichia coli* ketebalan biofilm berkurang dari

16 μm menjadi 10 μm , kemudian pada bakteri *Proteus mirabilis* ketebalan biofilm control 11 μm sedangkan yang diberi perlakuan kurkumin adalah 6,36 μm .

Tabel 3. Pengaruh Kunyit Terhadap Aktivitas Bakteri

| Jenis Bakteri | Aktivitas Antibakteri | Sumber |
|---------------------------------|--|-------------------------------|
| <i>Streptococcus sanguinis</i> | Menghambat pertumbuhan bakteri | Dohude <i>et al.</i> , 2023 |
| <i>Porphyromonas gingivalis</i> | Menghambat pembentukan biofilm, mengurangi ekspresi gen yang mengkode factor virulensi, menghambat pertumbuhan bakteri | Kumbar <i>et al.</i> , 2020 |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Merusak membrane sitoplasma | Gupta <i>et al.</i> , 2015 |
| <i>Escherichia coli</i> | Menghambat pembentukan biofilm | Charles, <i>et al.</i> , 2016 |
| <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | Menghambat pembentukan biofilm | Salle <i>et al.</i> , 2021 |
| <i>Streptococcus mutans</i> | Menghambat pembentukan biofilm | |

KESIMPULAN

Kunyit terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan ikan. Terdapat banyak senyawa didalam kunyit, tetapi yang paling banyak digunakan adalah kurkumin dan turmeron. Senyawa-senyawa ini mampu menghambat pertumbuhan bakteri dan meningkatkan kandungan antioksidan didalam tubuh ikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Tawwab, M., Eissa, E-S.H., Tawfik, W.A., Alnabi, H.E.A., Saadony, S., Bazina, W.K., Ahmed, R.A. 2022. Dietary curcumin nanoparticles promoted the performance, antioxidant activity, and humoral immunity, and modulated the hepatic and intestinal histology of Nile tilapia fingerlings. *Fish Physiol Biochem.* 48: 585-601.
- Alrawaiq, N.S dan Abdullah, A. 2014. A review of antioxidant polyphenol curcumin and its role in detoxification. *International Journal of Pharmacy and Technology Research.* 6(1): 280-289.
- Ashry, A.M., Hassan, A.M., Habiba, M.M., El-zayat, A., El-Sharnouby, M.E., Sewilam, H., Dawood, M.A.O. 2021. The impact of dietary curcumin on the growth performance, intestinal antibacterial capacity, and haemato-biochemical parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Animals.* 11. 1779. <https://doi.org/10.3390/ani11061779>
- Attokaran, M. 2011. Natural food flavors and colorants. *Indian.* Wiley-Blackwell
- Brackman, G and Coenye, T. 2015. Quorum sensing inhibitors as anti-biofilm agents. *Current Pharmaceutical Design.* 21: 5-11.
- Charles, M.V.P., Kali, A., Bhuvaneshwar., Seeth, K.S. 2016. Inhibitory effect of curcumin on biofilm produced by bacterial pathogens. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 5(12): 692-697
- Cordiano, R., Gioacchino, M.D., Mangifesta, R., Panzera C., Gangemi, S., Minciullo, P.L. 2023. Malonaldehyde as a potential oxidative stress marker for allergy-oriented diseases: an update. *Molecules.* 28. 5979. <https://doi.org/10.3390/molecules28165979>
- Dai, C., Lin, J., Li, H., Shen, Z., Wang, Y., Velkov, T., Shen, J. 2022. The natural product curcumin as an antibacterial agent: current achievements and problems. *Antioxidants.* 11. 459.

- Darwis, S.N., Modjo, A.B.D., Hasiyah, S. 1991. Tanaman obat familia zingiberaccae. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Industri. 103 hlm.
- Dohude, G.A., Rusdy, H., Hanafiah, O.A., Ginting, R.A.Y.B. 2023. Effectiveness of *Curcuma longa* L on the growth inhibition of *Streptococcus sanguinis*. Journal of Syiah Kuala Dentistry Society. 8(1): 43-49.
- Elabd, H., El-latif, A., Shaheen, A. 2021. Effect of curcumin on growth performance and antioxidant stress status of nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Iranian Journal of Fisheries Sceinces. 20(5): 1234-1246.
- FAO. 2003. Food supplements regulations 2003. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/mlt49331.pdf>
- FAO. 2016. Aquaculture big numbers. Rome: 80 hal.
- Gupta, A., Mahajan, S., Sharma, R. 2015. Evaluation of antimicrobial activity of *Curcuma longa* rhizome extract against *Staphylococcus aureus*. Biotechnology Reports. 6: 51-55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.btre.2015.02.001>
- Hwang, K.W., Son, D., Jo, H.W., Kim, C.H., Seong, K.C., Moon, J.K. 2016. Levels of curcuminoid and essential oil composition in turmeric (*Curcuma longa* L.) grown in Korea. Appl. Biol. Chem. 59: 209-215.
- Iniaghe, O.M., Malomo, S.O., Adebayo, J.O. 2013. Proximate composition and phytochemical constituents of leaves of some acalypha species. Pakistan Journal of Nutrition. 11: 256-258.
- Jia, R., Gu, Z., He, Q., Du, J., Cao, L., Jeney, G., Xu, P., Yin, G. 2019. Anti-oxidative, anti-inflammatory and hepatoprotective effects of Radix Bupleuri extract against oxidative damage in tilapia (*Oreochromis niloticus*) via Nrf2 and TLRs signaling pathway. Fish & Shellfish Immunology. 93. 395-405.
- Karmila, U., Karina, S., Yulzivar, C. 2017. Ekstrak kunyit *Curcuma domestica* sebagai anti bakteri *Aeromonas hydrophila* pada ikan patin *Pangasius* sp. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsyiah. 2(1): 150-157.
- Kumbar, V.M., Peram, M.R., Kugaji, M.S., Shah, T., Patil, S.P., Muddapur, U.M., Bhat, K.G. 2020. Effect of curcumin on growth, biofilm formation and virulence factor gene expression of *Porphyromonas gingivalis*. Odontology. <https://doi.org/10.1007/s10266-020-00514-y>
- Li, S., Yuan, W., Deng, G., Wang, P., Yang, P. and Aggarwal.B.B. 2011. Chemical composition and product quality control of turmeric (*Curcuma longa* L.). Pharmaceutical Crops. 2: 28-54.
- Li, M., Kong, Y., Wu, X., Guo, G., Sun, L., Lai, Y., Zhang, J., Niu, X., Wang, G. 2022. Effects of dietary curcumin on growth performance, lipopolysaccharide-induced immune responses, oxidative stress and cell apoptosis in snakehead fish (*Channa argus*). Aquaculture reports. 22: 1-11.
- Manam, V.K. 2023. Fish feed nutrition and its management in aquaculture. International Journal of Fisheries and Aquatic Studies. 11(2): 58-61.
- Meng, F.C., Zhou, Y.Q., Ren, D., Wang, R., Wang, C., Lin, L-G., Zhang, X-Q., Ye, W.C., Zhang, Q.W. 2018. Natural and artificial flavoring agents and food dyes. 299-350.
- Mishra, R dan Gupta, A.K. 2021. Biological activities of curcuminoids. In S. Gopi., S. Thomas., A.B. Kunnumakkara., B. Aggarwal., Amalraj, A (Ed), *The Chemistry and Bioactive of Turmeric* (172-195). UK. Royal Society of Chemistry.
- Nair, A dan Gopi, S. 2021. Chemistry of turmeric. In S. Gopi., S. Thomas., A.B. Kunnumakkara., B. Aggarwal., Amalraj, A (Ed), *The Chemistry and Bioactive of Turmeric* (172-195). UK. Royal Society of Chemistry.
- Oddsson, G.V. 2020. A definition of aquaculture intensity based on production functions-the aquaculture production intensity scale (APIS). Water. 12: 1-15. doi:10.3390/w12030765

- Packiavathy, I.A.S.V., Priya, S., Pandian, S.K., Ravi, A.V. Inhibition of biofilm development of uropathogens by curcumin- An anti-quorum sensing agent from *Curcuma longa*. Food Chem. 148: 453-460.
- Pal, K., Chowdhury, S., Dutta, S.K., Chakraborty, S., Chakraborty, M., Pandit, G.K., Dutta, S., Paul, P.K., Choudhury, A., Majumder, B., Sahana, N., Mandal, S. 2020. Analysis of rhizome colour content, bioactive compound profiling and *exsitu* conservation of turmeric genotypes (*Curcuma longa* L.) from sub-Himalayan terai region of India. Industrial Crops & Products. 150: 1-15.
- Panche, A.N., Diwan, A.D., Chandra, S.R. 2016. Flavonoids: an overview. J. Nutr. Sci. 5
- Purbomartono, C., Fauziyyah, D.K., Husin, A. 2022. Turmeric flour supplementation through feed in biofloc system cultivation on the growth of Nile tilapia (*Osteochilus hasselti*). Sainteks. 19(1): 109-116.
- Putri, I.W., Setiawati, M., Jusadi, D. 2016. Enzim pencernaan dan kinerja pertumbuhan ikan mas, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) yang diberi pakan dengan penambahan tepung kunyit *Curcuma longa* Linn. Jurnal Iktiologi Indonesia. 17(1): 11-20.
- Rahmadani, T.B.C., Jusadi, D., Setiawati, M., Pujihastuti, Y. 2020. Evaluasi penambahan kunyit (*Curcuma longa*) dalam pakan sebagai antioksidan terhadap pertumbuhan ikan lele *Clarias gariepinus* Burchell 1822 yang dibudidayakan tanpa pergantian air. Jurnal Iktiologi Indonesia. 20(2): 105-115.
- Rawung, L.D dan Saruan, J. 2020. Effectiveness of curcumin supplementation in feed on liver productivity and reproductive performance of female carp *Cyprinus carpio* L. Indonesia Biodiversity Journal. 1(1): 1-13.
- Reverter, M., Bontemps, N., Lecchini, D., Banaigs, B., Sasal, P. 2014. Use of plants extracts in fish aquaculture as an alternative to chemotherapy: Current status and future perspectives. Aquaculture. 433: 50-61.
- Robinson, T. 1995. Kandungan organik tumbuhan tinggi. Edisi VI. Bandung. Alih Bahasa Kokasih.
- Salle, A.D., Viscusi, G., Cristo, F.D., Valentino, A., Gorrasi, G., Lamberti, E., Vittoria, V., Calarco, A., Peluso, G. 2021. Antimicrobial and antibiofilm activity of curcumin-loaded electrospun nanofibers for the prevention of the biofilm-associated infections. Molecules. 26: 4866.
- Septiana, E dan Simanjuntak, P. 2015. Aktivitas antimikroba dan antioksidan ekstrak beberapa bagian tanaman kunyit (*Curcuma longa*). Fitofarmaka. 5(1): 31-40.
- Soltan, M.A-H. 2013. Intensification of fish production in Egypt. Egypt: Technical report submitted to the general committee for the promotion of Professors (Animal production).
- Song, C., Sun, C., Liu, B. and Xu, P. 2023. Oxidative stress in aquatic organisms. Antioxidants, MDPI. 12: 1223.
- Stojs, S.J., Chen, O., Ray, S.D., Ji, J., Bucci, L.R., Preuss, H.G. 2020. Highly bioavailable forms of curcumin and promising avenues for curcumin-based research and application: a review. Molecules. 25: 1397.
- Taga, M.E and Bassler, B.L. 2003. Chemical communication among bacteria. Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. 100: 14549-14554.
- Tuong, D.T.C., Moniruzzaman, M., Smirnova, E., Chin, S., Sureshbabu, A., Karthikeyan, A., Min, T. 2023. Antioxidants, MDPI. 12: 1700.
- Wang, Z., Wang, X., Li, X., Lu, K., Wang, L., Ma, X., Song, K., Zhang, C. 2024. Antioxidant effects of the aqueous extract of turmeric against hydrogen peroxide-induced oxidative stress in spotted seabass (*Lateolabrax maculatus*). Aquaculture and Fisheries. 9: 71-77.
- Zheng, D., Huang, C., Huang, H., Zhao, Y., Khan, M.R.U., Zhao, H., Huang, L. 2020. Antibacterial mechanism of curcumin: A review. Chemistry & Biodiversity. 17.