

Studi penggunaan zat pengatur tumbuh BAP terhadap pembentukan tunas dan pertumbuhan mutlak rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*, Doty.)

Study of the use of growth regulators (BAP) on shoot formation and absolute growth of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*, Doty.)

Rustam^{1✉}, Rajuddin Syamsuddin¹, Eddy Soekandarsih², Dody Dh. Trijuno¹

¹Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, Makassar.

²Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam dan Matematika Universitas Hasanuddin, Makassar.

✉Corresponding author: pancerustam12@gmail.com

ABSTRAK

Kekurangan bibit dan rendahnya kualitas produksi rumput laut *K. alvarezii* merupakan persoalan klasik yang terjadi pada setiap sentra pengembangan budidaya. Oleh sebab itu perlu dilakukan penggunaan hormon tumbuh BAP untuk merangsang pembentukan tunas dan pertumbuhan mutlak *K. alvarezii* untuk memecahkan persoalan tersebut. Penelitian bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi optimum hormon tumbuh BAP yang merangsang pembentukan tunas pada talli dan pertumbuhan mutlak rumput laut *K. alvarezii*. Penelitian terdiri atas dua tahap. Pertama dilakukan laboratorium selama 3 hari dengan merendaman talli rumput laut ke dalam larutan hormon tumbuh BAP dengan konsentrasi 0,0 mg/L (kontrol); 1,0 mg/L; 2,0 mg/L; 3,0 mg/L dan 4,0 mg/L. Kedalam semua wadah ditambah pupuk Conway 1,0 mg/L untuk meningkatkan nutrisi pada media pemeliharaan. Kedua rumput laut dibudidayakan di laut selama 4 minggu. Analisis data dilakukan secara deskriptif dan analisis regresi nonlinier model polinomial kuadrat. Hasil menunjukkan bahwa pembentukan tunas tertinggi pada konsentrasi 2,0 mg/L dengan jumlah $387,33 \pm 2,52$ tunas pada minggu ke 4. Sedangkan pertumbuhan berat mutlak tertinggi pada konsentrasi 2,0 mg/L sebanyak $176,63 \pm 6,81$ g dan terendah pada konsentrasi 4,0 mg/L sebanyak $125,77 \pm 5,57$ g. Konsentrasi optimum hormon tumbuh BAP untuk merangsang pembentukan tunas pada talli dan pertumbuhan berat mutlak *K. alvarezii* adalah 1,82 mg/L.

Kata kunci: 6-Benzylaminopurine (BAP); pembentukan tunas; pertumbuhan mutlak, *K. alvarezii*.

Pendahuluan

Kekurangan bibit pada hampir semua sentra pengembangan budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* merupakan persoalan klasik yang terjadi setiap memsuki awal musim tanam. Demikian juga dengan isu rendahnya kualitas produksi karena bibit yang digunakan pembudidaya berasal dari talli hasil budidaya yang turun temurun sejak awal pengembangan rumput laut. Upaya perbaikan kualitas bibit telah banyak dilakukan baik melalui kultur jaringan maupun pengembangan spora dengan menggunakan hormon pengatur tumbuh. Namun hasilnya masih sebatas informasi dan belum dapat diaplikasikan di lapangan secara massal dan berkelanjutan.

Zat pengatur tumbuh (hormon tumbuh) berperan penting dalam mengontrol proses biologis dalam tanaman seperti mengatur kecepatan pertumbuhan jaringan dan mengintegrasikannya menjadi organ baru (Kalra dan Bhatla, 2018). Bersifat ramah lingkungan dan berperan merangsang pertumbuhan vegetatif serta meningkatkan toleransi tanaman dari cekaman faktor abiotik (Chojnacka, *et al.*, 2014). Seiring perkembangan ilmu pengetahuan dan industri di bidang biokimia, telah ditemukan banyak senyawa-senyawa yang mempunyai pengaruh fisiologis serupa dengan fitohormon. Senyawa sintetik ini dikenal dengan zat pengatur tumbuh atau *plant growth regulator* (Wattimena, *et al.*, 1992). Aktivitas zat pengatur tumbuh tergantung pada jenis, struktur kimia, konsentrasi, genotipe tanaman serta fase perkembangan fisiologis tanaman (Kalra dan Bhatla, 2018). Zat pengatur tumbuh yang diproduksi oleh tanaman dikenal sebagai fitohormon atau hormon tumbuh endogen (Wattimena, *et al.*, 1992). Fitohormon

merupakan molekul organik bukan pupuk yang diproduksi tanaman dengan konsentrasi sangat rendah dan mengatur berbagai proses fisiologis. Fitohormon ini tidak hanya diproduksi oleh tanaman tingkat tinggi tetapi juga oleh alga dan berbagai mikroorganisme seperti jamur dan bakteri (Lu dan Xu, 2015). Fitohormon yang diproduksi oleh tanaman secara alami seringkali berada di bawah konsentrasi optimum sehingga dibutuhkan hormon eksogen yang berupa zat pengatur tumbuh sebagai precursor fitohormon untuk merangsang kerja fisiologis dalam menghasilkan target yang diharapkan (Khan, *et al.*, 2011) dan kadangkalah dibutuhkan interaksi yang seimbang antara hormon eksogen dengan fitohormon agar diperoleh kerja fisiologis yang maksimal (Lestari, 2011).

Sitokinin merupakan salah satu dari kelompok hormon tumbuh yang memainkan peran penting sebagai pengatur pertumbuhan (*growth regulators*) dan menghasilkan berbagai pengaruh bila diaplikasikan pada tanaman terutama merangsang pertumbuhan, sintesis protein dan siklus sel (van Staden, *et al.*, 2008), diferensiasi sel dan proses-proses yang berhubungan dengan sitokinesis (Kieber and Schaller, 2013 dan Mazid, *et al.*, 2011), mengontrol aktifitas pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Mok dan Mok, 2001 dan Sakakibara, 2006).

Hormon tumbuh *6-benzylaminopurine* (BAP) merupakan salah satu dari golongan sitokinin aromatik dan mempunyai aktivitas fisiologis yang tinggi (van Staden, *et al.*, 2008). Bersifat stabil dan tahan terhadap oksidasi karena memiliki ikatan rangkap jenuh (Mok dan Mok, 2001 dan Sakakibara, 2006), efektif merangsang pembentukan tunas (van Staden, *et al.*, 2008), pembentukan kallus dan pertumbuhan tunas serta daun pada kultur eksplan (Adi, 2015). Oleh sebab itu sitokinin banyak digunakan dalam kultur jaringan pada tanaman tingkat tinggi bersama dengan zat pengatur tumbuh lainnya seperti golongan auksin dan gibberelin.

Pertumbuhan pada dasarnya adalah perubahan morfologis yang dapat diukur berdasarkan penambahan berat dan panjang dalam waktu tertentu. Pertumbuhan pada rumput laut seperti *K. alvarezii* bersifat menyebar (*diffuse growth*) karena perbanyakkan sel-sel somatis pada talli secara acak, tidak terlokalisasi pada satu titik kecuali pada sel-sel apikal (Cole and Sheath, 1992). Hormon tumbuh sitokinin memiliki peran penting dalam merangsang pembelahan sel (*cytokinesis*) pada tanaman (Schmulling, 2004).

Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian penggunaan beberapa tingkatan konsentrasi hormon tumbuh BAP untuk melihat pengaruh hormon tersebut terhadap pembentukan tunas dan pertumbuhan berat mutlak rumput laut *K. alvarezii*. Penelitian ini bersifat aplikatif sehingga hasilnya dapat diterapkan dengan mudah oleh pembudidaya rumput laut di lapangan.

Metode Penelitian

Prosedur penelitian

Talli rumput laut untuk bibit yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis *K. alvarezii* diambil dari pembudidaya rumput laut di desa Aeng Batu-Batu kecamatan Galesong Utara, kabupaten Takalar propinsi Sulawesi Selatan. Bibit diseleksi dari talli yang sehat, dilakukan pemotongan cabang-cabang lateral sehingga yang tinggal hanya talli utama (Gamba-1) dengan berat awal setiap ikatan adalah 50 g. Talli kemudian disterilkan

dengan larutan antibiotik (*tetracycline*) 0,25 mg/L dan anti jamur (*chloramphenicol*) 0,25 mg/L (Salvador dan Serrano, 2014).



Gambar-1. Tali rumput laut *K. alvarezii* untuk bibit dalam penelitian ini

Penelitian terdiri atas dua tahap. Penelitian tahap pertama dilakukan di laboratorium (Hatchery mini) Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan UNHAS selama 3 hari. Budidaya bibit rumput laut dalam wadah baskom plastik kapasitas maksimum 15 L sebanyak 15 buah. Wadah penelitian didesain khusus sehingga air media budidaya bersirkulasi secara terpisah pada setiap wadah berdasarkan perlakuan yang dicobakan. Air laut yang sudah disterilkan dimasukkan ke dalam setiap wadah sebanyak 12 L lalu di tambahkan hormon tumbuh *6-benzylaminopurin* (BAP) dengan konsentrasi yang berbeda masing-masing: Perlakuan 0,0 mg/L (A) sebagai kontrol, n 1,0 mg/L (B), perlakuan 2,0 mg/L (C), 3,0 mg/L (D) dan 4,0 mg/L (E) dan setiap perlakuan diberi 3 kali ulangan sehingga terdapat 15 unit percobaan. Selanjutnya ditambahkan lagi pupuk Conway sebanyak 2,0 mg/L ke dalam semua unit percobaan sebagai sumber nutrisi.

Sumber cahaya selama budidaya di laboratorium menggunakan sinar neon tipe TL 40 watt sebanyak 6 buah dengan kisaran intensitas 1.800-2100 lux. Periode terang dan gelap di atur dengan durasi yang sama yaitu: 12 jam : 12 jam. Suhu dan salinitas air media dikondisikan pada kisaran 27,4–29,5 °C dan 30-32 ppt.

Penelitian tahap kedua melakukan budidaya rumput laut yang berlokasi di perairan pantai desa Aeng Batu-Batu kecamatan Galesong Utara, kabupaten Takalar selama 4 minggu. Pengamatan pembedakan tunas dan pertambahan bobot rumput laut dilakukan setiap interval waktu 7 hari atau sampling dilakukan 1 kali dalam seminggu.

Pengukuran Peubah

Pembentukan tunas

Pembentukan tunas adalah tunas baru yang tumbuh pada talli utama dari bibit yang dibudidayakan di laut. Dilakukan dengan menghitung jumlah tunas dan percabangan tunas (*dichotomus*) yang tumbuh pada setiap 7 hari interval pengamatan selama 4 minggu budidaya di laut.

Pertumbuhan berat mutlak

Pertumbuhan berat mutlak merupakan selisih antara bobot rumput laut pada akhir pengamatan dikurangi bobot rumput laut pada awal pengamatan pada setiap 7 hari interval pengamatan selama 4 minggu budidaya di laut. Pertambahan berat mutlak dihitung dengan

menggunakan rumus Effendie, (1997) yaitu: $B_m = B_t - B_0$. Dimanan: B_m = Pertumbuhan berat mutlak (g), B_t = Bobot rata-rata akhir (g), B_0 = Bobot rata-rata awal (g).

Analisis data

Data dianalisis secara deskriptif, hasil analisis disajikan dalam bentuk grafik dan tabel. Selanjutnya untuk mendapatkan konsentrasi hormon tumbuh BAP yang optimum untuk pertumbuhan berat mutlak, dilakukan analisis regresi nonlinear model polynomial kuadrat dengan rumus $Y_i = a + bX_i + cX_i^2$ (Steel dan Torrie, 1980).

Hasil dan Pembahasan

Pembentukan Tunas

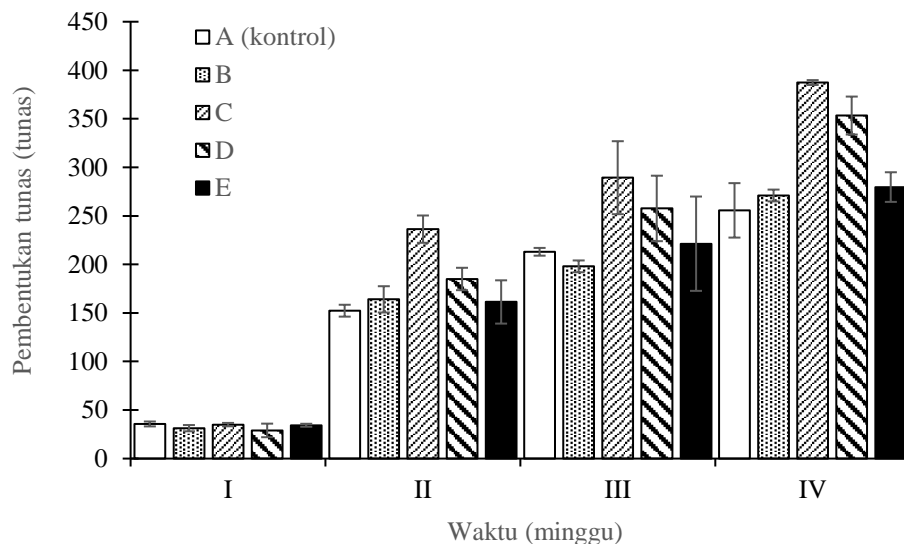
Pengamatan pembentukan tunas baru pada talli rumput laut setelah dilakukan budidaya di laut. Hasil menunjukkan bahwa tunas baru mulai muncul dari permukaan talli setelah memasuki minggu ke 2 budidaya dan jumlah tunas baru terus bertambah sampai akhir pengamatan pada minggu ke 4. Jumlah tunas tertinggi pada pengamatan setiap minggu terdapat pada konsentrasi 2,0 mg/L (perlakuan C) masing-masing pada minggu ke 2 sebanyak $236,33 \pm 14,05$ tunas; minggu ke 3 sebanyak $289,33 \pm 37,58$ tunas dan minggu ke 4 sebanyak $387,33 \pm 2,52$ tunas (Gambar 2 dan Lampiran 1). Sedangkan pada minggu pertama jumlah tertinggi pada perlakuan kontrol (A) sebanyak $35,67 \pm 2,52$ tunas. Namun pada minggu pertama, jumlah tunas pada semua perlakuan masih relatif sama dengan jumlah tunas pada awal penelitian.

Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa bibit rumput laut *K. alvarezii* yang dibudidayakan memerlukan waktu adaptasi beberapa hari sebelum terjadi pertumbuhan vegetatif. Hal ini ditunjukkan bahwa bakal tunas pada permukaan talli masih menyerupai bintik-bintik putih yang mulai terbentuk setelah luka sayatan pada bibit sudah tertutup dengan jaringan baru. Proses penutupan luka atau penyembuhan sayatan oleh jaringan baru berlangsung antara 5-6 hari. Oleh sebab itu, hasil pengamatan pada minggu pertama budidaya belum dapat diidentifikasi tunas baru karena belum muncul dari permukaan talli sehingga jumlah tunas yang diperoleh pada minggu pertama relatif sama dengan jumlah tunas pada awal penelitian (Lampiran 1).

Pertumbuhan vegetatif pada rumput laut *K. alvarezii* mulai dapat terlihat terlihat setelah minggu ke 2 masa budidaya ditandai dengan munculnya tunas-tunas baru pada permukaan talli dalam jumlah banyak. Tunas-tunas yang tumbuh masih bersifat tunggal sampai minggu ke 3 masa budidaya sehingga masih dapat dihitung jumlahnya. Pada minggu ke 4 masa budidaya pembentukan semakin bertambah banyak, selain bertambahnya tunas-tunas baru, juga tunas yang tumbuh lebih awal sudah mulai membentuk percabangan *dichotomus* sehingga semakin susah untuk menghitung semua jumlah tunas yang terbentuk. Oleh sebab itu, pengamatan pembentukan tunas pada talli hanya mampu dilakukan sampai minggu ke 4 pada penelitian ini.

Peningkatan jumlah tunas yang tumbuh sejalan dengan bertambahnya waktu budidaya rumput laut menunjukkan bahwa hormon tumbuh BAP berperan sebagai stimulator pembentukan tunas baru pada talli rumput laut *K. alvarezii*. Menurut Dawes dan Koch, (1991) dan Spann dan Little, (2011) bahwa hormon tumbuh BAP efektif

merangsang pembentukan filamen-filamen kallus pada *K. alvarezii* dan filamen-filamen tersebut kemudian akan beregenerasi menjadi tunas baru. Hal yang sama dikemukakan oleh Hurtado dan Cheney, (2003) bahwa aplikasi sitokinin pada kultur kallus *Euchema denticulatum* dan setelah 3-4 minggu kallus mulai menghasilkan tunas-tunas baru, selanjutnya berkembang menjadi rumput laut dewasa.

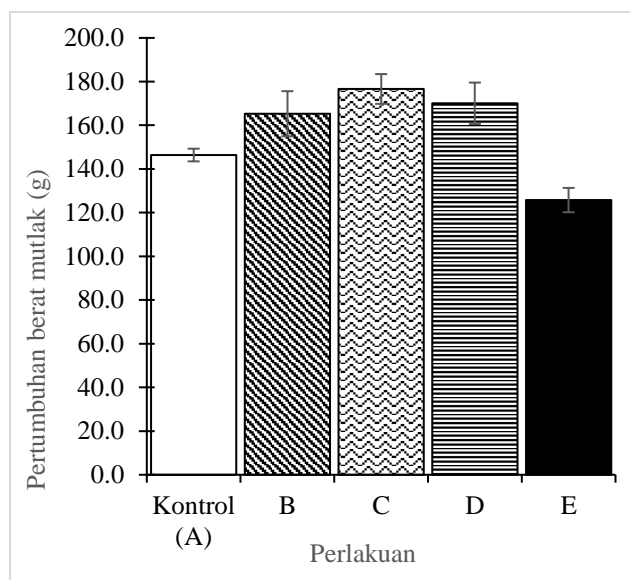


Gambar 2. Rata-rata pembentukan tunas pada talli rumput laut *K. alvarezii* selama budidaya. (Perlakuan: kontrol (A) = 0 mg/L; B = 1 mg/L; C = 2 mg/L; D = 3 mg/L dan E = 4 mg/L).

Konsentrasi hormon tumbuh BAP sangat mempengaruhi pembentukan tunas pada talli rumput laut *K. alvarezii* seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Pada konsentrasi 1,0 mg/L (perlakuan B) dan konsentrasi 4,0 mg/L (perlakuan E) memperlihatkan pembentukan tunas lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi 2,0 mg/L (perlakuan C), bahkan pada konsentrasi 3,0 mg/L (perlakuan D) sudah nampak kecenderungan penurunan pembentukan tunas. Tingginya jumlah pembentukan tunas pada konsentrasi 2,0 mg/L menunjukkan bahwa hormon tumbuh BAP bekerja efektif pada konsentrasi tertentu yang relatif rendah, sebagai mana jenis sitokinin lainnya. Aplikasi hormon tumbuh sitokinin secara eksternal dengan konsentrasi tertentu, berfungsi sebagai precursor untuk mengaktifkan produksi hormon endogen sejenis pada tanaman. Selanjutnya merangsang pembelahan dan diferensiasi meristem lateral untuk membentuk cabang atau tunas baru (Khan, *et al.*, 2009 dan Werner, *et al.*, 2001). Merangsang pembentukan tunas lateral dan mengontrol dominasi apical sehingga tanaman yang memproduksi sitokinin berlebih menunjukkan penampilan tunas yang rimbun (Kalra dan Bhatla, 2018). Hal serupa dikemukakan bahwa sitokinin mendorong proliferasi tunas pada satu titik tumbuh sehingga tanaman terlihat lebih rimbun (Mahadi, 2011). Sebaliknya tanaman yang kekurangan sitokinin terjadi reduksi pembentukan tunas dan meristem apical sehingga tanaman terlihat kerdil (Mazid, *et al.*, 2011 dan Werner, *et al.*, 2001). Rumput laut *K. alvarezii* mengandung total sitokinin yang cukup tinggi yaitu 56,04 mg/L; (Prasad, *et al.*, 2010) termasuk hormon tumbuh BAP dengan kadar yang relatif rendah yaitu 0,0017-0,0041% (Rustam, 2017).

Pertumbuhan Berat Mutlak

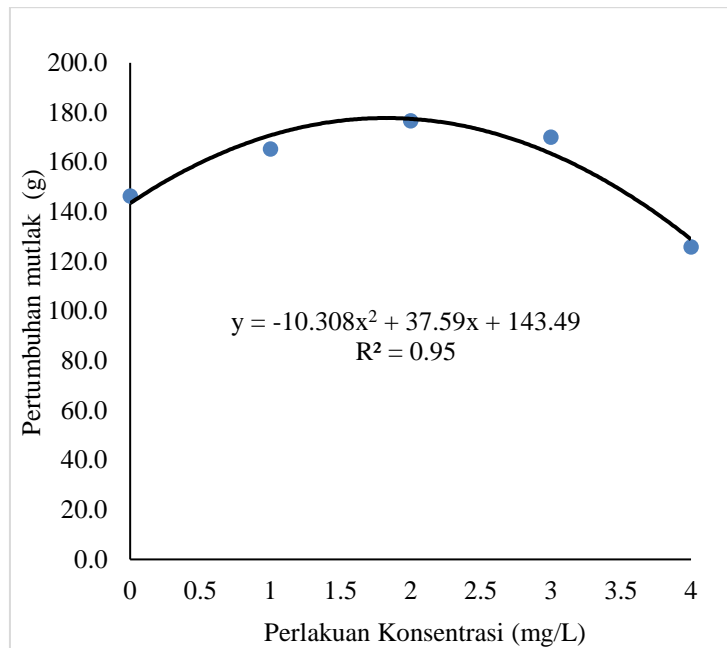
Hasil pengamatan pertumbuhan berat mutlak selama budidaya 4 minggu di laut ditunjukkan pada Gambar 2 dan Lampiran 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa pertumbuhan berat mutlak rumput laut *K. alvarezii* tertinggi terdapat pada konsentrasi 2,0 mg/L (perlakuan C) sebanyak $176,63 \pm 6,81$ g dan terendah pada konsentrasi 4,0 mg/L (perlakuan E) sebanyak $125,77 \pm 5,57$ g.



Gambar 3. Rata-rata pertumbuhan mutlak rumput laut *K. alvarezii* selama budidaya 4 minggu (Perlakuan: kontrol (A) = 0 mg/L; B = 1 mg/L; C = 2 mg/L; D = 3 mg/L dan E = 4 mg/L).

Hasil analisis regresi hubungan antara perlakuan konsentrasi hormon tumbuh BAP dengan pertumbuhan berat mutlak rumput laut *K. alvarezii* menunjukkan hubungan kuadratik dengan persamaan: $y = -10.308x^2 + 37.59x + 143.49$ (Gambar 4) dan koefisien determinasi (R^2) adalah 0,95. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi hormon tumbuh BAP memberikan pengaruh sangat kuat terhadap pertumbuhan berat mutlak laut *K. alvarezii* selama budidaya.

Tingginya pertumbuhan berat mutlak yang didapatkan pada konsentrasi 2,0 mg/L karena pada perlakuan ini mendekati konsentrasi optimum hormon tumbuh BAP berdasarkan hasil analisis yaitu 1,82 mg/L. Menurut de Klerk (2008), zat pengatur tumbuh umumnya aktif merangsang proses biologis pada konsentrasi rendah sebaliknya pada konsentrasi tinggi dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada perlakuan 2,0 mg/L yang mendekati konsentrasi optimum, dapat diduga bahwa sudah tercapai keseimbangan antara hormon tumbuh eksogen dengan hormon tumbuh endogen sehingga proses pembelahan sel pada talli berlangsung optimal dan menghasilkan pertambahan berat yang tinggi pada rumput laut *K. alvarezii*. Menurut Schmulling, (2013) bahwa sitokinin merangsang proses-proses yang berkaitan dengan *cytokinesis* dan diferensiasi menjadi jaringan dan organ yang menjadi target seperti pembentukan tunas sehingga meningkatkan pertambahan berat tanaman.



Gambar 4. Hubungan regresi konsentrasi BAP dengan pertumbuhan berat mutlak rumput laut *K. alvarezii*.

Fungsi penghambatan sitokinin dapat dilihat pada perlakuan konsentrasi tinggi 4,0 mg/L, dimana pertumbuhan berat mutlak rumput laut yang didapatkan lebih rendah daripada perlakuan tanpa hormon tumbuh BAP (kontrol) seperti yang terlihat pada Gambar 2 dan Lampiran 2. Kalra dan Bhatla, (2018) menjelaskan bahwa sitokinin efektif merangsang kerja fisiologis pada tanaman tergantung pada konsentrasi serta jenis tanaman dan pada konsentrasi tinggi berfungsi menghambat kerja fisiologis, sebaliknya pada konsentrasi terlalu rendah tidak memberikan pengaruh terhadap proses fisiologis. Sejalan dengan Lin dan Stekoll, (2007), sitokinin efektif merangsang pertumbuhan rumput laut *Porphyra abbotiae* dan efektifitas pengaruhnya tergantung pada konsentrasi, lingkungan dan respon biologis dari masing-masing spesies rumput laut. Hal yang sama dikemukakan oleh Yokoya, et al., (2004) bahwa sitokinin merangsang regenerasi sel-sel meristem apical dan lateral pada rumput laut *Gracilaria perplexa* pada konsentrasi 1,0 mg/L dan berpengaruh signifikan setelah kallus ditransfer dari media budidaya semi solid ke media budidaya cair, sementara konsentrasi 0,1 mg/L dan 10,0 mg/L menghasilkan pertumbuhan yang lebih rendah.

Peningkatan pertumbuhan berat mutlak rumput laut *K. alvarezii* mulai dari perlakuan kontrol (tanpa hormon tumbuh BAP), perlakuan 1,0 mg/L hingga mencapai pertumbuhan berat mutlak tertinggi (perlakuan 2,0 mg/L), kemudian terjadi penurunan pada perlakuan 3,0 mg/L hingga terendah pada perlakuan 4,0 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi hormon tumbuh BAP memberikan respon yang tidak sama terhadap produksi hormon endogen yang sejenis pada rumput laut *K. alvarezii*. Sebagaimana dijelaskan oleh Khan, et al., (2009) bahwa pemberian sitokinin eksogen dapat mengaktifasi produksi hormon endogen yang sejenis dalam tanaman, selanjutnya merangsang kerja fisiologis untuk menghasilkan target tertentu pada tanaman. Hormon tubuh BAP juga menstimulasi penyerapan dan translokasi hara dalam jaringan tanaman sehingga meningkatkan toleransi tanaman terhadap stres lingkungan, menunda tanaman dengan cara mengontrol proses kemunduran sel-sel dengan melibatkan penguraian

khlorofil dan protein. Produk penguraiannya kemudian diangkut ke jaringan meristem atau bagian lain dari tanaman yang membutuhkannya (Gaudinova,1990). Selaain itu, sitokinin berperan dalam mengontrol sintesis dan pemeliharaan khlorofil, perkembangan khloroplas serta metabolisme dan penggunaan air sehingga menunda penuaan pada tanaman (Zwack dan Rashotte, 2013).

Kesimpulan

Pemberian hormon tumbuh BAP dengan konsentasi 1,82 mg/L pada media adaptasi talli untuk persiapan bibit rumput laut *K. avarezii* sebelum dibudidayakan dilaut menghasilkan respon yang terbaik terhadap pembentukan tunas baru pada talli dan pertumbuhan berat mutlak setelah dibudidayakan di laut.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih diucapkan kepada bapak/ibu kepala laboratorium Hatchery Mini dan Kualitas Air Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan UNHAS dan pembudidaya rumput laut di desa Aeng Batu Batu atas nama Gaffar Daeng Sibali atas segala bantuan tenaga dan fasilitas budidaya rumput laut selama proses penelitian dan pengambilan data.

Daftar Pustaka

- Adi, E.K.M., S. Indrayani dan E.S. Mulyaningsih, 2015. Pemecahan dormansi temulawak dengan aplikasi zat pengatur tumbuh NAA dan BAP. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon, 1 (1) : 105–108. ISSN: 2407-8050.
- Brenner, W.G., A.R.Georgy, K. Ireen, B. Lukas, and S. Thomas, 2005. Immediate-early and delayed cytokinin response genes of *Arabidopsis thaliana* identified by genome-wide expression profiling reveal novel cytokinin-sensitive processes and suggest cytokinin action through transcriptional cascades. *The Plant Journal*, 44 : 314–333, doi: 10.1111/j.1365-313X.2005.02530.x.
- Chapman, E.J. and Estelle, M., 2009. Mechanism of auxin-regulated gene expression in plants. *Annu. Rev. Genet*, 43 : 265–285. doi: 10.1146/annurev-genet-102108-134148.
- Chojnacka, K., I. Michalak, A. Dmytryk, R. Wilk, and H. Gorecki, 2014. Innovative natural plant growth biostimulants. *In* Sinha, S. and K.K Pant (Eds). *Advances In Fertilizer Technology II Biofertilizer*. Studium Press LLC. Houston. p 451–489. ISBN: 1-62699-045-X.
- Cole, K. M. and R.G. Sheath, 1992. *Biology of the red algae*. Cambridge University Press, New York. *Phycologia*, 31 (3/4) : 368-371, doi: 10.2216/i0031-8884-31-3-4-368.1.
- De Klerk, G.J., M.A. Hall's and E.F. George's, 2008. *Plant Growth Regulators II: Cytokinins, their Analogues and Antagonists* (Eds) George, et al., *Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition*, 205–226. Springer doi: 10.1007/978-1-4020-5005-3_6.
- Effendie, I. M., 2002. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta. 163 hal.
- Gaudinova, A., 1990. The effect of cytokinins on nitrate reductase activity. *Biologia Plantarum (PRAHA)*, 32 : 89–96. <http://bp.ueb.cas.cz/pdfs/bpl/1990/02/03>.
- Hurtado, A.Q. and A.B. Biter, 2007. Plantlet regeneration of *Kappaphycus alvarezii* var. adik-adik by tissue culture. *J. Appl. Phycol*, 19:783–786, doi: 10.1007/s10811-007-9269-1.
- Kalra, G. and S.C. Bhatla, 2018. Cytokinins. *In* Bhatla S.C. and M.A. Lal (Eds). *Plant Physiology, Development and Metabolism*. Springer Nature Singapore Ltd, doi.org/10.1007/978-981-13-2023-1.
- Khan, W., U.P. Rayirath, S. Subramanian, M.N. Jithesh, P. Rayorath, D.M. Hodges, A.T. Critchley, J.S. Craigie, J. Norrie and B. Prithiviraj, 2009. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *J. Plant Growth Regul.*, 28 : 386–39, doi: 10.1007/s00344-009-9103-x.

- Kieber, J.J. and G.E. Schaller, 2013. Cytokinins. The American Society of Plant Biologists. <https://doi.org/10.1199/tab.0168>.
- Lestari, E.G., 2011. Peranan zat pengatur tumbuh dalam perbanyakan tanaman melalui kultur jaringan. *Jurnal AgroBiogen*, 7 (1) : 63–68. <http://biogen.litbang.pertanian.go.id>.
- Lin, R. and M.S. Stekoll, 2007. Effects of plant growth substances on the conchocelis phase of Alaskan *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) species in conjunction with environmental variables. *J. Phycol.*, 43:1094–1103, doi: 10.1111/j.1529-8817.2007.00388.x.
- Lu, Y. dan J. Xu, 2015. Phytohormones in microalgae: a new opportunity for microalgal Biotechnology. *Trends in Plant Science*, 20 (5) : 273-283, doi: org/10.1016/j.tplants.2015.01.006
- Mahadi, I., 2011. Pematihan dormansi biji kenerak (*Goniothalamus umbrosusu*) menggunakan hormon 2,4-D dan BAP secara mikro-propagasi. *Sagu*, 10 (1) : 20-23. ISSN 1412-4424.
- Mazid, M., T.A. Khan and F. Mohammad, 2011. Cytokinins, a classical multifaceted hormone in plant system. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 7 (4) : 347–368. ISSN 1997-0838.
- Mok, D.W.S. and M.C. Mok, 2001. Cytokinin metabolism and action. *Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 52 : 89–118, doi: 10.1146/annurev.arplant.52.1.89.
- Prasad, K., A. K. Das, M. D. Oza, H. Brahmabhatt, A.K. Siddhanta, R. Meena, K. Eswaran, M. R. Rajyaguru, and P. K. Ghosh, 2010. Detection and quantification of some plant growth regulators in a seaweed-based foliar spray employing a mass spectrometric technique sans chromatographic separation. *J. Agric. Food Chem.* 58 : 4594–4601, doi: 10.1021/jf904500e.
- Rustam, 2017. Serapan hara, laju pertumbuhan tunas dan pertumbuhan harian, kandungan klorofil dan mineral serta kualitas karaginan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang diberi sitokinin. Disertasi. Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Makassar, 201 hal.
- Sakakibara, H., 2006. Cytokinins: Activity, Biosynthesis, and Trans-location. *Annual Review of Plant Biology*, 57 : 431–449, doi: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105231.
- Salvador, R.C. and A.E. Serrano, 2014. Germination and growth of somatic cells of Philippine strains *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty (Solieriaceae, Rhodophyta). *Extreme Life, Biospeology and Astrobiology (ELBA)*, International Journal of the Bioflux Soc. 1 (6) : 36–45. <http://www.elba.bioflux.com.ro>.
- Schmulling, T., 2013. Cytokinin. In Lennarz, W.J. and M. D. Lane (Eds). *Encyclopedia of Biological Chemistry*. Academic Press/ Elsevier Science. ISBN: 978-0-12-378630-2.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie, 1980. *Principles and Procedures of Statistics* (second edition). McGraw Hill Book Company. ISBN: 0-07-060926-8.
- Taiz, L. and E. Zeiger, 2002. *Plant physiology*, 3rd Edition. Sinauer Associates Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts U.S.A. ISBN: 0878938230.
- van Staden, J., E. Zazimalova and E.F. George, 2008. Plant growth re-gulators II: Cytokinins, their analogues and antagonists. In George, E.F., Hall, M.A. and De Klerk, G.J. (Eds). *Plant Propagation by Tissue Culture*. 3rd Edition, p 205–226, doi: 10.1007/978-1-4020-5005-3_6.
- Wattimena, G.A., L. W. Gunawan, N. A. Mattjik, E. Syamsudin, N.M.A. Wiendi dan A. Ernawati, 1992. *Bioteknologi Tanaman*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB, Bogor. 309 hal.
- Werner, T., V. Motyka, M. Strnad and T. Schmulling, 2001. Regulation of plant growth by cytokinin. *PNAS*. 98 (18) : 10487–10492, doi: 10.1073/pnas.171304098.
- Yokoya N.S., J.A. West and A.E. Luchi, 2004. Effects of plant growth regulators on callus formation, growth and regeneration in axenic tissue cultures of *Gracilaria tenuistipitata* and *Gracilaria perplexa* (Gracilariales, Rhodophyta). *Phycol. Res.*, 52 : 244–254, doi: 10.1111/j.1440-183.2004.00349.x.
- Zwack, P. J. and Rashotte, A.M., 2013. Cytokinin inhibition of leaf senescence. *Plant Signaling and Behavior*, 8 (7) : 1-7, doi: 10.4161/psb.24737.

Lampiran

Lampiran-1. Data pengamatan jumlah tunas setiap minggu selama budidaya rumput laut di laut.

No	Perlakuan	Tunas Awal	Jumlah tunas pada minggu ke			
			I	II	III	IV
1	A (kontrol)	35,67 ± 2,52	35,67 ± 2,52	152,33 ± 6,112	231,00 ± 4,00	255,67 ± 28,04
2	B = 1,0 mg/L	31,33 ± 3,21	31,33 ± 3,21	164,00 ± 13,53	198,00 ± 6,08	271,00 ± 6,08
3	C = 2,0 mg/L	35,00 ± 1,73	35,00 ± 1,73	236,33 ± 14,05	289,33 ± 37,58	387,33 ± 2,52
4	D = 3,0 mg/L	29,00 ± 7,00	29,00 ± 7,00	185,00 ± 11,53	257,67 ± 33,71	353,33 ± 19,55
5	E = 4,0 mg/L	34,33 ± 1,53	34,33 ± 1,53	161,33 ± 22,28	221,33 ± 48,58	279,67 ± 15,28

Lampiran-2. Pertumbuhan mutlak rumput laut selama budidaya 4 minggu di laut

No	Perlakuan	Pertumbuhan mutlak (g)
1	A (Kontrol)	146,38 ± 2,90
2	B = 1,0 mg/L	165,28 ± 10,33
3	C = 2,0 mg/L	176,63 ± 6,81
4	D = 3,0 mg/L	170,07 ± 9,49
5	E = 4,0 mg/L	125,77 ± 5,57