

**PENGARUH KONSENTRASI 2,4 – DICHLOROPHENOXYACETIC ACID (2,4-D)
TERHADAP INDUKSI KALUS TANAMAN SORGUM
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**

*Effect of 2,4 – Dichloropheoxyacetic Acid (2,4-D) Consentration on Induction of
Sorghum Plant Callus (Sorghum bicolor (L.) Moench).*

Muhammad Rizqi Maulana¹, Didik Pudji Restanto¹, dan Slameto¹

1. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember. 68121
muhammadrizqimaulana186@gmail.com

ABSTRAK

Rendahnya keragaman genetik dan produktivitas tanaman sorgum menjadi permasalahan dalam pengembangan tanaman sorgum. Oleh karena itu, dilakukan pendekatan bioteknologi terutama untuk mendapatkan tanaman transgenik. Pendekatan bioteknologi didukung oleh bahan tanam yang baik dengan menggunakan teknik kultur jaringan untuk mendapatkan kalus tanaman sorgum. Perbanyakan kalus dilakukan dengan menggunakan metode kultur jaringan dengan menambahkan konsentrasi zat pengatur tumbuh 2,4-D. Penelitian ini disusun dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor tunggal yaitu pemberian 2,4-D berbagai konsentrasi antara lain A0 (kontrol), A1 2 ppm, A2 3 ppm, A3 4 ppm, A4 5 ppm, dan A5 6 ppm dimana setiap perlakuan diulang 3 kali. Variabel pengamatan yang dilakukan secara kuantitatif yaitu perhitungan kedinian kemunculan kalus, jumlah kalus, dan berat kalus. Variabel pengamatan secara kualitatif yaitu menentukan warna kalus dan tekstur kalus yang diamati secara visual. Hasil dari penelitian ini menunjukkan berbeda nyata terhadap kontrol pada pengamatan kedinian kemunculan kalus, jumlah kalus, dan berat kalus, dan menunjukkan hasil terbaik pada pengamatan kualitatif. Perlakuan 2 ppm 2,4-D menunjukkan hasil terbaik dibandingkan perlakuan 2,4-D yang lain yaitu mampu menginduksi kalus tanaman sorgum cenderung lebih cepat yaitu 7,6 HST, presentase jumlah kalus 90%, berat kalus 0,6 gram serta kalus berwarna putih kekuningan (5Y 8/6) dan kalus bersifat *friable* (remah).

Kata kunci : tanaman sorgum, induksi kalus, 2,4-D.

ABSTRACT

The problem of developing sorghum plants is genetic diversity and low productivity of sorghum plants. Therefore, a biotechnology approach is mainly taken to obtain GMO plants. The biotechnological approach is supported by good planting materials, namely from the callus of sorghum plants. Callus multiplication using tissue culture method by adding concentrations of 2,4-D growth regulators. This study was compiled using a completely randomized design (CRD) method with a single factor, namely the administration of 2,4-D of various concentrations including A0 (control), A1 2 ppm, A2 3 ppm, A3 4 ppm, A4 5 ppm, and A5 6 ppm where each treatment was repeated 3 times. The observational variables carried out quantitatively are the calculation of the current callus appearance, callus number, and callus weight. Qualitative observation variables are determining the color of callus and callus texture which are visually observed. The results of this study show significant differences on control in observation calculation of the current callus appearance, callus number, and callus weight and show the best results on qualitative observations. The treatment of 2 ppm 2,4-D showed the best results compared to the other 2,4-D treatments, which were able to induce sorghum plant callus which tends to be faster which is 7,6 days after planting, percentage of callus number 90%, weight of callus 0.6 gram and colored callus yellowish white (5Y 8/6) and callus is crumbly.

Keywords: sorghum plants, callus induction, 2,4-D

PENDAHULUAN

Tanaman sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan tanaman asli tropis Ethiopia, Afrika Timur. Sorgum telah lama dikenal sebagai penghasil bahan pangan dan dibudidayakan di lahan kering di beberapa negara Afrika. Sorgum menyebar ke India melewati Asia Selatan hingga mencapai China pada Abad ke-13. Sampai di Indonesia, sorgum dibawa oleh kolonial Belanda pada tahun 1925, tetapi perkembangannya baru terlihat pada tahun 1940an. Menurut Balai Informasi Pertanian (1990), Tanaman sorgum merupakan tanaman serbaguna yang dapat digunakan sebagai sumber pangan, pakan ternak dan bahan baku industri. Tanaman sorgum memiliki kandungan protein (9,01%), kandungan lemaknya (3,6 %), dan kandungan seratnya (2,5%). Keistimewaan lain dari tanaman sorgum yaitu lebih tahan terhadap kekeringan dan genangan bila dibandingkan dengan tanaman palawija lainnya serta dapat tumbuh hampir di setiap jenis tanah.

Tanaman sorgum mempunyai daya adaptasi agroekologi yang luas, pertumbuhannya tegak, tahan terhadap kekeringan, membutuhkan input lebih sedikit serta lebih tahan terhadap hama dan penyakit dibanding tanaman pangan lain. Selain digunakan sebagai bahan pangan dan pakan ternak, sorgum juga digunakan sebagai bahan pokok alkohol, bir, dan lainnya berdasarkan derivatif seperti sirup (Pola *et al.*, 2009). Oleh karena itu, tanaman sorgum sangat berpotensi besar jika dibudidayakan dengan baik.

Permasalahan pengembangan tanaman sorgum yaitu keragaman genetik dan produktivitas yang rendah dari tanaman sorgum (Tarigan *et al.*, 2013). Pendekatan bioteknologi merupakan cara yang efisien untuk memecahkan masalah ini, sebagai dasar untuk pembentukan sistem transformasi genetik sorgum yang baik dengan menggunakan teknik kultur jaringan secara efisien.

Kultur jaringan atau biakan jaringan merupakan teknik pemeliharaan jaringan atau bagian dari individu secara buatan (artifisial). Teknik kultur jaringan yang biasa dilakukan adalah kultur kalus. Kultur kalus merupakan upaya perbanyakan tanaman dalam kultur jaringan dengan menggunakan kalus secara *in vitro*. Kalus mempunyai pertumbuhan yang abnormal dan berpotensi untuk berkembang menjadi akar, tunas dan embrioid yang nantinya akan dapat membentuk plantlet (Lestari, 2011).

Perbanyakan dalam kultur jaringan dapat dilakukan melalui jalur embriogenesis somatik. Kelebihan dari teknik ini diantaranya embrio yang dihasilkan bersifat bipolar, menyerupai embrio zigotik dan embrio somatik, penanaman tidak bergantung pada waktu/musim, dapat menghasilkan tanaman dalam jumlah banyak dan memiliki sifat sama seperti induknya. Selain itu, teknik kultur jaringan menghasilkan tanaman yang steril dan bebas dari penyakit. Tahap awal dari metode kultur jaringan ini yaitu menginduksi kalus. Pemberian zat pengatur tumbuh yang tepat, dapat memicu pertumbuhan kalus. Kalus yang terbentuk kemudian akan berkembang dan berregenerasi menjadi tanaman lengkap.

Metode kultur jaringan tentunya didukung dengan zat pengatur tumbuh untuk merangsang pertumbuhan eksplan. Zat pengatur tumbuh yang diberikan dapat berupa auksin atau sitokinin. Jenis zat pengatur tumbuh yang digunakan pada penelitian ini adalah 2,4-D dimana hormon tersebut merupakan jenis hormon auksin dan banyak digunakan untuk menunjang pertumbuhan kalus. Moore (1979) berpendapat bahwa zat pengatur tumbuh (ZPT) merupakan senyawa organik bukan nutrisi yang dalam jumlah sedikit (<1 milimole (mM)) mampu memacu, menghambat atau mengubah proses fisiologi tanaman.

Penelitian Li *et al.*, (2017), induksi kalus tanaman sorgum pada perlakuan 2,4-D konsentrasi 5 ppm, menunjukkan presentase pertumbuhan kalus 56,47 %. Zhao *et al.*, (2010), dalam penelitiannya menunjukkan konsentrasi terbaik 2,4-D 4 ppm menghasilkan kalus embrionik 68,4 %. Polumahanthi *et al.*, (2014) menunjukkan pemberian konsentrasi 2,4-D 1,5 ppm menghasilkan kalus embrionik 84 %. Berdasarkan uraian diatas diharapkan dengan kultur jaringan dan penambahan 2,4-D yang tepat untuk induksi kalus, dapat menjadi alternatif dalam upaya konservasi sumberdaya genetik tanaman sorgum dimasa yang akan datang.

METODOLOGI

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Jember. Penelitian dimulai pada bulan November 2017 sampai November 2018.

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain : komponen-komponen medium MS, aquades, aquades steril, HCL 0,1 N, NaOH 0,1 N, alkohol 70 %, ZPT 2,4-D, ZPT BAP, deterjen, NaOCl (Bayclin), benih tanaman sorgum, kertas label, tissue, kertas saring, dan aluminium foil. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : autoklaf, lampu bunsen, erlenmeyer, gelas ukur, gelas piala, disposibel petri, pisau steril, pinset, gunting, spatula, pipet, pipet ukur, neraca analitik, pH meter, *Hot Plate Stirrer*, *Magnetik Stirrer*, *Laminar Air Flow (LAF)*, dan ruang inkubasi.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL), dengan satu faktor yaitu pemberian ZPT 2,4-D dengan konsentrasi yang berbeda pada induksi kalus dan setiap perlakuan akan diulang 3 kali. Perlakuan pada induksi kalus ini, menggunakan konsentrasi ZPT 2,4-D yang dilakukan dengan 5 taraf, diantaranya :

1. 2 ppm (A1)
2. 3 ppm (A2)
3. 4 ppm (A3)
4. 5 ppm (A4)
5. 6 ppm (A5)

Data kuantitatif yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA), apabila terdapat perbedaan yang nyata diantara perlakuan maka, akan dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan 5%. Sedangkan data kualitatif dianalisis secara visual untuk mengetahui tekstur kalus yang terbentuk.

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

Sterilisasi Alat. Sterilisasi alat dilakukan dengan cara mencuci alat-alat gelas menggunakan air dan sabun, kemudian disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 17,5 psi selama \pm 90 menit. Pada saat penanaman eksplan, alat-alat logam diberi alkohol 70% dan dilewatkan pada api Bunsen.

Sterilisasi *Laminar Air Flow* (LAF). Sterilisasi LAF dilakukan dengan cara menyemprotkan alkohol 70% ke dalam permukaan LAF. Kemudian dikeringkan dengan tissue hingga merata. Permukaan LAF disterilisasi dengan menggunakan radiasi sinar ultraviolet selama \pm 60 menit sebelum penanaman dilakukan.

Pembuatan Media. Menyiapkan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan media. Mencampurkan media Murashige dan Skoog basal dengan sukrosa dan dilarutkan dalam 1 liter aquades. Setelah itu larutan diukur derajat kemasamannya menggunakan pH meter hingga larutan menunjukkan angka 5,8, dengan bantuan NaOH 1 N jika terlalu asam atau HCl 1 N jika larutan terlalu basa. Kemudian larutan dicampur dengan agar sebanyak 8 g/l dan dipanaskan. Memasukkan media ke dalam botol-botol kultur, menutupnya, dan disterilisasi di dalam *autoclave* pada suhu 121⁰C dan tekanan 17,5 psi selama 90 menit.

Sterilisasi Eksplan. Metode sterilisasi eksplan yang digunakan adalah benih sorgum dicuci dengan air keran dan beberapa tetes deterjen selama 10 menit. Kemudian, sterilisasi dilakukan pada permukaan benih dengan merendamnya pada alkohol 70% selama 1 menit. Kemudian setelah perendaman dengan alkohol 70 %, benih direndam dalam pemutih komersial (Bayclin) 70% selama 10 menit. Benih kemudian dibilas dengan aquades steril selama tiga kali. Permukaan biji yang disterilkan kemudian ditanam pada media MS dengan pH 5,8 dan kemudian diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu \pm 28° C.

Penanaman Eksplan. Penanaman eksplan dilakukan di "*Laminar Air Flow*" dan dilakukan dengan baik dan benar untuk menghasilkan kalus dan tanaman yang baik. Masing – masing eksplan ditanam pada media kultur yang dicampur ZPT 2,4-D yang sudah

disediakan kemudian diinkubasi dalam ruang kultur. Kemudian setelah tumbuh kalus embriogenik, dilakukan subkultur pada media kultur yang dicampur ZPT BAP yang sudah disediakan untuk proses regenerasi tanaman. Kemudian diinkubasi dalam ruang kultur.

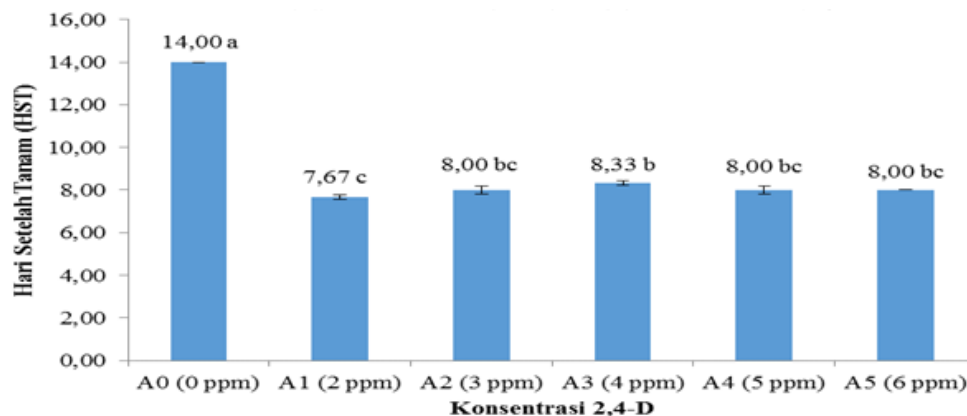
Variabel pengamatan. Variabel pengamatan secara kuantitatif terdiri dari : (a) kedinian kemunculan kalus, ditentukan berdasarkan penghitungan jumlah hari yang dibutuhkan eksplan untuk membentuk kalus; (b) jumlah kalus, ditentukan berdasarkan perhitungan jumlah kalus yang terbentuk; (c) berat kalus, diukur pada kalus usia 50 hari setelah tanam, dilakukan dengan menimbang petridish yang berisi kalus kemudian eksplan disubkultur dan petridish bekas eksplan sebelumnya tersebut dihitung beratnya kembali. Variabel secara kualitatif pada induksi kalus diantaranya warna kalus dan tekstur kalus. Pengamatan warna kalus didasarkan pada buku pedoman warna kalus yaitu *Munsell Color Charts For Plant Tissue* (1977). Sedangkan untuk pengamatan tekstur kalus diamati secara visual.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Parameter Kedinian Kemunculan Kalus

Pemberian 2,4-D pada media menunjukkan berbeda nyata pada setiap taraf perlakuan.

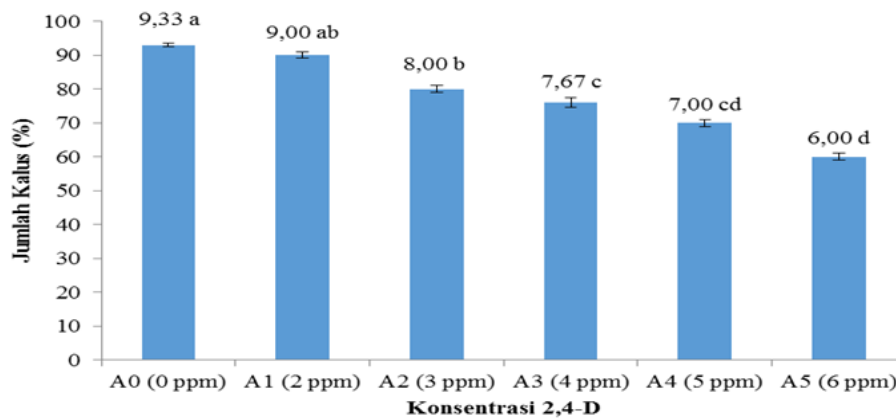


Gambar 1. Pengaruh 2,4-D berbagai konsentrasi pada kedinian kemunculan kalus.

Hasil rata-rata dari data kedinian kemunculan kalus menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Duncan 5%. Perlakuan 2,4-D konsentrasi 2 ppm menunjukkan pertumbuhan paling cepat dibanding perlakuan yang lain, ditunjukkan dengan rata-rata munculnya kalus membutuhkan waktu 7,6 hari. Perlakuan 2,4-D 3, 5, dan 6 ppm muncul kalus pada 8 HST, dilanjutkan dengan perlakuan 2,4-D 4 ppm yang membutuhkan waktu 8,33 HST. Sedangkan perlakuan 2,4-D 0 ppm (kontrol), terbentuk kalus membutuhkan waktu cenderung lebih lama dibanding perlakuan lainnya adalah 14 HST.

Parameter Jumlah Kalus

Penambahan 2,4-D pada media menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada parameter jumlah kalus.

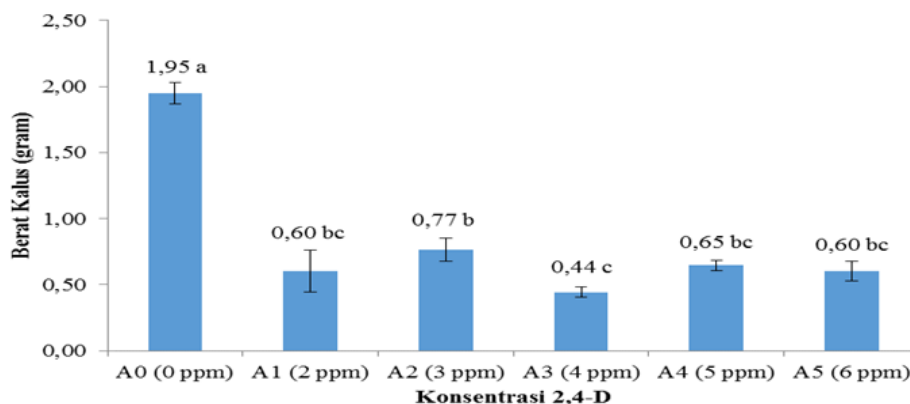


Gambar 2. Pengaruh 2,4-D berbagai konsentrasi pada jumlah kalus

Hasil rata-rata dari perhitungan jumlah kalus, menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Duncan 5%. Perlakuan 2,4-D dengan konsentrasi 0 ppm menunjukkan respon yang paling baik dengan jumlah kalus rata-rata 9,33. Perlakuan 2,4-D 2 ppm menghasilkan jumlah kalus 9,00 menunjukkan berbeda tidak nyata dengan 0 ppm. Perlakuan 2,4-D konsentrasi 3 ppm menunjukkan jumlah kalus yaitu rata-rata 8,00. Kemudian perlakuan 2,4-D konsentrasi 4 ppm memiliki jumlah kalus rata-rata 7,67. Perlakuan 2,4-D konsentrasi 5 ppm memiliki jumlah kalus yaitu rata-rata 7,00. Perlakuan 2,4-D 6 ppm menunjukkan hasil terendah yaitu rata-rata 6,00.

Parameter Berat Kalus

Penambahan 2,4-D pada media menunjukkan hasil berbeda tidak nyata pada parameter berat kalus.





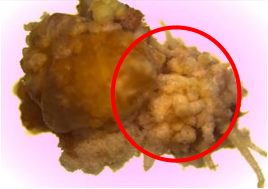

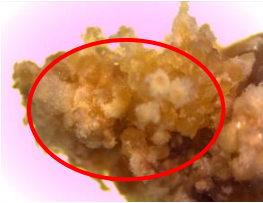



Gambar 3. Pengaruh 2,4-D berbagai konsentrasi pada berat kalus.





Hasil rata-rata dari perhitungan berat kalus, menunjukkan berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Duncan 5%. Perlakuan 2,4-D 0 ppm (kontrol) menghasilkan berat kalus yang paling tinggi yaitu 1,95 gram. Perlakuan 2,4-D 3 ppm menghasilkan berat kalus 0,77 gram. Perlakuan 2,4-D 5 ppm menghasilkan berat kalus 0,65 gram. Kemudian perlakuan 2,4-D 2 dan 6 ppm menghasilkan berat kalus yang sama yaitu 0,60 gram. Sedangkan perlakuan 2,4-D 4 ppm menghasilkan berat kalus yang paling rendah yaitu 0,44 gram.

Parameter Warna Kalus

Warna kalus merupakan pengamatan yang digunakan untuk mengetahui perbedaan warna yang terbentuk. Warna kalus diamati dengan didasarkan pada buku pedoman warna kalus yaitu *Munsell Color Charts For Plant Tissue* (1977).

Tabel 1. Warna kalus tanaman sorgum berdasarkan kecocokan warna pada Munsell Color Charts For Plant Tissue (1977).

Perlakuan	Visual Warna	Warna Kalus
 A0 (2,4-D 0 ppm) Kontrol		5 Y 8/6
 A1 (2,4-D 2 ppm)		5 Y 8/6
 A2 (2,4-D 3 ppm)		5 Y 8/6
 A3 (2,4-D 4 ppm)		5 Y 8/10


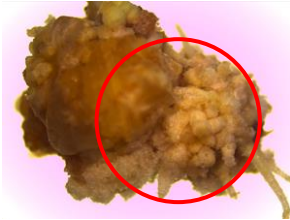

		5 Y 8/8
A4 (2,4-D 5 ppm)		
		5 Y 8/10
A5 (2,4-D 6 ppm)		



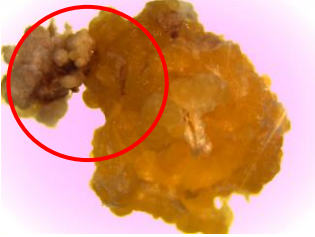
Warna kalus yang didapatkan nilai rata-rata Hue yaitu 5 Y pada pengamatan 40 HST. Nilai value dan chroma dari beberapa perlakuan berbeda-beda. Perlakuan A3 menghasilkan warna yang sama dengan A5 yaitu 5Y 8/10, perlakuan A4 menghasilkan warna yaitu 5Y 8/8, sedangkan A0, A1 dan A2 menghasilkan warna putih kekuningan yaitu 5Y 6/6. Perbedaan warna terjadi karena dipengaruhi pemberian hormon yang digunakan yaitu 2,4-D.

Parameter Tekstur Kalus

Pengamatan tekstur kalus digunakan sebagai salah satu penanda untuk menilai kualitas kalus yang baik. Tekstur kalus diamati pada kalus berusia 40 HST.

Tabel 2. Tekstur kalus tanaman sorgum

Perlakuan	Gambar Kalus	Tekstur Kalus
A0 (2,4-D 0 ppm) kontrol		Remah
A1 (2,4-D 2 ppm)		Remah
A2 (2,4-D 3 ppm)		Remah

A3 (2,4-D 4 ppm)		Remah
A4 (2,4-D 5 ppm)		Remah
A5 (2,4-D 6 ppm)		Remah

Tekstur kalus yang didapatkan pada setiap perlakuan yaitu remah (*friable*). Perlakuan 2,4-D 2 dan 3 ppm menghasilkan kalus yang remah lebih baik daripada perlakuan yang lain. Kalus remah ini terjadi melalui proses pertumbuhan yang mengarah pada pembentukan sel-sel yang berukuran kecil dan berikatan longgar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Elkonin *et al.*, (2000) berpendapat dalam penelitian Li *et al.*, (2017) bahwa induksi kalus merupakan langkah pertama perbanyakannya secara *in vitro*, dan faktor pengaruh utama pembentukan kalus adalah genotipe eksplan, medium dasar, hormon, serta jenis eksplan yang digunakan. Penelitian ini menunjukkan hasil induksi kalus yang paling cepat pada perlakuan 2,4-D 2 ppm membutuhkan waktu rata-rata 7,6 hari.

Zat pengatur tumbuh 2,4-D termasuk golongan auksin dimana auksin ini berfungsi dalam meningkatkan tekanan osmotik, mengurangi tekanan pada dinding sel, meningkatkan plastisitas dan mengembangkan dinding sel, serta meningkatkan sintesis protein (Widiastoety, 2014). Li *et al.*, (2017) berpendapat bahwa beberapa varietas sorgum tidak dapat ditumbuhkan secara *in vitro*, karena genotipe tanaman yang kurang baik. Perbanyakannya vegetatif tanaman sorgum secara *in vitro* menggunakan embrio dewasa yang sudah matang. Pemilihan eksplan juga mempengaruhi proses benih membentuk kalus. Eksplan yang digunakan adalah benih tanaman sorgum varietas Numbu yang memiliki daya tumbuh rata-rata 80%.

Eksplan benih yang ditanam pada media yang tidak diberi konsentrasi 2,4-D, menghasilkan tunas, akar, dan daun secara lengkap, kemudian pada 14 HST, tunas tersebut

berkembang menjadi kalus. Hal ini terjadi karena media MS 0 (tanpa perlakuan) hanya menyediakan nutrisi tanaman secara umum yang membantu untuk pemecahan embrio agar berkecambah dan berkembang menjadi tanaman lengkap. Sedangkan 2,4-D bersifat stabil dan tidak mudah rusak oleh cahaya ketika sterilisasi, serta mampu merangsang pemecahan dan pembesaran sel sehingga benih akan membesar membentuk kalus. Rahayu *et al.*, (2003) mengatakan, penambahan 2,4-D dalam media akan merangsang pembelahan dan pembesaran sel pada benih sehingga dapat memacu pembentukan kalus serta meningkatkan senyawa kimia alami flavonoid.

Berat kalus secara fisiologis terdiri dari dua kandungan yaitu air dan karbohidrat (Rusdianto *et al.*, 2012). Berat kalus yang dihasilkan tergantung pada kecepatan sel membelah diri, memperbanyak diri dan dilanjutkan dengan pembesaran kalus. Perbedaan berat kalus pada eksplan disebabkan oleh kandungan air yang berbeda-beda pada setiap eksplan. Selain itu semua jaringan atau eksplan memiliki kemampuan menyimpan air yang tidak sama (Sriyanti, 2000).

Kalus yang terbentuk mengalami masa pendewasaan pada fase globular sehingga harus dipindahkan (subkultur) pada media yang baru dengan penambahan hormon yang sama dengan konsentrasi yang berbeda. Subkultur dilakukan dengan memecahkan 1 kalus menjadi beberapa bagian, kemudian dipindahkan pada media yang sama dan konsentrasi berbeda. Pindahan dilakukan untuk mengurangi resiko pencoklatan (*browning*) pada kalus. Pindahan kalus ke media yang sama dilakukan pada 14 HST. Li *et al.*, (2017) mengatakan bahwa subkultur harus dilakukan dengan waktu tidak lebih dari 2 minggu. Subkultur dilakukan pada media auksin yang sama dengan konsentrasi yang berbeda.

Penentuan karakter kalus yang baik dapat dilihat dari warna kalus yang dihasilkan. Kalus yang berwarna putih kekuningan seperti pada perlakuan 2,4-D 0, 2, dan 3 ppm menunjukkan kalus itu baik. Penentuan kualitas kalus tidak hanya ditentukan oleh warna kalus, tetapi ditentukan pula oleh tekstur kalus. Kalus yang baik memiliki tekstur remah karena kalus tersebut mudah untuk dipisahkan menjadi sel-sel tunggal dan juga meningkatkan aerasi oksigen pada sel. Adapun ciri dari kalus yang remah adalah kalus yang tumbuh terpisah-pisah menjadi fragmen-fragmen yang kecil, tekstur lunak dan tersusun dari sel-sel dengan ruang antar sel yang banyak sedangkan kalus kompak mempunyai tekstur padat dan keras, yang tersusun dari sel-sel kecil yang sangat rapat (Li *et al.*, 2017).

KESIMPULAN

Penambahan 2 ppm 2,4-D berpengaruh terhadap pembentukan dan induksi kalus tanaman sorgum cenderung lebih cepat yaitu 7,6 hari setelah tanam dibandingkan perlakuan konsentrasi 2,4-D yang lain. Pada perlakuan 2 ppm 2,4-D, persentase jumlah kalus yang

terbaik yaitu 90%, berat kalus 0,6 gram serta kalus berwarna putih kekuningan (5Y 8/6) dan kalus bersifat *friable* (remah).

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Informasi Pertanian. 1990. *Pedoman Budidaya Tanaman Sorgum*. Departemen Pertanian, Medan.
- Li, G., Wang, L., Liu, Y., Li, Y., Yang, X., Zhan, Q., Zheng, J., and Li, J. 2017. Construction of an Efficient Tissue Culture System for Sorghum Using Mature Embryos. *Pak. J. Bot*, 49(3): 995-1000.
- Lestari, E. G. 2011. Peranan Zat Pengatur Tumbuh dalam Perbanyakan Tanaman melalui Kultur Jaringan. *AgroBiogen*, 7(1) : 63-68.
- Moore, T.C. 1979. *Biochemistry and Physiology of Plant Hormon*. Berlin : Springer-Verlag.
- Pola, S., N. Saradamani., T. Ramana. 2009. Mature Embryo As a Source Material for Efficient Regeneration Response in Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Original Scietific Paper*, 26 : 3-4.
- Polumahanthi, S., Dora, S.V.V.N., S. Mani N. 2014. Efficient Callus Induction Protocol for *Sorghum bicolor*. *Asian J. Plant Sci. Res*, 4(3) : 14-21.
- Rahayu, B., Solichatun dan E. Anggarwulan. 2003. Pengaruh Asam 2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4-D) terhadap Pembentukan dan Pertumbuhan Kalus serta Kandungan Flavonoid Kultur Kalus *Acalypha indica* L. *Biofarmasi*, 1(1): 1-6.
- Rusdianto dan A. Indrianto. 2012. Induksi Kalus Embriogenik Pada Wortel (*Daucus carota*) Menggunakan 2,4 D. *Bionature*, 13(2): 136-145.
- Sriyanti, D. P. 2000. Pelestarian Tanaman Nilam (*Pogostemon heyneanus* Benth.) melalui Kultur Mikrostek. *BioSMART*, 2(2): 21-25.
- Tarigan, D.H., T. Irmansyah., E. Purba. 2013. Pengaruh Waktu Penyiangan terhadap Pertumbuhan dan Produksi beberapa Varietas Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Online Agroteknologi*, 2 (1) : 86-94.
- Widiastoety, D. 2014. Pengaruh Auksin dan Sitokinin Terhadap Pertumbuhan Planlet Angrek Mokara. *J. Hort.*, 24(3): 230-238.
- Zhao, L., Liu, S., and Song, S. 2010. Optimization of Callus Induction and Plant Regeneration from Germinating Seeds of Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *African Journal of Biotechnology*, 9(16) : 2367-2374.