

PENINGKATAN KERAGAMAN SOMAKLONAL MELALUI KULTUR IN VITRO DAN IRADIASI SINAR GAMMA KE ARAH KETENGGANGAN TERHADAP ALUMINIUM DAN PH RENDAH PADA TANAMAN PADI (VARIETAS NIAS -1)

Herkules¹⁾, Syahmi Edi²⁾, Lazuardi³⁾

^{1,2 dan3)} Jurusan Biologi FMIPA Unimed Jl. Willem Iskandar, Pasar V, Medan 20221

herkulesabdullah@gmail.com

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan beberapa genotipe planlet (tanaman) padi ladang asal Kepulauan Nias tenggang Al dan pH rendah hasil pengujian kultur in vitro. Untuk mencapai tujuan penelitian ini digunakan metode: 1) metode peningkatan keragaman somaklonal melalui kultur kalus iradiasi sinar gamma (Edi, 2004), 2) uji pada kultur in vitro menggunakan komposisi media MS yang dimodifikasi (Van Sint Jan et al., 1997). Hasil pembahasan diperoleh: (1) Kultur kalus dan iradiasi sinar gamma dapat meningkatkan keragaman penampilan kalus yang terlihat dari warna kalus (mulai dari warna kuning, kuning keputihan, putih kekuningan, bening atau tidak), struktur kalus (kompak, kompak tidak merata, friable, nodul jelas atau tidak); (2) kalus dengan penampilan putih kekuningan, bening, friabel dan nodul yang jelas akan memberikan kalus bertunas lebih banyak; dan (3) didapat 23 genotipa tanaman padi tenggang dari varietas Nias-1.

Kata kunci: kunci pagar, kunci sepeda kunci inggris

1. PENDAHULUAN

Indonesia sampai saat masih menghadapi masalah pangan karena kurang persediaan beras nasional. Hal ini disebabkan jumlah penduduk yang terus meningkat serta pengurangan lahan subur karena konversi untuk kepentingan perumahan, industri, perkantoran, dan infrastruktur. Peningkatan produksi padi di masa akan datang dilakukan dengan memanfaatkan lahan sub-optimal yang masih sangat luas di luar Pulau Jawa dan Bali. Salah satu kendala pada lahan sub-optimal adalah kemasaman tanah (keracunan Al dan pH rendah). Solusinya adalah pengembangan varietas padi unggul adaptif terhadap lahan sub-optimal melalui pemuliaan dan penerapan bioteknologi, hal ini sesuai dengan Agenda Riset Nasional 2010-2014. Target capaian 2014 adalah rekombinasi jenis dan varietas tanaman pangan pokok serta benih tanaman tenggang lahan masam (Dewan Riset Nasional, 2010).

Cara yang dilakukan untuk mencapai target di atas melalui pemuliaan dan penerapan bioteknologi pada kultur *in vitro* dan iradiasi sinar gamma. Kultur *in vitro* dilakukan dengan cara menginduksi kalus sehingga keragaman sel-sel somatik meningkat. Selanjutnya untuk lebih meningkatkan keragaman pada sel-sel kalus dilakukan dengan cara iradiasi sinar gamma. Terbukti bahwa kultur kalus dan iradiasi

sinar gamma dapat meningkatkan keragaman somaklonal (Edi, 2004). Keragaman yang tinggi memudahkan pengujian terhadap Al dan pH rendah.

Hal lain yang tidak kalah pentingnya adalah eksplan yang merupakan sumber kehidupan dalam proses perakitan. Setelah dilakukan observasi di Sumatera Utara, maka dipilih Kepulauan Nias sebagai sumber eksplan karena : 1) jenis padi ladang yang biasa ditanam oleh penduduk disana lebih banyak, 2) produksinya tinggi, 3) tahan hama dan penyakit, 4) morfologinya spesifik/khas dan berpotensi dikembangkan di daerah lain di Sumatera Utara, dan 5) uji cepat (percobaan pendahuluan) di Laboratorium untuk mengetahui kepekaan terhadap Al dan pH rendah, hasilnya adalah beberapa jenis padi ladang peka asal Kepulauan Nias (Herkules dan Edi, 2008). Jenis padi peka inilah yang akan digunakan sebagai sumber eksplan pada penelitian ini Hibah Bersaing tahun 2011-2013, yang mana sebelumnya telah dilakukan Penelitian Fundamental untuk mengetahui media dan zat pengatur tumbuh terbaik dalam menginduksi dan meregenerasikan kalus padi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Jurusan Biologi FMIPA UNIMED.

Penelitian dimulai bulan Maret sampai November 2011.

Bahan yang akan digunakan berupa 1 macam varietas padi Ladang asal Kepulauan Nias yaitu: nias-1 dan T 309 (kontrol *in vitro*). Bahan kimia yang diperlukan sesuai dengan formula media Murashige & Skoog (1962), bahan kimia untuk membuat media pengujian pada kultur *in vitro*. Zat pengatur tumbuh yang digunakan meliputi : Auksin (IAA, NAA, 2,4-D), sitokinin (BAP, kinetin dan zeatin). Asam amino campuran yaitu casein hydrolisate (CH). Bahan sterilisasi meliputi : deterjen, benlate, alkohol, sunclin dan akuades steril. Bahan untuk tutup botol kultur antara lain aluminium foil, plastik wrap dan karet gelang.

Alat yang akan digunakan sebagian besar berupa alat gelas standar seperti: botol kultur, erlemeyer, petridis, pipet isap, labu ukur, corong, saringan, timbangan analitik, autoklaf, pH meter, kompor listrik, oven, alat diseksi (pisau, pinset dan gunting), kotak pindah (laminar air flow cabinet), lampu spritus dan rak kultur.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode yang sesuai dengan tujuan penelitian yaitu mendapat varietas tanaman padi yang tenggang terhadap Al dan pH melalui keragaman somaklonal yang diinduksi melalui kultur *in vitro* (kultur kalus) dan iradiasi sinar gamma. Untuk mencapai tujuan tersebut berbagai metode digunakan, antara lain :

1. Metode induksi keragaman somaklonal melalui kultur kalus. Kultur kalus menggunakan metode Edi (2004). **Luaran** untuk mendapat kalus yang *embriogenik* dengan penampilan yang beragam. **Indikator** pengamatan adalah kalus segar dengan *pertumbuhan cepat, renggang (freabel), bening, warna kuning keputihan, nodul jelas dan adanya spot hijau*. Induksi kalus dilakukan dengan cara pemberian zat pengatur tumbuh yang seimbang pada kultur *in vitro*. Pemakaian zat pengatur tumbuh dari golongan auksin kuat (2,4-D dan NAA) dan sitokinin kuat (BAP dan thidiazuron) mendorong pertumbuhan sel kalus lebih cepat dengan keragaman yang tinggi. Pertumbuhan dan perbanyakkan kalus yang cepat diharapkan adanya penyimpangan pembelahan mitosis, sehingga sel yang satu berlainan dengan sel yang lain dan memunculkan keragaman baru.
2. Iradiasi sinar gamma dilakukan untuk meningkat keragaman sudah ada pada sel-sel kalus (Edi, 2004). **Luaran** adalah *kalus hidup* setelah iradiasi. **Indikator** yang diamati setelah 1 minggu adalah : *kalus segar, mengkilat, tidak hancur* bila diraba pakai pinset.
3. Pengujian kalus pada tingkat *in vitro* menggunakan metode Van Sint Jan *et al.* (1997). **Luaran** mendapat *kalus* yang *tenggang* terhadap Al dan pH rendah setelah *seleksi in vitro*. **Indikator** yang diamati setelah 12 minggu dalam

media seleksi adalah adanya *kalus segar* dan *tumbuh dengan baik*. Pengujian dalam kultur *in vitro* dilakukan dengan menambahkan Al dengan berbagai konsentrasi ke dalam media seleksi pada pH 4.

4. Regenerasi kalus menggunakan metode Herkules dan Edi (2009). Kalus hasil seleksi *in vitro* dipindahkan ke media regenerasi yang menginduksi tunas dan akar. **Luaran** untuk mendapatkan *planlet* (tanaman) padi pada tingkat *in vitro*. **Indikator** yang diamati adalah *planlet (tanaman) padi yang lengkap (tunas dan akar)* dengan berbagai *penampilan* (performance) atau keragaman yang tinggi. Pertama kalus di subkultur ke media yang dapat menginduksi tunas yaitu media yang mengandung sitokinin. Setelah tunas terbentuk, selanjutnya tunas ini dipindahkan ke media yang dapat menginduksi akar. Dalam sistem generasi kalus, yang pertama diinduksi adalah tunas karena kalau akar duluan yang diinduksi maka kalus tersebut sangat sukar untuk bertunas.

Prosedur Percobaan

Induksi kalus, biji-biji yang sudah mengalami pembengkakan segera diisolasi (dibuang endosperm), kemudian embrionya diinokulasi pada media induksi kalus (sesuai perlakuan) masing-masing 8 eksplan per botol kultur. Selanjutnya semua botol kultur ditutup dengan aluminium foil dan diinkubasi dalam ruang pertumbuhan. Suhu ruang pertumbuhan sudah diatur sekitar $(26 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ dan diberikan cahaya lampu TL 40 watt selama 16 jam per hari. Setelah satu minggu semua kalus yang terbentuk diperiksa dan skutelum yang tumbuh diujung kalus dipotong dan dibuang. Selanjutnya kalus dikulturkan kembali di dalam media yang sama selama 10 minggu (2 kali sub kultur).

Selanjutnya dilakukan iradiasi sinar gamma dengan dosis 1,5 krad, setelah iradiasi kalus dipindahkan ke media segar tanpa zat pengatur tumbuh (MS0) selama 1 minggu. Kalus yang masih hidup selanjutnya dilakukan pengujian pada media yang mengandung Al dan pH rendah.

Pengujian kalus pada media yang mengandung Al dan pH rendah, kalus yang keadaannya bagus (kalus mengkilap, warna putih kekuningan, kompak artinya tidak hancur bila diraba dengan pinset) akan dipindahkan ke dalam media uji. Kalus dibiarkan tumbuh dan berkembang selama 12 minggu (enam kali subkultur). Pada media seleksi ini sebagian besar kalus akan mati yang ditandai dengan warna kalus yang menghitam, hanya kalus-kalus yang tenggang akan dapat berkembang secara terus-menerus.

Regenerasi kalus akan dilakukan setelah melewati seleksi. Kalus yang masih tumbuh dengan baik (kalus tenggang) ditandai dengan warna kalus kekuning-kuningan. Pertama-tama kalus diinduksi

untuk menghasilkan tunas yang ditandai dengan berobahnya warna kalus dari kuning menjadi putih kekuning-kuningan, tahap selanjutnya akan muncul spot-spot hijau yang nantinya akan muncul tunas. Aluminium akan menghambat pertumbuhan akar, oleh karena itu tunas yang sudah tumbuh dengan baik akan dipindahkan ke media pengakaran guna menginduksi pertumbuhan akar. Planlet yang sudah mempunyai akar banyak dan kuat akan segera diaklimatisasi.

Komposisi Media Kultur dan Media Seleksi

Media # 1 terdiri dari media MS (Murashige & Skoog, 1962) ditambah dengan 100 mg L⁻¹ myoinositol, 0,5 mg L⁻¹ asam nikotinat, 0,5 mg L⁻¹ pyridoxin HCl, 0,1 mg L⁻¹ tiamin HCl, 3 % sukrosa dan 0,25 % gelrite, auksin dan sitokinin (sesuai perlakuan). Media # 2 dan media # 3 merupakan

media regenerasi yang terdiri dari media MS ditambah auksin dan sitokinin (sesuai perlakuan).

Komposisi media seleksi adalah sebagai berikut : 2,4 g L⁻¹ NH₄NO₃, 1,9 g L⁻¹ KNO₃, 370 mg L⁻¹ MgSO₄. 7H₂O, 15 mg L⁻¹ Ca Cl₂. 2H₂O, 13 mg L⁻¹ KH₂PO₄ dan 28 mg L⁻¹ FeSO₄. 7H₂O; yang lain garam, vitamin, sukrosa dan regulator pertumbuhan seperti pada medium # 1. Perbedaan konsentrasi AlCl₃. 6H₂O (0-500 ppm), pH 4,0, gelrite 2,5-17 g L⁻¹ yang ditambahkan sebelum diautoklaf.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Induksi Kalus pada Varietas Nias 1

Induksi kalus dilakukan untuk meningkatkan keragaman somaklonal pada kultur *in vitro* dengan menggunakan media MS + 2,4-D 0,5 + NAA 1 + BAP 1,0. Hasil dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Diameter kalus dan penampilan kalus padi varietas nias-1 pada setiap ulangan (botol) percobaan (umur 10 minggu)

No.	Ulangan (Botol)	No. Eksplan	Diameter Kalus	Penampilan Kalus
1	1	1	1,0	k, tb, ctm, ntj
		2	1,4	pk, b, f, nj
		3	0,9	k, tb, ctm, ntj
		4	0,6	k, tb, c, ntj
		5	-	-
2	2	1	1,3	pk, b, f, nj
		2	1,0	k, tb, ctm, ntj
		3	0,8	k, tb, c, ntj
		4	-	-
		5	1,2	kp, b, f, nj
3	3	1	0,7	k, tb, c, ntj
		2	1,4	pk, b, f, nj
		3	1,0	k, tb, ctm, ntj
		4	1,3	pk, b, f, nj
		5	1,1	kp, b, cym, nj
4	4	1	0,8	k, tb, c, ntj
		2	1,4	pk, b, f, nj
		3	-	-
		4	0,8	k, tb, c, ntj
		5	0,9	k, tb, ctm, ntj
5	5	1	1,1	kp, b, ctm, nj
		2	1,2	kp, b, f, nj
		3	1,0	k, tb, ctm, ntj
		4	0,7	k, tb, c, ntj
		5	1,5	pk, b, f, nj

Keterangan : k = kuning, kp = kuning keputihan, pk = putih kekuningan, b = bening, tb = tidak bening, c = kompak, ctm = kompak tidak merata, f = friable (renggang), nj = nodul jelas, ntj = nodul tidak jelas.

Radiasi dan Seleksi Kalus

Iradiasi kalus dilakukan pada dosis 1,5 krad dan kalus yang masih hidup setelah iradiasi sinar gamma dipecah menjadi enam bagian, setelah itu kulturkan pada enam konsentrasi media seleksi yaitu Al 0, Al 100, Al 200, Al 300, Al 400, Al 500 ppm.

Regenerasi Kalus Membentuk Planlet

Kalus-kalus hasil seleksi (kalus tenggang) selanjut ditumbuhkan pada media regenerasi untuk diinduksi menjadi tunas dan akar. Tabel 2 sampai Tabel 3 memperlihatkan pertumbuhan sampai muncul tunas.

Tabel 2. Beberapa kalus yang hidup setelah radiasi sinar gamma dan seleksi pada media yang mengandung Al dan pH rendah untuk varietas nias-1

No.	Ulangan (Botol)	No. Eksplan	Kalus Setelah Radiasi	Kalus Setelah Media Seleksi
1	1	1	+	+ (0, 1, 2, 3,5)
		2	+	+ (0, 1, 2, 3)
		3	+	+ (0, 1, 3, 5)
		4	+	+ (0, 3, 4)
2	2	1	+	+ (0, 1, 2, 3)
		2	+	+ (0, 1, 2, 5)
		3	+	+ (0, 1, 4)
		5	-	-
3	3	1	+	+ (0, 2, 4)
		2	+	+ (0, 3, 5)
		3	+	+ (0, 1, 4)
		4	+	+ (0, 1, 3, 5)
		5	-	-
4	4	2	+	+ (0, 1, 2, 3)
		4	+	+ (1,2,3,4)
		5	+	+ (0, 2, 4, 5)
5	5	1	+	+ (0, 2, 3, 4)
		2	+	+ (0, 1, 2, 3)
		3	-	-
		4	+	+ (0, 2, 4)
		5	+	+ (0, 1, 5)

Keterangan : + = kalus hidup, = kalus mati, + (0, 1, 2, 4, 5) = kalus hidup pada media yang mengandung Al 0, Al 100, Al 200, Al 400 dan Al 500 ppm.

Tabel 3. Nomor-nomor kalus yang diregenerasikan dan penampakkannya pada padi turunan varietas nias-1

No.	Ulangan (Botol)	No. Eksplan	Nomor Regenerasi	Penampakan Kalus		
1	1	1	Al 0	Putih dengan spot hijau		
			Al 1	Putih kekuningan		
			Al 2	Spot hijau, tunas dan akar (1)		
			Al 3	Kuning keputihan		
			Al 5	Kuning		
		2	2	2	Al 0	Spot hijau, tunas dan akar (2)
					Al 1	Putih kekuningan
					Al 2	Spot hijau, tunas dan akar (3)
					Al 3	Kuning keputihan
		3	3	3	Al 0	Putih dengan spot hijau
					Al 1	Putih kekuningan
					Al 3	Kuning keputihan dan spot hijau
Al 5	Spot hijau, tunas dan akar (4)					
4	4	4	Al 0	Putih dengan spot hijau		
			Al 3	Putih kekuningan		
			Al 4	Spot hijau, tunas dan akar (5)		
			Al 5	Spot hijau, tunas dan akar (6)		
2	2	1	Al 0	Spot hijau, tunas dan akar (6)		
			Al 1	Putih kekuningan		
			Al 2	Putih kekuningan dan spot hijau		
			Al 3	Kuning keputihan		
		2	2	2	Al 0	Putih dengan spot hijau
					Al 1	Putih kekuningan
					Al 2	Spot hijau, tunas dan akar (7)
					Al 5	Spot hijau, tunas dan akar (8)
		3	3	3	Al 0	Putih dengan spot hijau
					Al 1	Putih kekuningan
					Al 4	Spot hijau, tunas dan akar (9)
					Al 5	Spot hijau, tunas dan akar (10)
3	3	1	Al 0	Kuning keputihan		
			Al 2	Putih kekuningan		
			Al 4	Spot hijau, tunas dan akar (10)		
		2	2	2	Al 0	Putih dengan spot hijau
					Al 3	Putih kekuningan
					Al 5	Spot hijau, tunas dan akar (11)
3	3	3	Al 0	Putih dengan spot hijau		

No.	Ulangan (Botol)	No. Eksplan	Nomor Regenerasi	Penampakan Kalus
			Al 1	Putih kekuningan
			Al 4	Spot hijau, tunas dan akar (12)
		4	Al 0	Kuning keputihan dan spot hijau
			Al 1	Putih kekuningan
			Al 3	Spot hijau, tunas dan akar (13)
			Al 5	Kuning keputihan
4	4	2	Al 0	Putih dengan spot hijau
			Al 1	Putih kekuningan
			Al 2	Spot hijau, tunas dan akar (14)
			Al 3	Spot hijau, tunas dan akar (15)
		4	Al 0	Putih dengan spot hijau
			Al 1	Putih kekuningan
			Al 3	Spot hijau, tunas dan akar (16)
			Al 4	Kuning keputihan
		5	Al 0	Putih kekuningan
			Al 2	Putih kekuningan
			Al 4	Spot hijau, tunas dan akar (17)
			Al 5	Kuning keputihan
5	5	1	Al 0	Putih dengan spot hijau
			Al 2	Putih kekuningan
			Al 3	Spot hijau, tunas dan akar (18)
			Al 4	Spot hijau, tunas dan akar (19)
		2	Al 0	Putih dengan spot hijau
			Al 1	Putih kekuningan
			Al 2	Spot hijau, tunas dan akar (20)
			Al 3	Spot hijau, tunas dan akar (21)
		4	Al 0	Putih dengan spot hijau
			Al 2	Putih kekuningan
			Al 4	Spot hijau, tunas dan akar (22)
		5	Al 0	Putih dengan spot hijau
			Al 1	Putih kekuningan
			Al 5	Spot hijau, tunas dan akar (23)
Total			66	23 kalus bertunas + akar (34,85 %)

Pembahasan

Induksi Kalus

Dari Tabel 1 memperlihatkan bahwa hampir semua eksplan yang dikulturkan terinduksi menjadi kalus. Persentase eksplan menjadi kalus untuk varietas nias-1 88 %. Angka ini termasuk tinggi jika dibandingkan dengan dengan penelitian-penelitian sebelumnya (Edi, 2004).

Diameter kalus pada varietas nias-1 berkisar antara 0,6-1,5 cm. Pertambahan diameter kalus ini ada hubungannya dengan pertumbuhan kalus ke samping dan ke atas serta dipengaruhi oleh struktur kalus tersebut. Kalus dengan struktur friabel (renggang) pertambahan diameter akan lebih cepat dibandingkan dengan kalus yang berstruktur kompak.

Selain dari struktur kalus yang diamati, perubahan warna dari kalus juga diamati (kuning, kuning keputihan, putih kekuningan, bening atau tidak), nodul jelas atau tidak. Ada hubungan antara diameter kalus dengan penampilan kalus, kalus yang berdiameter tinggi mempunyai penampilan yang berbeda dengan kalus yang berdiameter rendah. Pada Tabel 1 kalus berdiameter tertinggi berpenampilan putih kekuningan, bening, friabel dan nodul jelas,

sedangkan kalus berdiameter terendah berpenampilan kuning, tidak bening, kompak dan nodul tidak jelas.

Iradiasi kalus dengan Sinar Gamma dan Seleksi Kalus pada Media yang Mengandung Al dan pH Rendah

Persentase kalus hidup setelah iradiasi semakin turun karena banyak kalus yang mati setelah iradiasi. Persentase kalus hidup setelah iradiasi pada varietas nias-1 adalah 85,71. Setelah kalus diiradiasi, tahap selanjutnya adalah seleksi pada media yang mengandung Al dan pH rendah. Jumlah kalus yang diseleksi pada varietas nias-1 126 kalus.

Setelah kalus diseleksi pada media yang mengandung Al dan pH rendah, jumlah kalus yang hidup juga bervariasi. Pada varietas nias-1 jumlah kalus yang hidup sebanyak 66 (52,38%). Dari Tabel 4 memperlihatkan semakin tinggi konsentrasi Al yang diberikan semakin banyak kalus yang mati (Edi, 2004).

Distribusi kalus yang hidup setelah di media seleksi untuk setiap varietas berbeda-beda. Untuk varietas nias-1 jumlah kalus yang hidup (tenggang) adalah Al 0 = 17 kalus, Al 100 = 12 kalus, Al 200 = 9 kalus, Al 300 = 11 kalus, Al 400 = 8 kalus dan Al 500 = 7 kalus. Artinya semakin tinggi konsentrasi Al yang

diberikan semakin sedikit kalus yang hidup (tenggang).

Regenerasi Kalus

Akhir dari regenerasi kalus adalah terbentuknya planlet (tunas dan akar) yang tenggang terhadap Al dan pH rendah. Tahap pertama regenerasi kalus adalah menginduksi terbentuk tunas, kemudian induk

akar. Jumlah kalus bertunas dan berakar untuk setiap varietas jumlahnya semakin sedikit. Tabel 3. memperlihatkan jumlah kalus yang diregenerasikan dari turunan varietas nias-1. Dari 66 kalus yang diregenerasikan, hanya 23 kalus yang menjadi planlet. Berikut ini ringkasan jumlah kalus dalam media seleksi Al dan pH rendah, jumlah kalus yang diregenerasikan dan jumlah kalus bertunas/berakar untuk setiap turunan varietas nias-1.

Tabel 4. Jumlah kalus dalam media seleksi Al dan pH rendah, jumlah kalus yang diregenerasikan dan jumlah kalus bertunas/berakar untuk setiap turunan varietas Nias-1

Varietas	Jumlah kalus pada media seleksi	Jumlah kalus (%) yang diregenerasikan	Jumlah (%) kalus bertunas + akar
Nias-1	126	66 (52,38)	23 (34,85)



A



B



C



D



E



F

Gambar 1 mulai induksi kalus sampai terbentuknya tunas dan akar.

Keterangan : A = Proses pembengkan embrio
 B = Mulai induksi kalus
 C = Kalus umur 8 minggu (akan diiradiasi)
 D = Kalus selesai diiradiasi
 E = Kalus pada media seleksi

F = Kalus pada media regenerasi (mulai terbentuk tunas).

4. KESIMPULAN

Dari data yang didapatkan dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan

1. Kultur kalus dan iradiasi sinar gamma dapat meningkatkan keragaman penampilan kalus yang terlihat dari warna kalus (mulai dari warna kuning, kuning keputihan, putih kekuningan, bening atau tidak), struktur kalus (kompak, kompak tidak merata, friable, nodul jelas atau tidak).
2. Kalus dengan penampilan putih kekuningan, bening, friabel dan nodul yang jelas akan memberikan kalus bertunas lebih banyak.
3. Hasil seleksi in vitro menghasilkan 23 genotipa tanaman padi tenggang dari turunan varietas nias-1.

DAFTAR PUSTAKA

- Edi, S. 2004. Peningkatan Ketenggangan terhadap Aluminium dan pH Rendah pada Tanaman Padi melalui Keragaman SomaKlonal dan Iradiasi Sinar Gamma. Disertasi S-3. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 125 halaman.
- Herkules, S. Edi. 2008. Uji Cepat Beberapa Jenis Padi Ladang Asal Kepulauan Nias terhadap Aluminium dan pH Rendah. SPP/DPP Unimed. 25 hal.
- Murashige, T and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Plant Physiol.* 15 : 473-497.
- Van Sint Jan, V., C.C. de Macedo, J.M. Kinet and J. Bouharmont. 1997. Selection of Al-resistant plants from a sensitive rice cultivar, using somaclonal variation, *in vitro* and hydroponic cultures. *Euphytica* 97 : 303-310.