

LAPORAN TEKNIS 2017

75/AIR 3/OT 02 02/02/2018

**PERBAIKAN VARIETAS TANAMAN SEREALIA MELALUI  
TEKNIK MUTASI RADIASI**

**Soeranto Human, Sihono, Wijaya M.I., Winda Puspitasari, Marina  
Y.M., Carkum, Parno dan Tardi Suseno**



**PUSAT APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI  
BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL  
2018**

LAPORAN TEKNIS 2017

75/AIR 3/OT 02 02/02/2018

PERBAIKAN VARIETAS TANAMAN SEREALIA MELALUI  
TEKNIK MUTASI RADIASI

Soeranto Human, Sihono, Wijaya M.I., Winda Puspitasari, Marina  
Y.M., Carkum, Parno dan Tardi Suseno

Mengetahui/Menyetujui

Kepala Bidang Pertanian



Dr. Irawan Sugoro, M.Si  
NIP. 19761018 200012 1 001

Kepala Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi



Totti Tjiptosumirat  
NIP. 19630830 198803 1 002

# PERBAIKAN VARIETAS TANAMAN SEREALIA MELALUI TEKNIK MUTASI RADIASI

Soeranto Human, Sihono, Wijaya MI., Winda P., Marina YM., Tardisuseno Carkum dan Parno

## ABSTRAK

PERBAIKAN VARIETAS SORGUM DAN GANDUM MELALUI PEMULIAAN TANAMAN DENGAN TEKNIK MUTASI. Sorgum termasuk tanaman serealia multiguna, bijinya dapat digunakan sebagai sumber pangan, batang diperas menghasilkan air nira sebagai bahan energi (bioethanol) dan hijauan daun serta batang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak ruminansia. Sedangkan biji gandum adalah sumber bahan pangan baik berupa kue, mie instan dan berbagai macam makanan olahan. Sorgum dan gandum bukan tanaman asli Indonesia, oleh sebab itu, keragaman genetik masih terbatas. Upaya untuk perbaikan dan peningkatan keragaman genetik dilakukan dengan pemuliaan mutasi. Di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), aplikasi Litbang Iptek nuklir dalam kegiatan pemuliaan mutasi tanaman bertujuan memperbaiki beberapa sifat tanaman. Penelitian pemuliaan tanaman serealia dengan teknik mutasi induksi menggunakan sinar Gamma bersumber *Cobalt-60*, untuk memperbaiki sifat-sifat agronomi dan kualitas. Telah diperoleh 9 galur mutan harapan sorgum manis sedang dilakukan uji daya hasil adaptasi multilokasi di beberapa lokasi di Indonesia (Citayam-Bogor, Gunungkidul-Yogyakarta dll) galur mutan memiliki sifat unggul dari pada induknya diantaranya seperti produksi biji dan biomassa batang segar tinggi serta kadar nira manis. Dan telah diperoleh juga sejumlah 16 genotipe sorgum yang memiliki sifat tinggi tanaman pendek, produksi biji tinggi, sehingga kecocokan untuk sorgum pangan, galur-galur mutan tersebut telah dilakukan uji daya hasil lanjutan (UDHL) di Citayam, Bogor. Dari galur-galur mutan sorgum dan gandum tersebut perlu dilakukan pengujian dan analisa lebih lanjut.

Kata Kunci : *tanaman serealia, pemuliaan mutasi, agronomi, produksi, kualitas*

## PENDAHULUAN

Di Indonesia akhir-akhir ini dihadapkan pada kondisi krisis masalah pangan dan energi. Pangan menjadi masalah karena suplai beras tidak cukup akibat peningkatan jumlah penduduk kira-kira 1.5% setiap tahun dan alih fungsi penggunaan lahan pertanian produktif. Selain masalah pangan, krisis energi terjadi akibat semakin berkurangnya jumlah cadangan bahan fosil minyak di perut bumi yang tidak dapat diperbaharui [1]. Hal senada dilaporkan oleh YUDIARTO [2] bahwa Indonesia yang dulu menjadi negara pengekspor minyak berubah menjadi negara pengimpor minyak sampai mencapai 487 ribu barel/hari pada tahun 2004. Pada tahun 2010 Indonesia merupakan negara pengimpor minyak terbesar di Asia yaitu 674 ribu barel/hari, sementara itu harga minyak dunia terus mengalami peningkatan. Naiknya harga minyak dunia mengakibatkan membengkaknya subsidi pemerintah terhadap bahan bakar minyak (BBM). Kebijakan pengurangan subsidi BBM yang diterapkan pemerintah akhirnya berakibat pada meningkatnya biaya-biaya

perekonomian masyarakat Indonesia.

Sedangkan gandum (*Triticum aestivum* L.) juga merupakan tanaman yang tidak kalah penting karena tepung gandum (terigu) merupakan bahan makanan pokok kedua setelah beras. Pada tahun 2000 Indonesia mengimport terigu sebesar 3,9 juta ton dengan nilai import sebesar US \$ 600 juta, dan kalau dihitung dari total import hasil pertanian maka nilai tersebut adalah sebesar 75 % (Sulistiono dan Rudi, 2001; Ditjen Bina Produksi Tanaman Pangan, 2001). Berdasar data Kementerian Pertanian (2012), tahun 2011 impor gandum Indonesia telah mencapai 5,9 juta ton dan meningkat menjadi 7,6 juta ton pada tahun 2012. Seluruh kebutuhan gandum dipenuhi dengan cara impor [3 dan 4]. Ketergantungan yang sangat terhadap gandum impor dikhawatirkan dapat mengancam kedaulatan pangan dalam negeri.

Oleh karena itu, upaya yang dilakukan adalah mencari, meneliti dan mengembangkan tanaman yang dapat menyelesaikan masalah di atas tersebut. Sorgum dan gandum adalah tanaman yang dapat diambil bijinya sebagai pangan, batang sorgum dapat diperas menghasilkan nira untuk bahan bioetanol (energi) serta batang dan hijauan daun sorgum serta gandum dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak *ruminansia*. Namun kedua tanaman tersebut bukan tanaman asli Indonesia sehingga ragam genetiknya masih terbatas. Untuk meningkatkan ragam genetik, para peneliti di PAIR-BATAN telah memanfaatkan radiasi sinar Gamma yang bersumber dari isotop *Cobalt-60*. Penelitian tanaman serealia (sorgum dan gandum) bertujuan memperbaiki beberapa sifat menjadi lebih unggul sesuai kriteria dan program pemuliaan tanaman (pangan dan energi). Secara agronomi, sejumlah 11 nomor galur telah diperoleh yaitu memiliki sifat produksi biji dan biomassa tinggi serta nira batang manis. Galur-galur tersebut akan dilakukan uji adaptasi dalam rangka untuk memperoleh galur mutan harapan (*promising mutant lines*) sorgum manis dan akan dilakukan pengujian lebih lanjut. Sampai saat ini, PAIR-BATAN telah menghasilkan 3 varietas unggul sorgum yaitu Pahat, Samurai 1 dan Samurai 2 serta 1 varietas gandum yaitu yang diberi nama Ganesha.

## **BAHAN DAN METODE**

Bahan penelitian uji daya hasil uji adaptasi multilokasi (UML) adalah hasil penelitian sebelumnya yaitu sejumlah 9 genotip galur mutan generasi M<sub>9</sub> yang berasal dari benih galur mutan Cty-43 diradiasi dengan sinar Gamma dosis 300 Gy. Sebagai pembanding disertakan 3 tanaman kontrol yaitu Cty-43 (induk) dan 2 tanaman pembanding

yaitu varietas Kawali dan Samurai 1 (kontrol nasional). Selain itu, juga telah diperoleh 16 nomor galur sorgum pangan telah dilakukan uji daya hasil lanjutan (UDHL) dan diperoleh 10 galur mutan harapan yang saat ini sedang dilakukan uji adaptasi multilokasi (UML) di beberapa daerah di Indonesia (Tabanan, Bali dan Gunungkidul, Yogyakarta). Pupuk yang digunakan Urea 120 kg/ha, TSP-36 90 kg/ha, dan KCl 60 kg/ha.

Lokasi pengujian pengujian disajikan pada Gambar 1, 2, 3, 4, 5 dan 6. Metode penelitian menggunakan rancangan acak kelompok diulang 3 kali. Benih ditanam di dalam petakan/plot masing-masing dengan ukuran 4 x 5 m dengan jarak tanam 75 cm antar barisan dan 15 cm di dalam barisan.

Pemeliharaan meliputi penjarangan dilakukan setelah tanaman berumur 14 hari setelah tanam (HST) disisakan 1 tanaman, dilanjutkan penyiangan. Pemupukan diberikan pada saat tanam kecuali pupuk Urea yaitu dengan takaran 2/3 diberikan pada saat tanam dan 1/3 pada saat tanaman berumur 30 HST bersamaan dengan penyiangan kedua dan pembumbunan. Parameter yang diamati adalah produksi biji kering pipilan, biomassa batang segar dan kadar nira batang. Produksi biji dan biomassa batang segar diperoleh dengan cara memanen 10 contoh tanaman setiap plot dikalikan populasi per hektar.

Data kompilasi dan dirata-rata serta di eventaresasi yang nantinya akan dianalisa menggunakan *software* SAS versi 9.0, dan diuji lanjut menggunakan LSD 5% [5].

Selain kegiatan uji adaptasi, penelitian tanaman serealia (sorgum dan gandum) juga melestarikan varietas-varietas yang sudah dilepas dan peremajaan plasma nutfah yang ada. Pembuatan kelas benih (Gambar 5) seperti nucleus seed (NS) dan breeder seed (BS) dilakukan di kebun perobaan Citayam, Pacet, Bogor dan Pusakanagara Jawa Barat serta kebun percobaan PAIR-BATAN Pasar Jumat Jakarta.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian daya hasil multilokasi (UML) merupakan salah satu program kegiatan pemuliaan tanaman untuk mengetahui sejauh mana tingkat produktifitas dan homogenitas suatu galur mutan di beberapa lokasi. Dari pengujian adaptasi multilokasi sorgum manis di dua lokasi yaitu di Gunungkidul, Yogyakarta dan Citayam, Bogor terlihat pada (Tabel 1, 2 dan 3). Tabel 1 menunjukkan bahwa dari 9 materi uji galur mutan memperlihatkan rata-rata produksi biji bervariasi yaitu mulai dari 5,92 - 7,89 t/ha sedangkan 3 tanaman kontrol berkisar antara 5,32 - 5,70 t/ha. Semua galur mutan menunjukkan nominal produksi biji

lebih tinggi dibandingkan ke 3 tanaman kontrol yaitu Cty-43 (induk) dan varietas Kawali dan Samurai 1 (kontrol nasional) berturut-turut hanya 5,32, 5,40 dan 5,70 t/ha. Adanya galur mutan yang memiliki hasil biji tinggi membuktikan bahwa radiasi sinar gamma dapat memperbaiki produksi biji sorgum. Hal senada dilaporkan oleh **SOBRIZAL [6]** bahwa perlakuan radiasi cara yang efektif untuk memperbaiki plasma nutfah yang ada.

**Tabel 1. Produktivitas biji UML pada musim tanam 2016 dan 2017**

No.	Nama galur/ Varietas	LOKASI		Rerata (t/ha)
		Gunungkidul	Citayam	
		Prod. Biji Kering (t/ha)		
1	GH <sub>1</sub>	7,29	8,48	<b>7,89</b>
2	GH <sub>2</sub>	7,63	6,54	<b>7,09</b>
3	GH <sub>3</sub>	7,28	8,36	<b>7,82</b>
4	GH <sub>5</sub>	5,39	6,78	<b>6,09</b>
5	GH <sub>6</sub>	6,42	6,20	<b>6,31</b>
6	GH <sub>7</sub>	6,34	7,51	<b>6,93</b>
7	GH <sub>9</sub>	6,08	5,75	<b>5,92</b>
8	GH <sub>10</sub>	6,29	6,43	<b>6,36</b>
9	GH <sub>38</sub>	7,57	6,75	<b>7,16</b>
10	Cty-43 (induk)	6,06	5,34	<b>5,70</b>
11	Var. Kawali (k.nasional)	5,09	5,55	<b>5,32</b>
12	Var. Samurai 1 (k. Sorgum manis)	5,58	5,22	<b>5,40</b>

Produksi biomassa batang segar dari 9 nomor materi uji memiliki hasil dengan kisaran antara 53,36 - 81,28 t/ha dan ke 3 tanaman kontrol 44,30 – 55,30 t/ha. Galur yang menunjukkan hasil biomassa tertinggi dicapai pada galur nomor GH<sub>38</sub> yaitu sebesar 81,82 t/ha dan terendah pada galur nomor GH<sub>5</sub> yaitu 53,36 t/ha. Sedangkan kadar nira memiliki kisaran antara 11,15% - 15,21% dan ke 3 tanaman kontrol berkisar antara 9,69 - 11,95%. Galur yang memiliki kadar tertinggi di capai pada nomor galur GH<sub>1</sub> yaitu 14,40% dan terendah pada galur GH<sub>5</sub> yaitu 11,15%. Untuk kadar nira batang, hal ini sesuai dengan penelitian **UNIVERSITAS NEBRASKA LINCOLN USA [7]** melaporkan bahwa sorgum yang memiliki kadar nira batang antara 12-23% dikategorikan sorgum manis. Sedangkan hasil penelitian di PAIR-BATAN melalui teknik mutasi radiasi menghasilkan galur yang memiliki kadar nira batang di atas 12%. Oleh karena itu, galur-galur mutan yang terseleksi dan memiliki kadar nira di atas 12% tersebut dikategorikan termasuk

sorgum manis. Galur-galur mutan tersebut perlu dilakukan pengujian lebih lanjut sesuai tujuan penelitian.

**Tabel 2. Produktivitas biomassa batang segar UML pada musim tanam 2016 dan 2017**

No.	Nama galur/ Varietas	LOKASI		Rerata (t/ha)
		Gunungkidul	Citayam	
		Prod. Biomassa Batang Segar (t/ha)		
1	GH <sub>1</sub>	56,75	90,40	<b>73,58</b>
2	GH <sub>2</sub>	60,03	77,52	<b>68,78</b>
3	GH <sub>3</sub>	63,82	62,99	<b>63,41</b>
4	GH <sub>5</sub>	29,41	77,31	<b>53,36</b>
5	GH <sub>6</sub>	65,31	77,50	<b>71,41</b>
6	GH <sub>7</sub>	55,20	69,82	<b>62,51</b>
7	GH <sub>9</sub>	63,02	70,21	<b>66,62</b>
8	GH <sub>10</sub>	70,34	80,11	<b>75,23</b>
9	GH <sub>38</sub>	90,83	71,73	<b>81,28</b>
10	Cty-43 (induk)	35,93	52,67	<b>44,30</b>
11	Var. Kawali (k.nasional)	36,41	74,19	<b>55,30</b>
12	Var. Samurai 1 (k. Sorgum manis)	39,60	50,11	<b>44,86</b>

**Tabel 3. Parameter kadar nira batang UML pada musim tanam 2016 dan 2017**

No.	Nama galur/ Varietas	LOKASI		Rerata (%)
		Gunungkidul	Citayam	
		Prod. Biomassa Batang Segar (%)		
1	GH <sub>1</sub>	15,72	13,08	<b>14,40</b>
2	GH <sub>2</sub>	16,67	12,03	<b>14,35</b>
3	GH <sub>3</sub>	15,75	14,67	<b>15,21</b>
4	GH <sub>5</sub>	10,33	11,97	<b>11,15</b>
5	GH <sub>6</sub>	16,28	10,77	<b>13,53</b>
6	GH <sub>7</sub>	18,33	11,27	<b>14,80</b>
7	GH <sub>9</sub>	16,83	9,67	<b>13,25</b>
8	GH <sub>10</sub>	14,06	9,87	<b>11,97</b>
9	GH <sub>38</sub>	13,23	11,83	<b>12,53</b>
10	Cty-43 (induk)	11,38	8,00	<b>9,69</b>
11	Var. Kawali (k.nasional)	11,89	12,00	<b>11,95</b>
12	Var. Samurai 1 (k. Sorgum manis)	12,27	7,66	<b>9,97</b>

Selain sorgum manis juga dilakukan kegiatan penelitian sorgum pangan, yang telah dilakukan uji daya hasil lanjutan (UDHL) terlihat pada Tabel 4. Dari 16 galur mutan materi uji terlihat bahwa galur sorgum pangan memiliki produksi biji lebih tinggi di bandingkan kontrol induk dan kedua kontrol nasional. Namun penelitian tersebut diarah untuk sorgum pangan sehingga tanaman pendek salah satu indikator karakter untuk diseleksi. Adnya galur-galur yang memiliki batang pendek dan produksi biji tinggi perlu dilakukan pengujian lebih lanjut.

**Tabel 4. Data Uji Daya Hasil Lanjutan Sorgum Pangan di Citayam, Bogor Tanam Musim Hujan 2016/2017**

No.	Nama Galur/varietas	Pedigree	Ulangan (t/ha)			Rerata (t/ha)
			I	II	III	
1.	GHP-1	Zh30-10-1-300	7.73	6.07	7.73	7.18
2.	GHP-2	Zh30-10-2-300	6.19	5.90	6.19	6.09
3.	GHP-5	Zh30-11-2-300	5.95	6.54	5.95	6.15
4.	GHP-7	Zh30-14-1-300	9.06	5.61	9.06	7.91
5.	GHP-9	Zh30-19-3-300	6.97	6.43	6.97	6.79
6.	GHP-10	Zh30-20-1-300	7.82	8.64	7.82	8.10
7.	GHP-11	Zh30-22-1-300	6.09	8.35	6.09	6.84
8.	GHP-12	Zh30-22-2-300	8.72	7.65	8.72	8.36
9.	GHP-13	Zh30-27-1-300	7.60	9.01	7.60	8.07
10.	GHP-14	Zh30-30-1-300	8.08	9.15	8.08	8.44
11.	GHP-16	Zh30-31-2-300	7.43	9.21	7.43	8.02
12.	GHP-17	Zh30-34-1-300	9.72	7.21	9.72	8.88
13.	GHP-18	Zh30-35-1-300	7.82	7.44	7.82	7.70
14.	GHP-19	Zh30-35-2-300	5.78	7.68	5.78	6.41
15.	GHP-3	Zh30-31-2-300	5.73	6.55	5.73	6.00
16.	GHP-4	Zh30-34-1-300	7.22	5.72	7.22	6.72
17.	Pahat (induk)	Varietas Pahat	6.22	5.40	6.22	5.94
18.	Kawali	Varietas Kawali	5.11	5.36	5.11	5.19
19.	Numbu	Varietas Numbu	6.93	6.22	6.93	6.69

Dari hasil penelitian sebelumnya telah diperoleh beberapa galur mutan harapan gandum (*promising mutant lines*) yaitu seperti galur CBD-17 telah dilepas menjadi varietas unggul nasional dengan nama Ganesha. Sedangkan pada penelitian tahun 2014 sedang dilakukan karakterisasi materi plasma nutfah yang ada guna untuk proses penelitian selanjutnya, data karakterisasi disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data karakterisasi agronomi gandum pada musim tanam 2017

No.	Galur/Varietas	Parameter							
		TT (cm)	JAP (bh)	UB (hari)	PM (cm)	JB/M (bh)	BB/M (gr)	HASIL (kg/plot)	HASIL (t/ha)
1	CPN-01	86.00	9.50	63	9.00	44.80	1.81	3.52	3.20
2	CPN-02	95.10	10.60	65	8.75	44.90	1.81	2.74	2.49
3	NIAS	104.20	7.50	65	9.90	55.60	3.15	1.96	1.78
4	SELAYAR	83.20	9.60	65	9.75	40.00	2.24	2.23	2.03
5	SA-75-30K	100.60	6.10	49	7.65	33.70	1.80	2.95	2.68
6	SA-75-20K	97.50	5.80	51	7.50	38.40	2.14	2.75	2.50
7	PN-81-30K	88.90	7.70	51	8.20	35.40	1.99	3.00	2.73
8	PN-81-20K	90.30	7.10	51	8.45	37.80	1.84	2.90	2.64
9	SA-75	91.60	7.50	51	7.90	33.80	2.05	3.05	2.77
10	PN-81	93.30	8.50	51	8.85	47.10	2.31	3.25	2.95
11	F-44	72.95	6.90	49	7.90	39.70	1.69	2.77	2.52
12	YUAN-039	68.50	5.50	49	7.55	36.20	1.75	2.47	2.25
13	PAVON-76	90.60	6.30	68	9.20	37.50	1.55	1.10	1.00
14	SHOGAT-90	93.40	6.50	61	8.15	37.00	1.59	1.83	1.00
15	WL-711	98.80	6.80	52	8.70	32.40	1.68	2.90	2.64
16	KIRAN-95	97.80	8.30	52	9.65	33.90	1.80	1.90	1.73
17	DWR-162	112.30	8.20	52	9.90	37.90	1.75	1.45	1.32
18	WL-2265	85.20	7.10	62	7.75	41.30	1.98	2.75	2.50
19	DWR-195	82.70	6.30	61	8.55	38.90	1.51	2.93	2.66
20	YUAN-1045	63.00	6.20	51	5.80	35.80	1.75	2.50	2.27
21	WL-2265-20K	81.00	5.30	63	7.60	38.80	1.64	2.90	2.64
22	DWR-162-20K	106.80	6.40	63	8.20	40.80	1.60	2.53	2.30
23	WL-2265-20K	87.50	8.90	63	8.75	50.00	1.73	3.40	3.09
24	DWR-195-30K	102.20	7.20	70	9.80	37.20	2.15	2.57	2.34
25	DWR-195-20K- (Tan Pendek)	95.90	5.90	70	10.05	43.50	2.09	2.43	2.21
26	DWR-195-20K- (Tan Tinggi)	101.20	5.90	60	9.10	32.50	2.03	1.70	1.55

**Keterangan :** 1. Sample diambil masing-masing 10 contoh tanaman. 6. TT = Tinggi tanaman  
 2. JAP = Jumlah anakan produktif 7. BB/M = Berat biji/malai  
 3. UB = Umur berbunga. 8. Hasil = kg/plot  
 4. PM = Panjang malai 9. Luas plot uk. 1 m x 11 m  
 5. JB/M = Jumlah biji/malai 10. Produksi = t/ha

## KESIMPULAN

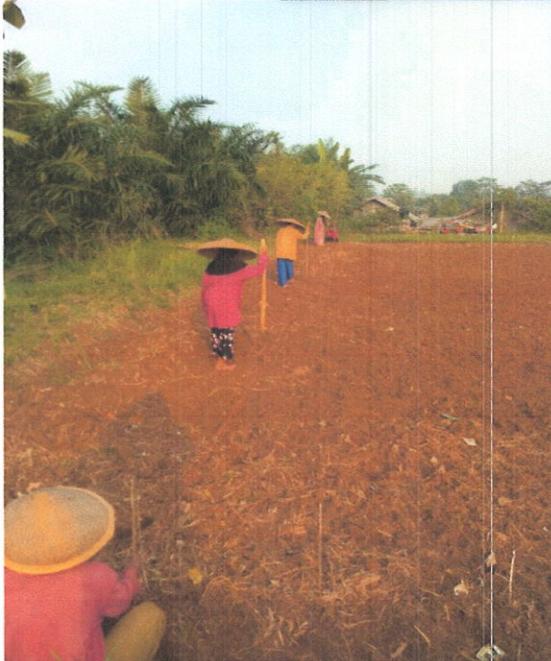
1. Perlakuan radiasi sinar gamma pada dosis 300 Gy, dapat memperluas keragaman genetik dan memperbaiki beberapa sifat tanaman sorgum dan gandum seperti produksi biji, biomassa dan kadar nira batang.
2. Dari 9 galur mutan harapan (*promising mutant lines*) sorgum manis dan galur-galur sorgum pangan, memiliki sifat lebih baik dari pada induknya, sehingga perlu diteliti lebih lanjut.

3. Sorgum pangan telah diperoleh 16 genotipe memiliki produksi tinggi dan batang pendek perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

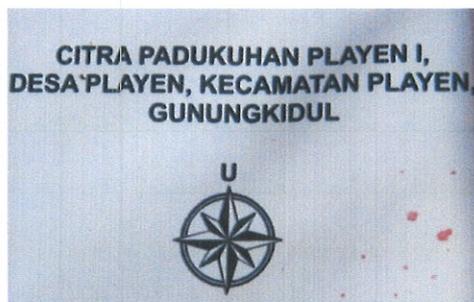
## DAFTAR PUSTAKA

1. NOTOHADIPRAWIRO, T. (1996). Keselamatan sumber daya tanah dalam kebijakan ekonomi di Indonesia *dalam* Khairiyah, K., Ismunandar dan E, Handayanto. 1998. Pengelolaan tanah secara biologi pada lahan kering beriklim basah melalui pendekatan holistic dan spesifik lokasi menuju system pertanian berkelanjutan. Prosid. Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan KOMDA HITI. Hal. 12-25.
2. YUDIARTO, MA., (2006). Pemanfaatan Sorgum sebagai Bahan Baku Bioetanol. B2TP-BPPT Lampung. Hal. 24-36.
3. YUSUF, M. (2002). Hasil penelitian budidaya gandum dan strategi pengembangannya di masa datang. Makalah disajikan dalam Pertemuan Koordinasi Penelitian dan Pengembangan Gandum, Dirjen Bina Produksi Tanaman Pangan, Departemen Pertanian, 3-4 September 2002 di Pasuruan, Jawa Timur. Hal. 9-16.
4. SOERANTO, H., CARKUM, SIHONO, ARWIN, dan PARNO. (2002). Perbaikan varietas tanaman gandum (*Triticum aestivum* L.) melalui pemuliaan mutasi. Prosiding Pertemuan Koordinasi Penelitian dan Pengembangan Gandum, Dirjen Bina Produksi Tanaman Pangan, Departemen Pertanian. Pasuruan, Jawa Timur, 3-4 September 2002.
5. SOERANTO, H., SIHONO dan PARNO. (2006). Perbaikan genetik sorgum melalui program pemuliaan tanaman. Makalah *dalam* Fokus Grup Diskusi "Prospek Sorgum untuk Mendukung Ketahanan Pangan dan Energi". MENRISTEK-BATAN. Serpong, 5 Sept. 2006. Hal. 15-31.
6. SOBRIZAL. (2016). Potensi Pemuliaan Mutasi untuk Perbaikan Varietas Padi Lokal Indonesia. Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi-BATAN. Vol. 12 No. 1. Jakarta. Hal. 23-35.
7. UNIVERSITY OF NEBRASKA LINCOLN, USA, DEPARTEMENT OF AGRONOMY & HORTICULTURE. (2013). Sweet sorghum is a drought-tolerant feedstock with the potential to produce more ethanol. <http://agronomy.unl.edu/sweetsorghum> (diakses Juli 2017). Hal 1-3.

**Gambar 1. Kegiatan penelitian uji adaptasi (UML) sorgum manis di Citayam, Bogor  
Musim Kemarau 2017  
Tanggal tanam: 02 Mei 2017**



**Gambar 2. Kegiatan penelitian uji adaptasi (UML) sorgum manis di Playen, Gunungkidul Yogyakarta  
Musim Kemarau 2017  
Tanggal tanam: 01 Juni 2017**



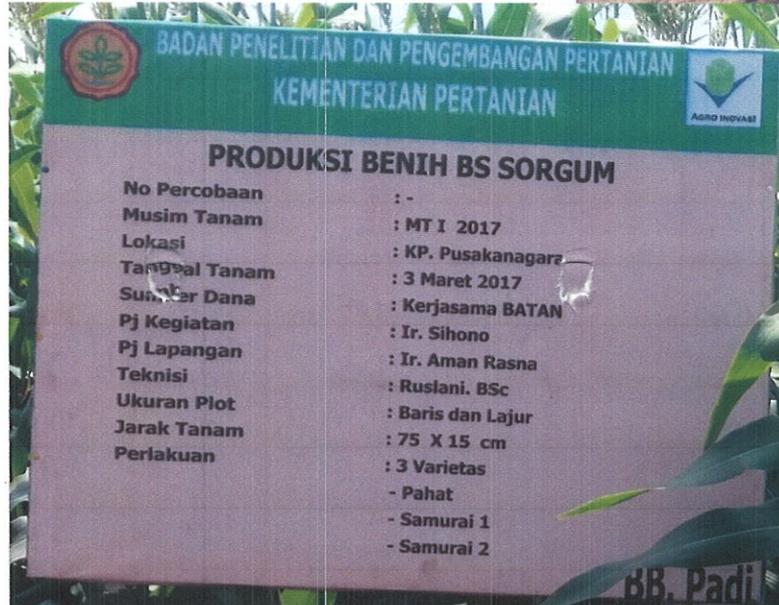
**Gambar 3. Kegiatan penelitian uji daya hasil lanjutan (UDHL) sorgum pangan di Citayam, Bogor Musim Hujan 2016/2017 dan dikunjungi Mitra dan Pemerhati Sorgum Hasil Penelitian BATAN**



**Gambar 4. Kegiatan UML Sorgum Pangan di Tabanan, Bali dan dikunjungi peserta IAEA Meeting**



Gambar 5. Kegiatan penelitian dan perbanyakan benih sorgum varietas Pahat, Samurai 1 dan Samurai 2 di Pusakanagara, Jawa Barat



**Gambar 6. Contoh kegiatan penelitian karakterisasi gandum dan pengujian adaptif di dataran rendah**

