

PROSIDING



Seminar Nasional dan Kongres 2016 **PERHIMPUNAN AGRONOMI INDONESIA** (PERAGI)

"Kemandirian Benih untuk Membangun Kedaulatan Pangan dan Industri"



Bogor, 27 April 2016 IPB International Convention Center (IICC)

MONSANTO



Departemen Agronomi dan Hortikultura
Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga
Bogor, Jawa Barat 16680
Phone/ Fax: 0251 8629353
E-mail: agrohort@ipb.ac.id

Pertanian

ISBN : 978-602-601-080-3



9 786026 010803

Seminar Nasional dan Kongres 2016
PERHIMPUNAN AGRONOMI INDONESIA
(PERAGI)

Seminar Nasional dan Kongres 2016
PERHIMPUNAN AGRONOMI INDONESIA
(PERAGI)

Prosiding Seminar Nasional dan Kongres Perhimpunan Agronomi Indonesia 2016

Ketua Editor:

Dr. Ir. M. Rahmad Suhartanto, M.Si.

Anggota Editor:

Prof. Dr. Muhamad Syukur, S.P., M.Si.
Prof. Dr. Ir. Memen Surahman, MSc.Agr.
Prof. Dr. Ir. Satriyas Ilyas, M.S.
Dr. Ir. Ahmad Junaedi, M.Si.
Dr. Ani Kurniawati, S.P., M.Si.
Siti Marwiyah, S.P., M.Si.
Hafith Furqoni, S.P., M.Si.
Frani Amanda Refra, S.P.

Judul:

Prosiding Seminar Nasional dan Kongres Perhimpunan Agronomi Indonesia 2016

Ketua Editor:

Dr. Ir. M. Rahmad Suhartanto, M.Si.

Anggota Editor:

Prof. Dr. Muhamad Syukur, S.P., M.Si.
Prof. Dr. Ir. Memen Surahman, MSc.Agr.
Prof. Dr. Ir. Satriyas Ilyas, M.S.
Dr. Ir. Ahmad Junaedi, M.Si.
Dr. Ani Kurniawati, S.P., M.Si.
Siti Marwiyah, S.P., M.Si.
Hafith Furqoni, S.P., M.Si.
Frani Amanda Refra, S.P.

Editor Tipografi:

Yoni Elviandri, S.P.
Atika Mayang Sari, S.P.

Desain Sampul:

Syaiful Anwar
Frani Amanda Refra, S.P.

Layout:

Frani Amanda Refra, S.P.
Ardhya Pratama, S.Ikom
Army Trihandi Putra, S.TP.
Muhamad Ade Nurdiansyah

Korektor:

Nopionna Dwi Andari, S.Pi.
Dwi Murti Nastiti, S.Ikom.
Helda Astika Siregar, S.Si.

Jumlah Halaman:

1162+ 20 halaman romawi

Edisi:

Cetakan Pertama, Oktober 2016

Penerbit:

Perhimpunan Agronomi Indonesia

Sekretariat:

Departemen Agronomi dan Hortikultura
Institut Pertanian Bogor
Jl. Meranti, Kampus IPB Dramaga
Bogor, Jawa Barat 16680
Phone/ Fax: 0251 8629353
E-mail: agrohort@ipb.ac.id

ISBN: 978-602-601-080-3

Dicetak oleh percetakan IPB, Bogor - Indonesia
Isi di Luar Tanggung Jawab Percetakan

© 2016, HAK CIPTA DILINDUNGI OLEH UNDANG-UNDANG

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit

Kata Pengantar

Kebutuhan bahan pangan dan industri terus meningkat sejalan dengan bertambahnya jumlah penduduk. Mengandalkan impor pangan dan bahan baku industri untuk memenuhi kebutuhan nasional dinilai sangat berisiko sehingga upaya peningkatan produksi pangan dan industri di dalam negeri perlu menjadi keniscayaan. Indonesia berpeluang besar untuk dapat terus meningkatkan produksi pangan dan industri melalui peningkatan produktivitas, perluasan areal tanam, dan peningkatan indeks pertanaman. Hal ini sesuai dengan sasaran strategis Kementerian Pertanian dalam Kabinet Kerja 2015–2019 yaitu 1) Swasembada padi, jagung, dan kedelai serta peningkatan produksi daging dan gula, 2) Peningkatan diversifikasi pangan, 3) Peningkatan komoditas bernilai tambah, berdaya saing dalam memenuhi pasar ekspor dan substitusi impor, 4) Penyediaan bahan baku bioindustri dan bioenergi, dan 5) Peningkatan pendapatan keluarga petani.

Salah satu strategi dalam upaya mencapai kedaulatan pangan dan industri adalah melalui penyediaan benih bermutu varietas unggul baru yang produktivitasnya tinggi dan sesuai dengan preferensi konsumen. Ketersediaan benih bermutu dengan jumlah yang cukup dan tepat waktu memegang peranan yang sangat penting.

Benih merupakan input utama yang paling penting dan harus ada sebelum melakukan kegiatan usaha di bidang pertanian. Melalui penggunaan benih bermutu, produktivitas tanaman akan meningkat sehingga produksi pangan dan industri nasional berbasis tanaman juga akan meningkat yang pada gilirannya kedaulatan pangan dan industri akan dapat tercapai. Penggunaan benih bermutu juga akan meningkatkan kualitas hasil pertanian sehingga produk pertanian yang dihasilkan memiliki daya saing yang tinggi.

Acara ini dihadiri oleh 136 peserta pemakalah oral, 60 peserta pemakalah poster, 35 peserta umum, dan 20 undangan. Kami ucapkan terima kasih kepada pembicara dan sponsor (PT Monsanto, PT Sentana Adidaya Pratama, PT Croplife, PT Meroke Tetap Jaya, PT Biotis Agrindo, PT BISI, PT Riset Perkebunan Nusantara, PT Rainbow, dan CV Padi Nusantara) karena telah berkontribusi dalam acara Seminar Nasional dan Kongres PERAGI 2016 ini. Pada saat yang sama diselenggarakan Kongres PERAGI dengan agenda utama pergantian dan pemilihan pengurus baru dan laporan pertanggungjawaban pengurus periode sebelumnya. Semoga semua acara bisa berlangsung dengan lancar dan terima kasih atas dukungan semua anggota panitia. Panitia mohon maaf apabila terdapat kekurangan selama penyelenggaraan acara.

Ketua Panitia

Dr. Ir. M. Rahmad Suhartanto, M.Si

Sambutan Ketua Umum PERAGI

Kemandirian perbenihan nasional merupakan salah satu komponen dan kunci utama dalam pencapaian target pembangunan pertanian di Indonesia guna mencapai kedaulatan pangan bagi rakyat Indonesia. Melalui benih kita bisa meningkatkan produksi, mutu, dan standar kualitas produk pertanian, baik dalam sektor perkebunan, hortikultura, maupun tanaman pangan. Telah disadari bahwa bidang perbenihan memegang peranan yang sangat penting dan strategis dalam akselerasi pembangunan pertanian, namun ternyata masih sangat banyak tantangan dan hambatan dalam industri perbenihan nasional. Oleh karena itu, bidang ini perlu mendapatkan perhatian yang lebih baik daripada *stakeholder*, baik pemerintah maupun swasta, terutama dalam mewujudkan kemandirian perbenihan nasional.

Terdapat tiga komponen utama yang diperlukan dalam upaya membangun kemandirian perbenihan di Indonesia, yaitu: pengembangan varietas unggul baru, pengembangan kualitas benih dan aspek penggunaannya, baik dari segi penyebaran maupun pengawasan dan pengendaliannya. Peran peneliti dalam pengembangan varietas dan kualitas benih sangat penting, yaitu melalui inovasi teknologi akan terwujud pengembangan varietas unggul baru dan perbaikan kualitas benih. Namun demikian, kemandirian perbenihan nasional hanya akan terwujud jika pemerintah mampu melindungi dan menciptakan iklim yang kondusif bagi industri perbenihan. Pemerintah harus bisa memberikan kepastian hukum dan kebijakan yang berpihak pada perkembangan industri perbenihan nasional. Kepastian hukum tersebut, bisa berupa pemberian Hak Atas Kekayaan Intelektual (HAKI) bagi para *breeder* atau pemulia, serta kemampuan mengendalikan pemalsuan benih dan peredaran benih ilegal. Selain itu, kebijakan pemerintah yang bisa memberikan insentif bagi kalangan industri benih sayuran dan hortikultura mutlak diperlukan. Selain memberikan insentif, pemerintah juga harus mampu memberikan perlindungan bagi kalangan industri yang berkomitmen tinggi untuk berinvestasi dan mengembangkan perbenihan nasional. Salah satu hal lain yang juga memerlukan kepastian adalah implementasi Undang-Undang No. 29 Th. 2000 tentang Perlindungan Varietas Tanaman. Diharapkan dengan UU No 29 tersebut dapat memberikan kejelasan tentang peran pemerintah dan swasta dalam perbenihan nasional, di mana selama ini sering terlihat pemerintah bersaing dengan swasta dalam produksi dan distribusi benih komersial.

Semoga melalui Seminar Nasional PERAGI ini dapat menghasilkan solusi tentang tantangan dan hambatan serta peluang untuk mewujudkan kemandirian benih nasional sebagai kunci utama dalam pencapaian target pembangunan pertanian di Indonesia guna mencapai kedaulatan pangan bagi rakyat Indonesia. Pada saat yang sama kita juga akan mengadakan Kongres PERAGI dengan agenda utama laporan pertanggungjawaban pengurus dan pemilihan ketua umum dan pembentukan pengurus PERAGI periode selanjutnya. Semoga Seminar Nasional dan Kongres PERAGI 2016 bisa memperkokoh kerja sama kita dalam turut membangun pertanian Indonesia.

Ketua Umum PERAGI

Ir. Achmad Mangga Barani, MM

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Sambutan Ketua Umum PERAGI.....	vii
Daftar Isi.....	viii
Ringkasan Pemakalah Utama.....	1
Start Up Industri Benih Padi IPB 3S untuk Pengembangan Sistem Produksi Padi dalam Mendukung Swasembada Pangan Nasional	
Abdul Qadir.....	1
Peranan PT Sang Hyang Seri (Persero) dalam Kemandirian Benih untuk Mendukung Kedaulatan Pangan di Indonesia	
S Tarigan	2
Peran Swasta dalam Membangun Industri Perbenihan Kelapa Sawit Nasional yang Sehat	
Tony Liwang.....	5
Makalah Oral	
Model Pertanian Perdesaan dan Tingkat Inovasi Teknologi di Aceh	
Abdul Azis, Basri A. Bakar, Rizki Ardiansyah, dan Mehran	8
Seleksi Genotipe Jagung Berkadar Amilopektin dan Padatan Terlarut Total Tinggi untuk Mendukung Diversifikasi Pangan	
Abil Demail, Umi Maryamah, Yuanda P. Harahap, Hafidz A. Basrowi, Dyah P. Anggraeni, dan Willy Bayuardi Suwarno	23
Kajian Penambahan N Melalui KNO₃ terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Varietas Ciherang	
Achmad Gunawan, Arif Muazzam, Ani Mugiasih, dan Wasis Senoaji	32
Uji Orthogonal Kombinasi Pupuk Anorganik-Organik pada Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika (<i>Coffea arabica</i> L.)	
Ade Astri Muliasari, Ade Wachjar, dan Supijatno	37
Pertumbuhan Bibit Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.) Somatic Embriogenesis (SE) pada Beberapa Ukuran Panjang dan Kondisi Perakaran Planlet serta Ukuran Polybag Pasca Aklimatisasi	
Ade Wachjar, Didy Sopandie, dan Martini Aji	47
Produksi Rutin Biji Soba (<i>Fagopyrum esculentum</i> Moench) pada Ketinggian Tempat dan Jarak Tanam yang Berbeda	
Adeleyda M.W Lumingkewas, Yonny Koesmaryono, Sandra A. Aziz, dan Impron	55
Optimasi Produksi dan Mutu Benih Kacang Koro Pedang (<i>Canavalia ensiformis</i> L.) melalui Pengaturan Jarak Tanam	
Adillah Nazir, Tatiek Kartika Suharsi, dan Memen Surahman	60

Teknik Penyimpanan Umbi Bibit Kentang dengan Gudang Terang untuk Meningkatkan Produksi	
Ali Asgar	69
<i>Validation of Applicable Methods for Horticulture Seed Quality Testing</i>	
Amiyarsi Mustika Yukti, Siti Fadhillah, Siti Nurhaeni, Alfin Widiastuti, Tri Susetyo, dan Dewi Taliroso	78
Penyiapan Metode Uji yang Valid sebagai Bahan Kebijakan Pengujian Mutu Benih Tanaman Pangan (Kedelai, Kacang Tanah, dan Koro Pedang)	
Amiyarsi Mustika Yukti, Endang Murwantini, Siti Nurhaeni, Herni Susilowati, Tri Susetyo, dan Dewi Taliroso.....	87
Optimasi Pemanfaatan Lahan Rawa Lebak sebagai Sumber Benih Padi Bermutu untuk Pertanaman Padi Pasang Surut di Sumatera Selatan Melalui Pemberian Pupuk Cair	
Ammar M, M U Harun, Z P Negara, dan F S Sulaiman.....	98
Pengaruh Pencucian Mangga terhadap Kualitas Buah Mangga Gedong Gincu di Cirebon Jawa Barat	
Anindhytia Trioktaviani Prasantyaningtyas, Ketty Suketi, dan Roedhy Poerwanto	105
Respons Pertumbuhan Tanaman Padi Sawah Hingga Stadia R-7 terhadap Pemberian Mangan dan Silika	
Arief Dwi Permana, Paul Benyamin Timotiwu, Niar Nurmauli, dan Agustiansyah.....	115
Pemilihan Tanaman Peneduh Jalan dan Lingkungan di Kalimantan Selatan sebagai Penyerap Polusi Kabut Asap	
Arief Rakhmad Budi Darmawan	128
Morfofisiologi Empat Varietas Padi Beras Merah pada Pemupukan K terhadap Serapan Fe di Lahan Pasang Surut Tipe B	
Asmawati, Andi Wijaya, Dwi Putro Priadi, dan Rujito Agus Suwignyo.....	137
Pemanfaatan Kompos Tandan Sawit pada Pemupukan Tanaman Ganyong di Lahan Sawit Belum Menghasilkan	
Astuti Kurnianingsih dan Lucy Robiartini.....	144
Pemberian Ekstrak Umbi Teki (<i>Cyperus rotundus</i> L.) Berbagai Konsentrasi sebagai Herbisida Hayati pada Budidaya Kedelai (<i>Glycin max</i> L.)	
Ayu Vandira Candra Kusuma, M A Chozin, dan Dwi Guntoro.....	153
Perkembangan Karakter Generatif Kacang Koro Pedang (<i>Canavalia ensiformis</i> L.) pada Perbedaan Kondisi Naungan dan Pemupukan	
Azfani Nelza, Tatiek Kartika Suharsi, dan Memen Surahman	163
Multiplikasi Tunas <i>In vitro</i> Satoimo (<i>Colocasia esculenta</i> (L) Scott var <i>antiquorum</i>) pada Media MS dengan Penambahan 2iP, Glutamin, GA3, BAP, dan NAA	
Delvi Maretta, Lukita Devy, Sulastri, dan Armelia Tanjung.....	173

Aplikasi <i>Methylobacterium</i> sp. pada Perbanyakkan Klonal <i>Phalaenopsis</i> ‘Puspa Tiara Kencana’ secara <i>in vitro</i>	
Dewi Pramanik, Fitri Rachmawati, dan Debora Herlina.....	179
Keragaan Tanaman <i>Coleus amboinicus</i> Lour. Akibat Aplikasi <i>Ethyl Methane Sulphonate</i> (EMS)	
Dia Novita Sari, Syarifah Iis Aisyah, M. Rizal M. Damanik.....	189
Penataan Benih Tebu: Jalan Menuju Peningkatan Gula Nasional	
Diana Ariyani, Hermono Budhisantosa, dan Trikuntari Dianpratiwi.....	198
Efektivitas Pupuk Nitrogen dan Tinggi Pemotongan Tunggul terhadap Produksi dan Mutu Benih Padi (<i>Oryza sativa</i> L.) dengan Metode SALIBU (Setelah Ibu)	
Dwi Rahmawati, M. Bintoro, dan Herman Estu.....	207
Kajian Ketahanan terhadap Cekaman Kekeringan pada Beberapa Varietas Padi Beras Hitam	
Edi Purwanto, Samyuni, dan Supriyadi.....	218
Assesmen Keragaman Morfologi Iles-iles (<i>Amorphophallus muelleri</i> Blume) untuk Perbaikan Produksi	
Edi Santosa, Adolf Pieter Lontoh, Ani Kurniawati, Maryati Sari, dan Nobuo Sugiyama.....	224
Produktivitas Ubi Kayu yang Ditanam Monokultur dan Tumpangsari dengan Sorghum pada Dua Lokasi	
Eko Abadi Novrimansyah, Erwin Yuliadi, Kuswanta FH, dan M Kamal.....	234
Mutu Benih dan Pertumbuhan Bibit Tanaman Malapari (<i>Pongamia pinnata</i> (L.) Pierre) dari Taman Nasional Ujung Kulon dan Kebun Raya Bogor	
Endah Retno Palupi, Abdul Sabur, Endang Murniati	241
Pertumbuhan Bibit Pisang (<i>Musa</i> spp.) dengan Kepekatan N Berbeda pada Sistem Hidroponik Substrat	
Endang S. Muliawati, Retna B. Arniputri, MTh. S. Budiastuti, dan Luksmi T. Dewi	249
Teknologi <i>Biomatriconditioning</i> Umbi untuk Perbaikan Daya Tumbuh Benih Bawang Merah di Lahan Pasir Pantai	
Endang Sulistyaningsih, Stefany Darsan, dan Arif Wibowo	255
Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Gandum (<i>Triticum aestivum</i> L.) yang Diberi Giberelin dan Pengaturan Jarak Tanam di Dataran Medium pada Dua Musim yang Berbeda	
Fiky Y. Wicaksono, Tati Nurmala, dan Aep W. Irwan.....	262
Pengaruh Waktu Tanam dan Giberelin terhadap Pembungaan Bawang Merah dan Produksi TSS (<i>True Shallot Seed</i>)	
Gina A. Sopha, Winarso W. Widodo, Roedhy Poerwanto, dan Endah R. Palupi.....	272
Keragaan Beberapa Varietas Padi terhadap Cekaman Rendaman di Berbagai Kondisi Kekeringan Air	
Gribaldi, Nurlaili, dan A. Saputra	281

Analisis Implementasi ISPO (<i>Indonesian Sustainable Palm Oil</i>) dalam Pemenuhan Legalitas Lahan dan Pengelolaan Lingkungan di Perkebunan Kelapa Sawit Batu Ampar Estate	
Hariyadi, Thohari M, dan Rachmawati N D.....	289
Pengaruh Pemberian Naungan terhadap Aklimatisasi Planlet Stroberi Varietas Dorit dan Varietas Lokal Berastagi	
Hasim Ashari	299
Penerapan Pupuk Urea pada Tumpangsari Jagung “<i>Double Row</i>” dan Kacang Tanah di Musim Kemarau	
Herawati Hamim, Niar Nurmauli, Paul B. Timotiwu, dan Margaretha S. Gadmor.....	307
Produktivitas Kedelai Hitam (<i>Glycine soja</i>) pada Sistem Budidaya Jenuh Air dengan Penggunaan Amelioran dan Kedalaman Muka Air pada Tanah Mireral Bergambut Lahan Pasang Surut	
Hesti Pujiwati, Munif Ghulamahdi, Sudirman Yahya, Sandra Arifin Aziz, dan Oteng Haridjaja	313
Aplikasi Pupuk Hayati Diperkaya Pupuk NPK Anorganik untuk Tanaman Kedelai (<i>Glycine max</i> L. Merril) pada Lahan Kering Suboptimal	
Iin Siti Aminah, Neni Marlina, dan Rosmiah.....	322
Aplikasi Naungan dan Pemberian Pupuk pada Pertumbuhan Bibit Tiga Jenis Tanaman Buah	
Indriani Ekasari.....	329
Stabilitas Hasil dan Adaptabilitas Galur Padi Aromatik Menggunakan Metode Additive Main Effect Multiplicative Interaction (AMMI)	
Intan Gilang Cempaka dan Sri Rustini	338
Respons Tanaman Teh (<i>Camellia sinensis</i> (L.) O.Kuntze) Belum Menghasilkan terhadap Pemberian Bahan Organik di Dataran Rendah	
Intan Ratna Dewi A., Santi Rosniawaty, Cucu Suherman, dan Yudithia Maxiselly	344
Modifikasi Tanaman sebagai Upaya Meningkatkan Produksi Jagung Manis (<i>Zea mays</i> var. <i>Saccharata</i> Stuart)	
Johannes EX Rogi, Agus M Sumajow, dan Selvie G Tumbelaka	353
Induksi Kalus pada Daun Klabet (<i>Trigonella foenum graecum</i> L) secara <i>In Vitro</i>	
Juwartina Ida Royani	358
Respon Petani terhadap Pengenalan Teknologi Perbenihan Bawang Merah Menggunakan <i>True Shallot Seed</i> (TSS) dan Umbi Mini melalui Demplot di Kabupaten Enrekang, Sulawesi Selatan	
Kiloes AM, Hilman Y, dan Rosliani R.	365
Keragaan Beberapa Kandidat Genotipe Sorgum sebagai Penghasil Biomasa	
Kukuh Setiawan, M. Kamal, M. Syamsoel Hadi, Sungkono, dan Ibnu Maulana.....	373
Karakterisasi Morfologi dan Produksi Beberapa Klon Kakao Unggulan (<i>Theobroma cacao</i> L.) di Kecamatan Bupon Kabupaten Luwu	
Laode Asrul, Muhammad Shaifullah Sasmono, dan Nursia.....	381

Analisis Produktivitas Kerja Pemanen Kelapa Sawit dan Faktor yang Memengaruhi di Kebun Cikasungka PT Perkebunan Nusantara VIII (Persero)	
Lili Dahliani dan Rosyda Dianah	392
Pemanfaatan Marka RAPD untuk Identifikasi Keragaman Genetik pada Klon Kelapa Sawit	
Lollie Agustina P. Putri, M. Basyuni, Eva S. Bayu, Arnen Pasaribu, dan Ana Simbolon	400
Pengaruh Inokulasi Campuran Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Indigenus Riau terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (<i>Glycine Max</i> L. Merr)	
Lufta Nur Alfiah, Delita Zul, dan Nelvia	405
Evaluasi Vegetatif dan Generatif beberapa Genotipe Sorgum [<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench] di Lahan Kering	
M. Syamsoel Hadi, Muhammad Kamal, Kukuh Setiawan, Arif Kurniawan, dan Zaki Purnawan.....	414
Studi Hara Tanah di Dataran Banjir pada Sifat Kimia Tanah untuk Pengembangan Pertanian Pangan Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi	
M. Syarif.....	422
Perkembangan Teknologi Produksi Benih dan Kearifan Lokal Masyarakat dalam Meningkatkan Mutu Benih Bawang Lokal Palu	
Maemunah, Abd. Hadid, Iskandar Lapanjang, Nurhayati, Ramal Yusuf, Mirni Ulfa	432
Produksi Kedelai Organik dengan Perbedaan Dosis Pupuk dan Fungi Mikoriza Arbuskula	
Maya Melati, Try Ayu Handayani, dan Arum Sekar Wulandari.....	443
Produksi Benih G0 Kentang (<i>Solanum Tuberosum</i> L.) pada Berbagai Konsentrasi dan Waktu Aplikasi Giberilin	
Meksy Dianawati, Endjang Sujitno, dan Atin Yulyatin	453
Seleksi Genotif Populasi Hasil Silang Balik Bc₂f₁ Padi Lokal Rawa Lebak Tahan Rendaman	
Mery Hasmeda, Rujito A Suwignyo, dan James Sihombing.....	459
Partisipasi Anggota Kelompok Wanita Tani dalam Pemanfaatan Lahan Pekarangan Kegiatan Model Kawasan Rumah Pangan Lestari (M-KRPL) (Kasus Kelompok Wanita Tani Anggrek di Desa Babakan Kabupaten Bogor)	
Mirza, Riski Rosadillah, Siti Amanah, Prabowo Tjitropranoto, dan Sri Harjati.....	472
Perbedaan Respon Induksi Fotosintesis beberapa Kultivar Kedelai [<i>Glycine max</i> (L.) Merr.] pada Kondisi Fluktuasi Cahaya	
Mochamad Arief Soleh, Yu Tanaka, dan Tatsuhiko Shiraiwa.....	480
Induksi dan Multiplikasi Tunas Talas Jepang (<i>Colocasia Esculenta</i> (L.)Schott var. <i>antiquorum</i>) secara <i>In Vitro</i>: Pengaruh Ekstrak Ragi dan 6-Benzylaminopurine	
Muhammad Faris Indratmo, Karyanti, dan Reni Indrayanti	485

Penerapan Teknologi Budi Daya Hortikultura Spesifik Lahan Gambut di Desa Sering, Kec. Kerinci, Kab. Pelalawan, Provinsi Riau	
Muhammad Rahmad Suhartanto, Yohanes Aris Purwanto, Naekman Naibaho, dan Adiwirman	493
Pengaruh Olah Tanah, Rotasi Kacang Tunggak, Pupuk Kandang dan Biochar terhadap Kesuburan Tanah, Pertumbuhan, dan Hasil Jagung (<i>Zea Mays</i> L)	
Munandar, Santoso, A.Haryono, Renih Hayati, dan A.Kurnianingsih	502
Pengaruh Waktu Aplikasi dan Pemberian PEG terhadap Produksi Karet (<i>Hevea Brasiliensis</i> Muell. Arg) pada Klon Pb 260	
Murni Sari Rahayu, Luthfi A.M. Siregar, Edison Purba, dan Radite Tistama.....	511
Aplikasi Biochar untuk Peningkatan Produktivitas Jagung dan Ketersediaan Air Tanah di Lahan Kering Iklim Kering, Desa Oebola, Kupang	
Neneng L. Nurida, A. Dariah dan Sutono	518
Pengaruh Pupuk Organik Hayati terhadap C/N Ratio, N, P dan K, serta Produksi Padi (<i>Oryza Sativa</i> L.) di Tanah Pasang Surut	
Neni Marlina, Asmawati, Fitri Yetty Zairani dan Syamby Rivai.....	526
Penerapan Pupuk NPK pada Stadia R1 dan R3 untuk Meningkatkan Hasil Tanaman Kedelai	
Niar Nurmauli dan Yayuk Nurmiaty	533
Peningkatan Kandungan Amilopektin Jagung Lokal Manokwari pada Generasi BC2 (BC1 x Pulut)	
Nouke L. Mawikere, Amelia S. Sarungallo, Imam Widodo, dan L. Mehue.....	541
Korelasi Kadar N, P, K Daun, Bobot Daun, dan Produksi Fitokimia Daun Kemuning (<i>Murraya paniculata</i> (L.) Jack) akibat Pemberian Pupuk Organik	
Rahmi Taufika, Sandra Arifin Aziz, dan Maya Melati	548
Potensi Pengembangan Ubi Jalar Lokal Lampung Berumur Genjah dalam Mendukung Program Diversifikasi Pangan	
Ratna Dewi dan Hasan Basri.....	559
Produksi Bibit Pisang Raja Bulu Kuning Melalui Kultur Jaringan	
Retna Bandriyati Arniputri, Endang Setia Muliawati, dan Muchlis Hamidi.....	565
Kemandirian Benih Padi: Analisis Disparitas (<i>Gap</i>) Kebutuhan dan Ketersediaan	
Rini Dwiastuti	572
Inisiasi Produksi Benih Padi dengan Sistem Jabalsim Berbasis Kelompok Tani pada Agroekosistem Lahan Rawa Lebak dan Pasang Surut di Sumatera Selatan	
Rujito Agus Suwignyo, Firdaus Sulaiman, dan Zaidan P. Negara.....	585
Seleksi Varietas Padi Unggul Tahan Kekeringan untuk Adaptasi Strategis Perubahan Iklim di Wilayah Dataran Medium	
Ruminta.....	594

Produksi Sayur Fungsional Dandang Gendis (<i>Clinacanthus nutans</i>) dengan Jumlah Buku Stek dan Pemberian Pupuk Kandang	
Sandra Arifin Aziz	602
Pemurnian Genetik dan Produksi Benih Jagung Manado Kuning	
Semuel D. Runtunuwu, Yefta Pamandungan, dan Selvie Tumbelaka.....	610
Kajian Aplikasi GA3 terhadap Pertumbuhan dan Hasil Benih Kedelai Hitam pada Kondisi Kelebihan Air	
Setyastuti Purwanti	619
Analisis Korelasi dan Analisis Lintas pada Dua Generasi Kacang Tanah	
Siti Nurhidayah, Yudiwanti Wahyu, Willy Bayuardi Suwarno	627
Pertumbuhan dan Hasil Tiga Kultivar Wijen (<i>Sesamum indicum</i> L.) pada Empat Takaran Vinase ditanah Pasir Pantai	
Sri Muhartini, Deni Welfin, dan Budiastuti Kurniasih.....	635
Efektivitas Cendawan Mikoriza Arbuskula pada <i>Coating</i> Benih Selama Penyimpanan dan Serapan Hara P Tanaman Jagung Manis	
Sulistiana Nengsih Purnama Putri, Eny Widajati dan Yenni Bakhtiar.....	646
Respons Benih Kedelai Terdeteriorasi terhadap Aplikasi Pelapisan Benih	
Sumadi, Meddy Rachmadi dan Erni Suminar	653
Perbaikan Karakter Komponen Hasil Tomat di Dataran Rendah Melalui Induksi Mutasi	
Surjono Hadi Sutjahjo, Siti Marwiyah, Kikin Hamzah Muttaqin, dan Luluk Prihastuti Ekowahyuni.....	662
Peran <i>Bio Seedtreatment</i> dan Pupuk Hayati terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi serta Dinamika Investasi Gulma pada Tanaman Padi Sawah	
Suryadiyansyah dan Dwi Guntoro	670
Studi Perbanyakan Cepat pada Ubi Kayu (<i>Manihot Esculenta</i> Crantz.) dengan Stek Muda	
Suwarto dan Ayu Puspitaningrum.....	679
Keragaan Varietas Kedelai Akibat Perbedaan Tekanan Osmosis secara <i>In Vitro</i> (Fase Perkecambahan)	
Try Zulchi dan Ali Husni	685
Serapan Hara Tanaman Jagung dengan Berbagai Aplikasi Kompos Kotoran Hewan (Kohe) pada Tanah <i>Typic Kanhapludult</i> di Lahan Kering Sub Optimal	
Umi Haryati, Maswar dan Yoyo Soelaeman	691
Evaluasi Karakter Produksi dan Pengelompokan 21 Genotipe Buncis	
Undang, Siti Marwiyah, Sobir, dan Awang Maharijaya.....	706

Potensi dan Kendala Produksi Jagung pada Beberapa Tipe Agroklimat Gorontalo Berdasarkan Model Simulasi Tanaman

Wawan Pembengo, Nurdin, dan Fauzan Zakaria 715

Produksi Benih Umbi Mini Asal Benih Biji Botani Bawang Merah (*True Shallot Seed=Tss*) pada Berbagai Varietas dan Cara Persemaian

Yati Haryati, Atin Yulyatin, dan Meksy Dianawati..... 727

Produksi dan Fisiologis Kedelai dengan Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskular dan Konsorsium Mikroba

Yaya Hasanah, Asil Barus dan Dini Oktaviani..... 732

Anatomi dan Produksi Klon Bpm 1 dengan Berbagai Sistem Eksploitasi

Yayuk Purwaningrum, JA Napitupulu, Chairani Hanum, dan THS Siregar 740

Penyebaran dan Produksi Benih Inbrida Padi Irigasi (Inpari) dalam Mendukung Kemandirian Benih

Yuliana S., Windiyani H., Untung S., dan Nani Herawati..... 747

Pengujian Beberapa Varietas Sereh Wangi di Lahan Kritis Akibat Perubahan Iklim

Yusniwati, Aswaldi Anwar, dan Yummama Karmaita..... 754

Makalah Poster

Potensi dan Strategi Pengembangan Budidaya Kacang Tanah pada Lahan Kering di Kalimantan Timur

Afrilia Tri Widyawati 760

Budidaya dan Karakterisasi Umbi Minor sebagai Pangan Alternatif

Afrilia Tri Widyawati 766

Manfaat Pupuk Cair Silika terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bibit Bawang Merah (*Alium cepa*) Varietas Maja dan Bima

Agustina E Marpaung, Bina Karo, Gina A Sopha, dan Susilawati Barus..... 775

Uji Daya Hasil Pendahuluan Galur Padi Unggul Harapan Tahan Virus Tungro di Pinrang (Sulawesi Selatan) dan Polman (Sulawesi Barat)

Arif Muazam, Ema Komala S, dan Achmad Gunawan 784

Penggunaan Benih Bawang Merah Petani Brebes

Asma Sembiring..... 791

Kemitraan Penyediaan Benih Bawang Merah (Studi Kasus Kemitraan Balai Penelitian Tanaman Sayuran dengan Penangkar dan Petani Bawang Merah di Jawa Barat dan Jawa Tengah)

Asma Sembiring dan Gunung Wiguna..... 798

Peranan Mikoriza terhadap Serapan P dan Perbaikan Kualitas Bibit Panili (*Vanilla planifolia* A.)

Asmawati, Baso Darwisah, dan Syatrawati 806

Potensi dan Kendala Produksi Jagung pada Beberapa Tipe Agroklimat Gorontalo Berdasarkan Model Simulasi Tanaman

Wawan Pembengo^{1*}, Nurdin², Fauzan Zakaria³

¹Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo
(Gorontalo State University), Jl Jend Sudirman No 6 Kota Gorontalo 96128 Propinsi Gorontalo,
Indonesia

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo
(Gorontalo State University), Jl Jend Sudirman No 6 Kota Gorontalo 96128 Propinsi Gorontalo,
Indonesia

³Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo
(Gorontalo State University), Jl Jend Sudirman No 6 Kota Gorontalo 96128 Propinsi Gorontalo,
Indonesia

*Penulis untuk korespondensi, email : wawanpembengo@yahoo.com

ABSTRACT

Agronomic research to determine the effect of one or a combination of growth factors has been carried out with the statistical models are limited to a certain time and place. To reduce these difficulties, an alternative approach is modeling that for the process and the prediction ekofisiologis growth and crop production. This study aims to determine the potential and constraints of maize production in several types of agroclimatic Gorontalo and choose the type of agroclimate suitable for the development of corn. This study was conducted in August 2012 until November 2012 at the site Bone Bolango (Type E1). This study uses the system analyzes supported field trials. The simulation was performed using the model Shierary. Experimental plots divided draft prepared consisting of 3 replicates. Fertilizer treatment (N) placed as the main plot and varieties as sub plots. Fertilizer treatment consisted of 4 levels 0, 100, 200 and 300 kgNha⁻¹. Treatment of a variety of plant are Pioneer and Arjuna varieties. Parameters were observed consisting of plant height, dry weight of plant organs, specific leaf area (SLA), leaf area index (LAI), extinction coefficient (k), the development of the plant(s), field capacity and permanent wilting point, soil moisture content, and soil fertility. Maize production potential and constraints at the site representing some type of agroclimate in Gorontalo, differ depending on climatic conditions, especially rainfall and long irradiation. Bone Bolango sites with a sites type E1 agroclimate suitable for the development of corn plants which produce a peak production of 6.524 ton ha⁻¹ at planting time of 1 February, the use of varieties with Arjuna harvest 103 days.

Keywords : Corn, Crop model, Type of agroclimate

ABSTRAK

Penelitian agronomi untuk mengetahui pengaruh dari satu atau kombinasi faktor pertumbuhan selama ini dilakukan dengan model statistika yang terbatas pada waktu dan tempat tertentu. Untuk mengurangi tingkat kesulitan tersebut, pemodelan menjadi alternatif pendekatan baik proses ekofisiologis maupun prediksi pertumbuhan dan produksi tanaman. Penelitian ini bertujuan mengetahui potensi dan kendala produksi jagung pada beberapa tipe agroklimat Gorontalo dan memilih tipe agroklimat yang sesuai

untuk pengembangan jagung. Penelitian ini dilaksanakan bulan Agustus 2012 sampai November 2012 pada tapak Bone Bolango (Tipe E1). Penelitian ini menggunakan metode analisis sistem yang didukung percobaan lapang. Simulasi dilakukan menggunakan model *Shierary*. Percobaan disusun dengan rancangan petak terbagi yang terdiri atas 3 ulangan. Perlakuan pupuk (dosis N) ditempatkan sebagai petak utama dan varietas sebagai anak petak. Perlakuan pupuk terdiri atas 4 taraf yakni 0, 100, 200 dan 300 kg N ha⁻¹. Perlakuan varietas tanaman berupa Varietas Jagung Arjuna dan varietas Pioneer. Parameter yang diamati terdiri dari tinggi tanaman, bobot kering organ tanaman, luas daun spesifik (SLA), Indeks luas daun (ILD), koefisien pepadaman (k), perkembangan tanaman (s), kapasitas lapang dan titik layu permanen, kadar air tanah, dan kesuburan tanah. Potensi dan kendala produksi jagung pada beberapa tapak yang mewakili tipe agroklimat di Gorontalo, berbeda tergantung kondisi iklimnya terutama curah hujan dan lama penyinaran. Tapak Bone Bolango dengan tipe agroklimat E1 merupakan tapak yang sesuai untuk pengembangan tanaman jagung dimana menghasilkan produksi tertinggi sebesar 6,524 ton per ha pada waktu tanam 1 Februari yang menggunakan varietas Arjuna dengan umur panen 103 hari.

Kata kunci : Jagung, Model tanaman, Tipe agroklimat

PENDAHULUAN

Produksi jagung di Provinsi Gorontalo tahun 2007 hingga 2011 fluktuatif (naik turun) dimana tertinggi pada tahun 2008 sebesar 753.598 ton dan terendah tahun 2011 yakni sebesar 605.781 ton (Dinas Pertanian propinsi Gorontalo 2012). Instabilitas produksi ini disebabkan oleh banyak faktor diantaranya iklim yang cenderung tidak menentu, dimana hal ini ditandai dengan pergeseran musim baik musim hujan dan kemarau. Kiniry *et al.* (2004) mengemukakan bahwa akurasi prediksi potensi produksi jagung (biji) oleh model simulasi tanaman ditentukan oleh pengaruh fluktuatif faktor lingkungan atau kondisi iklim seperti proses intersepsi cahaya oleh tajuk, distribusi biomassa karena pasokan ketersediaan air dan nutrisi (hara). Yang *et al.* (2004) menyatakan bahwa model simulasi tanaman merupakan representasi dari proses kalkulasi pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang dipengaruhi oleh interaksi antara lingkungan (iklim), genotip (varietas) dan pengelolaan tanaman.

Suwarto (2005) menghasilkan pengukuran di lapang dan prediksi melalui model simulasi produksi jagung yang ditumpangsarikan dengan ubi kayu pada tingkat kepercayaan 95%. Artinya, pemodelan pertumbuhan yang dibangun dapat digunakan untuk memprediksi produksi dengan tingkat kepercayaan yang tinggi. Oleh karena itu, aplikasi model ini dapat dipergunakan dalam perencanaan di wilayah pengembangan baik skala nasional, regional bahkan lebih luas (Djufray 2005 ; Rusmayadi 2009). Berdasarkan pemahaman di atas maka perlu kajian dan analisis untuk mengetahui potensi dan kendala produksi jagung pada beberapa tipe agroklimat propinsi Gorontalo dan memilih tipe agroklimat yang sesuai untuk pengembangan jagung di provinsi Gorontalo.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Agustus 2012 sampai bulan November 2012 pada beberapa tipe agroklimat Provinsi Gorontalo dengan spesifik tapak penelitian, yaitu tapak Bone Bolango (Tipe Agroklimat C2), tapak Limboto (Tipe Agroklimat E1), tapak Kwandang (Tipe Agroklimat E1), tapak Marisa (Tipe Agroklimat C1). Data primer (data lapang) berupa data hasil percobaan lapang dari salah satu tapak di propinsi Gorontalo yang meliputi waktu pencapaian setiap fase perkembangan, varietas jagung, jarak tanam, pemupukan, biomassa total (akar, batang, daun), produksi tongkol, data unsur-unsur cuaca selama percobaan lapang. Data sekunder berupa data iklim selama 5 tahun dari masing-masing tapak yang mewakili tipe agroklimat propinsi Gorontalo meliputi curah hujan, radiasi surya, suhu udara maksimum dan minimum, lama penyinaran, kelembaban udara dan kecepatan angin. Data penunjang berupa peta administrasi, peta zone agroklimat. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni Alat pengukur curah hujan tipe observatorium, illuminance meter TL-1 untuk mengukur radiasi datang, bor belgi, ring sample, timbangan digital dan oven dan alat tulis menulis.

Penelitian ini menggunakan metode analisis sistem atau model simulasi tanaman yang didukung percobaan lapang. Simulasi dilakukan terhadap produksi tanaman jagung dengan menggunakan model *Shierary* yang dikembangkan oleh Handoko tahun 1992 (Handoko 1994). Tahapan kegiatan penelitian meliputi pengumpulan data aktual jagung yang dikumpulkan dari tapak penelitian. Percobaan disusun dengan rancangan percobaan *Split Plot Design* (Petak Terbagi) yang terdiri atas 3 ulangan. Perlakuan pupuk (dosis N) ditempatkan sebagai petak utama (PU) dan varietas sebagai anak petak (AP). Perlakuan pupuk (dosis N) terdiri atas 4 taraf yakni 0, 100, 200 dan 300 kg N/ha⁻¹. Perlakuan varietas tanaman jagung yakni varietas Arjuna (V1) dan varietas Pioneer (V2). Waktu tanam yakni 2 September 2012, 9 September 2012 dan 16 September 2012.

Model ini mempunyai resolusi harian, sehingga diperlukan masukan berupa data cuaca harian meliputi radiasi surya, curah hujan, suhu udara maksimum dan minimum, kelembaban udara, serta kecepatan angin.

Dalam garis besarnya, model terdiri atas tiga sub model, yaitu :

1. Sub model perkembangan tanaman
2. Sub model pertumbuhan tanaman
3. Sub model neraca air

Sub-Model Perkembangan

Laju perkembangan dari masing-masing kejadian fenologi didekati dengan konsep thermal unit mengasumsikan faktor panjang hari tidak berpengaruh. Laju perkembangan tanaman berbanding lurus dengan suhu rata-rata (T_r) di atas suhu dasar tanaman (T_b). Laju perkembangan tanaman terjadi bila suhu rata-rata harian (T_r) melebihi suhu dasar (T_b). Bentuk hubungan antara fase perkembangan tanaman (s) dengan suhu rata-rata harian dapat dituliskan sebagai berikut (Handoko 1994) :

$$s = \frac{\sum(T_r - T_b)}{TU} \text{ atau } ds = \frac{(T_r - T_b)}{T_b}$$

$$T_r > T_b \quad T_r \leq T_b \quad ds = 0$$

Dimana : TU = Thermal Unit (°C)

T_{r_i} = Suhu rata-rata harian hari ke- i ; $i = 1, 2, 3 \dots t$ (°C)

T_b = Suhu dasar tanaman (°C)

s = Fase perkembangan tanaman

Kejadian fenologi tanaman jagung dari saat tanam sampai panen di atas diberikan skala 0–1. Nilai $s = 0$ untuk saat tanam; nilai s untuk tanam, berturut adalah :

S = 0	S = 0.25	S = 0.5	S = 0.75	S = 1.00
Tanam	Emergence	Tan Muda	Tasselling	Panen

Sub-Model Pertumbuhan

Sub model pertumbuhan mensimulasi aliran biomassa hasil fotosintesis kepada organ-organ tanaman (daun, batang, akar) dan kehilangannya berupa respirasi. Sub model ini menghitung penambahan biomassa berdasarkan jumlah intersepsi radiasi surya dan ketersediaan air tanaman. Disamping itu mensimulasi perkembangan luas daun untuk menduga indeks luas daun (ILD).

Produksi biomassa potensial dihitung berdasarkan efisiensi penggunaan radiasi surya yang diintersepsi tajuk tanaman. Nilai efisiensi penggunaan radiasi (LUE) diperhitungkan sebagai hasil pembagian peningkatan bruto jumlah bahan kering yang diproduksi pada periode waktu tertentu dengan jumlah energi cahaya yang diintersepsi kanopi dalam periode waktu yang sama. Besarnya radiasi surya yang diintersepsi dihitung berdasarkan Hukum Beer yakni (Handoko 1994):

$$Q_{int} = (1 - \tau) Q_s$$

$$\tau = e^{-kILD}$$

$$Q_{int} = (1 - e^{-kILD}) Q_s$$

Dimana :

Q_{int} = radiasi intersepsi ($MJm^{-2}hari^{-1}$)

Q_s = radiasi surya di atas tajuk tanaman atau yang terukur di stasiun klimatologi ($MJm^{-2}hari^{-1}$)

τ = proporsi radiasi surya yang ditransmisikan oleh tajuk tanaman

k = koefisien pepadaman tajuk tanaman

e = bilangan dasar logaritma (2,7183)

ILD = Indeks luas daun

Perhitungan produksi biomassa potensial (B_p) (Handoko, 1994):

$$B_p = LUE \times Q_{int}$$

$$B_p = LUE \times (1 - e^{-kILD}) \times Q_s$$

Dimana :

B_p = produksi biomassa potensial ($kg Ha^{-1} hari^{-1}$)

LUE = efisiensi penggunaan cahaya ($kg MJ^{-1}$)

Pada simulasi produksi biomassa aktual (B_a) mempertimbangkan faktor ketersediaan air (wdf) dan biomassa potensial (B_p).

Perhitungan produksi biomassa aktual (Handoko, 1994) :

$$B_a = wdf \times B_p$$

$$wdf = \frac{T_a}{T_m}$$

Dimana :

B_a = produksi biomassa aktual ($kg Ha^{-1} hari^{-1}$)

wdf = faktor ketersediaan air

T_a = transpirasi aktual

T_m = transpirasi maksimum

Produksi biomassa aktual ditranslokasikan ke daun, batang, akar. Perbandingannya bervariasi tergantung fase perkembangan tanaman (s). Sebagian dari biomassa masing-masing organ digunakan dalam proses respirasi. Penambahan massa masing-masing organ (x) dihitung dari selisih antara alokasi bahan kering ke organ tanaman dan hilang melalui proses respirasi pertumbuhan (R_g) dan respirasi pemeliharaan (R_m) yang dihitung berdasarkan suhu udara dan massa masing-masing organ sebagai berikut (Handoko, 1994) :

$$dW_x = \eta_x \times (B_a - R_g - R_m)$$

$$dW_x = \eta_x \times [(B_a - (1 - kg)) - (km \times W_x \times Q_{10})]$$

$$Q_{10} = 2^{(T-20)/10}$$

$$Rm_x = km \times W_x \times Q_{10}$$

Dimana :

dW_x = penambahan massa organ x ($kg Ha^{-1}hari^{-1}$)

η_x = proporsi biomassa dialokasikan ke organ x (daun, batang, akar)

B_a = produksi biomassa aktual ($kg Ha^{-1} hari^{-1}$)

- Rg = respirasi pertumbuhan ($\text{kg Ha}^{-1}\text{hari}^{-1}$)
 Rm = respirasi pemeliharaan ($\text{kg Ha}^{-1}\text{hari}^{-1}$)
 kg = koefisien respirasi pertumbuhan
 km = koefisien respirasi pemeliharaan
 W_x = massa organ x (kg Ha^{-1})
 T = temperatur udara
 Q_{10} = kuosien temperatur

Produksi biomassa yang dialokasikan pada masing-masing organ (η_x) yang dihitung berdasarkan fungsi fase perkembangan tanaman. Pada awal pertumbuhan, produksi biomassa hanya dialokasikan ke daun, batang dan akar dengan alokasi terbanyak pada daun. Indeks luas daun (ILD) merupakan fungsi dari parameter luas daun spesifik (SLA) dan laju perubahan massa daun (dW_L). Perubahan ILD (dILD) dihitung dengan persamaan berikut (Handoko, 1994) :

$$dILD = SLA \times dW_L$$

Dimana :

- dILD = perubahan indeks luas daun
 SLA = luas daun spesifik (Ha kg^{-1})
 dW_L = perubahan massa daun ($\text{kg Ha}^{-1}\text{hari}^{-1}$)

Sub-Model Neraca Air

Sub model neraca air mensimulasi komponen-komponen neraca air seperti :

1. Intersepsi air hujan oleh tajuk tanaman
2. Infiltrasi dan perkolasi
3. Evapotranspirasi potensial

Parameter yang diperlukan meliputi sifat fisik tanah seperti kapasitas lapang, titik layu permanen dan parameter penguapan. Penggunaan air oleh tanaman dihitung dari jumlah evaporasi dan transpirasi aktual.

Intersepsi air hujan oleh tajuk tanaman

Jumlah air yang ditersepsi air hujan oleh tajuk tanaman (I_c) tergantung dari curah hujan (P) dan indeks luas daun sebagai berikut :

$$I_c = \min(ILD, P) \quad 0 \leq ILD \leq 3$$

$$I_c = \min(1,27, P) \quad ILD > 3$$

I_c dan P dalam mm karena resolusinya harian, model tidak membahas intensitas hujan atau lamanya hujan. ILD merupakan input dari pengamatan lapang.

Infiltrasi dan perkolasi

Infiltrasi (I_s) dihitung dari selisih curah hujan (P) atau irigasi (I_r) dan intersepsi tajuk tanaman (I_c) dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_s = P^* - I_c$$

$$I_s = P + I_r - I_c$$

Jika $KAT > KL$ maka perkolasi ke lapisan tanah 2 sampai $KAT = KL$:

$$P_{c_t} = KAT1_t - KL1, \quad KAT1_t > KL1$$

$$KAT1_t = KL1, \quad KAT1_t > KL1$$

$$P_{c_t} = 0, \quad KAT1_t \leq KL1$$

Evapotranspirasi potensial

Evapotranspirasi potensial (ET_m/ET_p) dihitung berdasarkan metode Penman, H. L. 1948. Nilai evapotranspirasi merupakan jumlah evaporasi maksimum dan transpirasi maksimum atau evapotranspirasi maksimum. Evaporasi maksimum dihitung sebanding dengan transmisi energi radiasi surya melalui tajuk tanaman berdasarkan Hukum Beer. Perhitungan evaporasi maksimum dan transpirasi maksimum :

$$ET_m(ETP) = [\Delta Q_n + \gamma f(u)(e_s - e_a)] / [\lambda(\Delta + \gamma)]$$

$$E_m = ET_m \times (e^{-k_{LTD}})$$

$$T_m = ET_m - E_m$$

Dimana :

Δ = kemiringan kurva hubungan antara tekanan uap air jenuh dan suhu udara (PaK^{-1})

Q_n = radiasi netto (Wm^{-2})

γ = tetapan psikrometer ($66,1 \text{ Pa}^0\text{C}^{-1}$)

$f(u)$ = fungsi aerodinamik ($\text{MJm}^{-2}\text{Pa}^{-1}$)

$e_s - e_a$ = defisit tekanan uap air (Pa)

λ = panas spesifik untuk penguapan ($2,454 \text{ MJkg}^{-1}$)

E_m = evaporasi maksimum

T_m = transpirasi maksimum

$ET_m(ETP)$ = evapotranspirasi maksimum

Parameterisasi dan pengujian model untuk menyesuaikan dan menetapkan nilai-nilai parameter model berdasarkan hasil percobaan lapang (aktual). Tapak penelitian yang telah ditetapkan, selanjutnya dilakukan spesifikasi berdasarkan keadaan agroklimat di masing-masing tapak, yang pada prinsipnya berpengaruh pada perkembangan dan pertumbuhan tanaman jagung seperti unsur iklim, latitude, longitude dan altitude. Persiapan data base iklim untuk masukan model meliputi curah hujan (mm), radiasi surya (cal cm^{-2}), suhu udara maksimum dan minimum (^0C), kelembaban udara (%) dan kecepatan angin (km/jam). Stratifikasi potensi tanaman jagung berdasarkan keluaran model pada pencapaian potensi produksi setiap varietas pada berbagai waktu tanam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Spesifikasi Keadaan Agroklimat Tapak Penelitian

Spesifikasi keadaan agroklimat tapak penelitian secara umum disajikan pada Tabel 1. Pada tabel terlihat bahwa masing-masing tapak penelitian memiliki kondisi iklim yang relatif bervariasi dengan tingkat keragamannya relatif kecil, kecuali curah hujan tahunan. Berdasarkan klasifikasi Oldeman yang hanya memakai unsur curah hujan sebagai dasar klasifikasi iklim. Batasannya memperhatikan peluang hujan, hujan efektif dan kebutuhan air tanaman. Tapak penelitian terdiri atas dua tipe agroklimat yaitu tipe E1 tapak Bone Bolango dan tapak Limboto, tipe E2 tapak Boalemo dan tapak Pohuwato. Tipe agroklimat E1 memiliki < 3 bulan basah berurutan dan < 2 bulan kering. Tipe agroklimat E2 memiliki < 3 bulan basah berurutan dan 2 – 4 bulan kering. Berdasarkan kriteria tipe agroklimat utama tanaman pangan (Las, 1992), tapak penelitian umumnya lahan kering beriklim kering dengan ciri utama curah hujan tahunan < 2000 mm per tahun, masa tanam (*growing season*) < 6 bulan, ketinggian tempat < 700 m dpl.

Tabel 1. Spesifikasi keadaan agroklimat tapak penelitian

No	Tapak Penelitian	Letak Lintang	Letak Bujur	Elevasi (m dpl)	Penyinaran Matahari (%)	Rata-rata Harian				CH Tahunan (mm per tahun)	Tipe Agroklimat
						Tmaks 0C	Tmin 0C	RH (%)	Kec Angin (kmjam-1)		
1	Bone Bolango	0034'24,68" LU	123 007'58,80" BT	70	66,5	31,6	23,0	79,0	3,0	1320	E1
2	Limboto	0037'48,62" LU	122 051'40,08" BT	27	66,3	32,5	23,2	78,8	2,0	1032	E1
3	Boalemo	0031'07,75" LU	122 027'15,40" BT	15	67,0	32,1	22,8	78,7	3,0	1047	E2
4	Pohuwato	0028'02,40" LU	121 056'51,20" BT	16	66,5	32,1	23,1	80,7	2,9	976	E2

Stratifikasi Potensi Berdasarkan Tipe Agroklimat dan Waktu Tanam

Hasil stratifikasi potensi produksi jagung untuk mengetahui tapak dengan tipe agroklimat tertentu, waktu tanam dan varietas yang sesuai disajikan pada Tabel 2. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa terdapat dinamika potensi produksi jagung pada berbagai tapak penelitian. Hal ini mengindikasikan bahwa tipe agroklimat yang berbeda menunjukkan potensi produksi yang berbeda sebagai dampak langsung faktor iklim berupa pasokan radiasi, curah hujan berupa ketersediaan air tanah, ketinggian tempat. Berdasarkan stratifikasi Tabel 2, tingkat kesesuaian tapak penelitian untuk pengembangan jagung dapat dibedakan dari paling sesuai hingga sesuai. Dari empat tapak penelitian yang mewakili tipe agroklimat Propinsi Gorontalo, tapak Bone Bolango distratifikasi sebagai tapak yang sesuai, dengan potensi produksi tertinggi yaitu 6,524 ton per ha menggunakan varietas Arjuna. Tingkatan berikutnya yaitu tapak Pohuwato 4,563 ton per ha varietas Arjuna, tapak Boalemo 4,489 ton per ha varietas Arjuna, tapak Limboto 3,900 ton per ha varietas Arjuna.

Tingginya potensi produksi tapak Bone Bolango dibandingkan tapak lainnya karena kondisi iklim di tapak tersebut relatif mendukung pertumbuhan dan perkembangan jagung terutama curah hujan. Akumulasi curah hujan tahunan di tapak Bone Bolango relatif tinggi dibanding tapak lainnya yakni sebesar 1320 mm per tahun. Farre and Faci (2008) mengemukakan bahwa jagung merupakan tanaman yang sensitif pada kondisi cekaman kekeringan berupa respon penurunan pertumbuhan vegetatif, gejala layu tanaman dewasa serta penurunan biomassa tanaman terutama biji. Capristo *et al.* (2007) menyatakan bahwa akumulasi biomassa tanaman jagung dipengaruhi faktor ekofisiologi atau kondisi lingkungan berupa ketersediaan air dan besaran pasokan intersepsi cahaya oleh tajuk tanaman.

Tabel 2. Potensi produksi jagung pada berbagai alternatif waktu tanam dengan pemupukan 100 kg N Ha⁻¹ pada beberapa tipe agroklimat Gorontalo

No	Waktu tanam	Potensi Produksi Jagung di Berbagai Tapak Agroklimat Gorontalo (ton per ha)							
		Bone Bolango		Limboto		Boalemo		Pohuwato	
		Arjuna	Pioneer	Arjuna	Pioneer	Arjuna	Pioneer	Arjuna	Pioneer
1	JAN – 1	4,185	3,216	1,914	1,429	0,826	0,631	1,945	1,500
2	JAN – 11	4,836	4,010	2,171	3,063	1,668	0,989	2,395	2,117
3	JAN – 21	5,602	4,358	1,826	2,620	2,676	1,343	3,084	1,910
4	FEB – 1	6,524	4,258	2,299	1,720	3,048	2,002	3,914	2,420
5	FEB – 11	6,206	4,307	2,579	1,888	4,064	2,594	4,035	2,867
6	FEB – 21	6,016	4,486	3,393	3,224	4,489	3,143	4,530	3,369
7	MAR – 1	6,359	4,785	3,900	2,651	4,448	3,705	4,538	3,528
8	MAR – 11	5,607	4,460	3,249	2,562	2,765	2,606	4,563	3,750
9	MAR – 21	5,755	4,386	1,679	1,991	1,909	1,935	3,323	2,902
10	APR – 1	5,120	4,026	0,934	1,298	0,775	1,496	2,927	2,805
11	APR – 11	2,934	2,940	0,386	0,850	0,548	1,893	3,202	2,964
12	APR – 21	1,454	1,852	0,054	0,669	0,332	0,632	2,748	3,101
13	MEI – 1	0,823	0,961	0,016	0,149	0,168	0,387	1,979	1,917

Tabel 2. Potensi produksi jagung pada berbagai alternatif waktu tanam dengan pemupukan 100 kg N Ha⁻¹ pada beberapa tipe agroklimat Gorontalo (lanjutan)

No	Waktu tanam	Potensi Produksi Jagung di Berbagai Tapak Agroklimat Gorontalo (ton per ha)							
		Bone Bolango		Limboto		Boalemo		Pohuwato	
		Arjuna	Pioneer	Arjuna	Pioneer	Arjuna	Pioneer	Arjuna	Pioneer
14	MEI – 11	0,190	0,403	0,002	0,102	0,053	0,366	1,124	1,540
15	MEI – 21	0	0	0	0,003	0,005	0,053	0,466	0,914
16	JUN – 1	0	0	0	0	0	0,019	0,107	0,221
17	JUN – 11	0	0	0	0	0	0,005	0	0,005
18	JUN – 21	0	0	0	0	0	0	0	0
19	JUL – 1	0	0	0	0	0	0	0	0
20	JUL – 11	0	0	0,011	0	0	0	0	0
21	JUL – 21	0,136	0,084	0,242	0,150	0,027	0,019	0,024	0,018
22	AGS – 1	0,674	0,356	0,437	0,250	0,057	0,046	0,357	0,210
23	AGS – 11	0,990	0,496	0,577	0,326	0,057	0,041	0,724	0,388
24	AGS – 21	1,520	0,747	1,038	0,611	0,484	0,292	1,114	0,565
25	SEP – 1	2,349	1,139	1,705	1,313	0,859	0,478	1,195	0,757
26	SEP – 11	2,502	1,566	2,553	1,983	0,999	0,631	1,076	0,945
27	SEP – 21	2,270	1,752	3,153	1,942	1,437	0,934	0,813	0,904
29	OKT – 1	2,806	1,705	1,751	2,108	2,104	1,523	0,290	0,440
30	OKT – 11	1,983	2,445	0,464	1,515	2,099	1,717	0,001	0,248
31	OKT – 21	1,551	2,851	0,539	0,941	2,611	2,194	0,229	0,421
32	NOV – 1	2,183	2,216	0,883	0,723	2,379	1,595	0,274	0,349
33	NOV – 11	1,435	1,993	1,564	1,471	1,458	1,735	0,251	0,344
34	NOV – 21	0,963	1,639	1,221	1,171	0,862	0,996	0,211	0,191
35	DES – 1	1,382	1,070	1,437	1,044	0,393	0,582	0,566	0,391
36	DES – 11	2,355	1,909	1,826	1,212	0,185	0,489	0,614	0,497
37	DES – 21	3,614	3,048	1,660	1,306	0,615	0,581	1,623	1,148

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa dari 37 alternatif waktu tanam yang disimulasi, potensi produksi maksimum jagung tertinggi dicapai dari waktu tanam yang berbeda baik antar tapak maupun antar varietas. Hasil stratifikasi waktu tanam berdasarkan potensi produksi maksimum tertinggi disajikan pada Tabel 3. Pada Tabel 3, terlihat bahwa potensi produksi maksimum jagung dari setiap tapak penelitian dicapai pada waktu tanam yang berbeda. Waktu tanam dengan potensi produksi jagung maksimum tertinggi dicapai pada 6,524 ton per ha adalah waktu tanam 01 Februari menggunakan varietas Arjuna dengan umur panen 103 hari pada tapak Bone Bolango. Waktu tanam dengan potensi produksi maksimum jagung terendah dicapai pada 3,224 ton per ha adalah 01 Maret menggunakan varietas Pioneer dengan umur panen 98 hari pada tapak Limboto.

Tapak Bone Bolango memiliki produksi maksimum tertinggi karena terdapat 5 bulan berturut-turut curah hujan > 100 mm per bulan dimulai dari bulan Februari hingga Juni sedangkan tapak Limboto dengan produksi maksimum terendah hanya memiliki 2 bulan berturut-turut curah hujan > 100 mm per bulan yakni bulan April hingga Mei. Hidayat (2005) menyatakan bahwa curah hujan 100 mm per bulan memberi peluang 75% memperoleh air bagi tanaman dan dapat digunakan sebagai pedoman masa tanam (*growing season*) untuk tanaman jagung. Waktu tanam ditentukan berdasarkan kandungan lengas tanah tidak kurang dari 50% air yang tersedia.

Stratifikasi Kendala

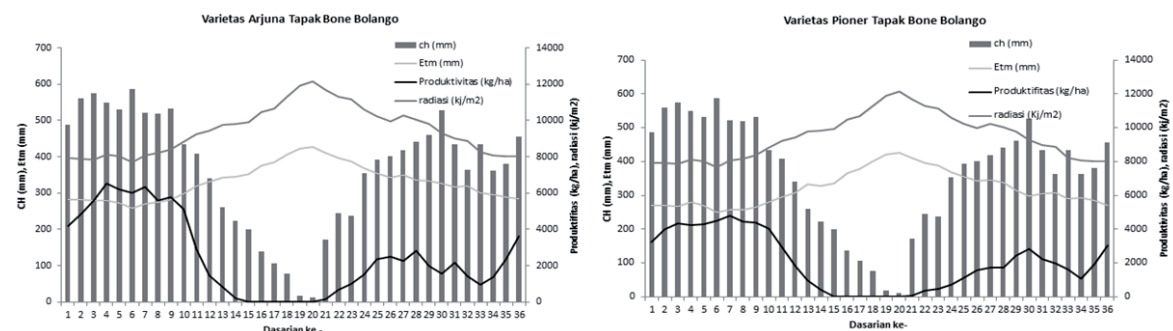
Berdasarkan informasi yang disajikan pada Tabel 3 dapat dikategorikan bahwa umumnya tapak penelitian yang mewakili tipe agroklimat bercurah hujan rata-rata tahunan relatif tinggi (> 1000 mm per tahun) dan tipe agroklimat bercurah hujan rata-rata tahunan relatif rendah (< 1000 mm per tahun).

Tabel 3. Potensi produksi maksimum jagung dari berbagai waktu tanam dengan pemupukan 100 kg N Ha^{-1} pada beberapa tipe agroklimat Gorontalo

No	Tapak Penelitian	Curah Hujan Selama Musim Tanam	Var	Tanggal Tanam	Umur Panen (Hari)	Potensi Produksi (ton/ha)	Tipe Agroklimat
1	Bone	549	Arjuna	01-FEB	103	6,524	E1
	Bolango	521	Pioneer	01-MAR	102	4,785	
2	Limboto	393	Arjuna	01-MAR	98	3,900	E1
		423	Pioneer	21-FEB	98	3,224	
3	Boalemo	534	Arjuna	21-FEB	100	4,489	E2
		551	Pioneer	01-MAR	101	3,705	
4	Pohuwato	381	Arjuna	11-MAR	100	4,563	E2
		381	Pioneer	11-MAR	100	3,750	

1. Tapak Bone Bolango

Pola perubahan potensi produksi jagung varietas Arjuna dan Pioneer berdasarkan perubahan kondisi iklim dari berbagai alternatif waktu tanam di tapak Bone bolango disajikan pada Gambar 1a dan 1b. Pada Gambar 1a dan 1b menunjukkan bahwa adanya korelasi positif antara total curah hujan yang jatuh pada selama musim tanam dengan potensi produksi kecuali musim tanam pada bulan 21 Mei, 1 Juni, 11 Juni, 21 Juni, 1 Juli dan 11 Juli (dasarian ke 15, 16, 17, 18, 19 dan 20). Pada waktu tersebut potensi produksi menurun drastis dibanding waktu sebelum dan sesudahnya. Hal ini disebabkan oleh penurunan curah hujan dan diiringi peningkatan evapotranspirasi maksimum yang dimulai pada dasarian ke 15 (21 Mei). Ko and Piccinni (2009) menyatakan bahwa ketersediaan air pada fase kritis sangat dibutuhkan tanaman jagung dibanding fase pertumbuhan lainnya dimana cekaman (*stress*) air yang terjadi pada fase *tassel* (bunga jantan) dan *silking* (bunga betina) dapat mempengaruhi produktifitas secara signifikan dibanding fase pengisian biji dan fase vegetatif.

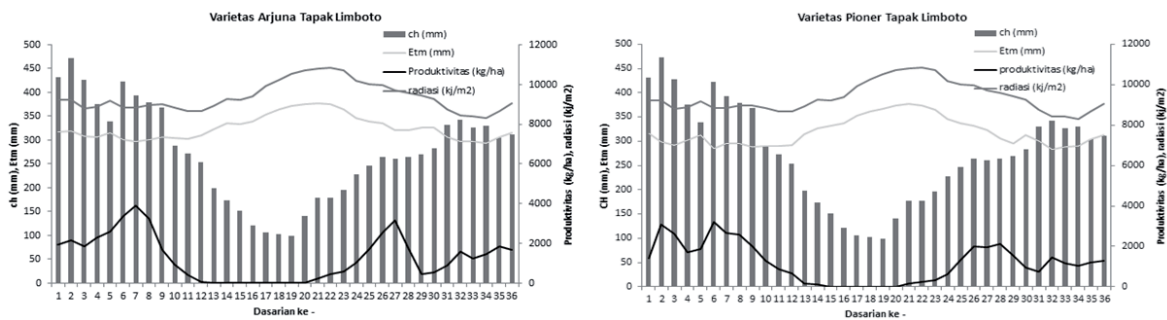


Gambar 1a 1b. Hubungan Potensi Produksi Jagung Varietas Arjuna dan Pioneer dengan Radiasi Surya, Curah Hujan, Evapotranspirasi pada Tapak Bone Bolango

2. Tapak Limboto

Pola perubahan potensi produksi jagung varietas Arjuna dan Pioneer berdasarkan perubahan kondisi iklim dari berbagai alternatif waktu tanam di tapak Limboto disajikan pada Gambar 2a dan 2b. Pada Gambar 2a dan 2b menunjukkan bahwa adanya korelasi positif antara total yang jatuh pada selama

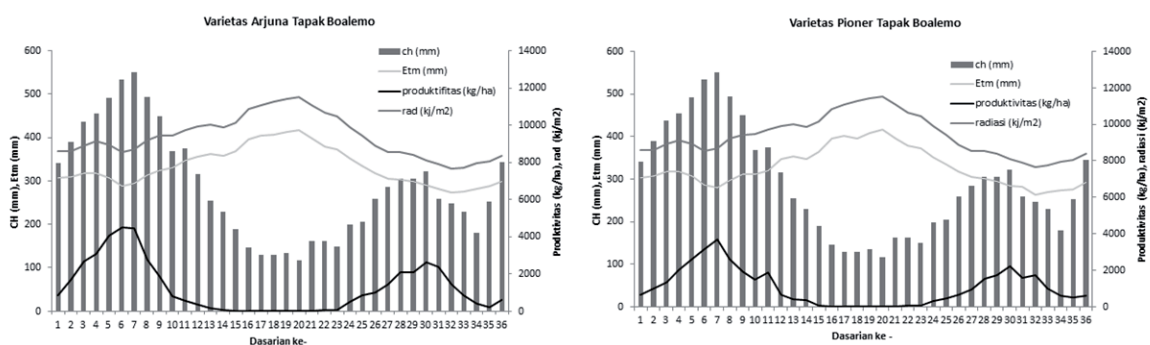
musim tanam dengan potensi produksi kecuali musim tanam pada bulan 21 April, 1 Mei, 11 Mei, 21 Mei, 1 Juni, 11 Juni, 21 Juni, 1 Juli dan 11 Juli (dasarian ke 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 dan 20). Produksi menurun karena disebabkan dimana pada bulan April hingga awal Mei curah hujan bulanan masih diatas 100 mm per bulan tapi terjadi peningkatan laju evapotranspirasi maksimum karena terjadi peningkatan lama penyinaran matahari. Garcia *et al.* (2009) menyatakan bahwa efisiensi penggunaan air pada tanaman jagung merupakan salah satu faktor pembatas produksi dimana sangat ditentukan oleh kondisi iklim lokal berupa kondisi atmosfer dari tutupan awan maupun kondisi angin dan curah hujan serta lengas tanah.



Gambar 2a 2b. Hubungan potensi produksi jagung varietas arjuna dan pioneer dengan radiasi surya, curah hujan, evapotranspirasi pada tapak limboto

3. Tapak Boalemo

Pola perubahan potensi produksi jagung varietas Arjuna dan Pioneer berdasarkan perubahan kondisi iklim dari berbagai alternatif waktu tanam di tapak Boalemo disajikan pada Gambar 3a dan 3b. Pada Gambar 3a dan 3b menunjukkan bahwa adanya korelasi positif antara total curah hujan dengan potensi produksi kecuali musim tanam pada bulan 11 Mei, 21 Mei, 1 Juni, 11 Juni, 21 Juni, 1 Juli, 11 Juli, 21 Juli, 1 Agustus dan 11 Agustus (dasarian ke 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 dan 23). Potensi produksi menurun karena akhir bulan Mei terjadi penurunan curah hujan dan bulan April hingga September curah hujan dibawah 100 mm per bulan dan diiringi peningkatan evapotranspirasi maksimum yang dimulai pada dasarian ke 14 (11 Mei). Allen *et al.* (1998) menyatakan bahwa evapotranspirasi tanaman merupakan konsep kebutuhan air tanaman dimana berkorelasi pada ketersediaan air, ditentukan oleh fraksi cahaya, temperatur udara dan kecepatan angin.

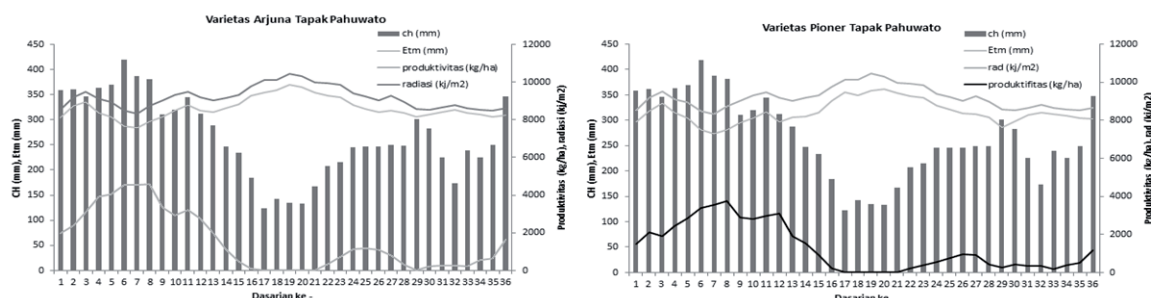


Gambar 3a 3b Hubungan potensi produksi jagung varietas arjuna dan pioneer dengan radiasi surya, curah hujan, evapotranspirasi pada tapak boalemo

4. Tapak Pohuwato

Pola perubahan potensi produksi jagung varietas Arjuna dan Pioneer berdasarkan perubahan kondisi iklim dari berbagai alternatif waktu tanam di tapak Pohuwato disajikan pada Gambar 4a dan 4b. Pada Gambar 4a dan 4b menunjukkan bahwa adanya korelasi positif antara total curah hujan dengan potensi produksi kecuali musim tanam pada bulan 1 Juni, 11 Juni, 21 Juni, 1 Juli, 11 Juli, 21 Juli,

(dasarlan ke 16, 17, 18, 19, 20 dan 21). Potensi produksi menurun karena akhir bulan Mei terjadi distribusi curah hujan Juli tidak merata walau di atas 100 mm per bulan hal ini ditandai tingginya rata-rata lama penyinaran dan diiringi peningkatan evapotranspirasi maksimum yang dimulai pada dasarlan ke 16 (1 Juni).



Gambar 3a 4b. Hubungan potensi produksi jagung varietas arjuna dan pioneer dengan radiasi surya, curah hujan, evapotranspirasi pada tapak pahuwato

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan keluaran model dan hasil stratifikasi, serta bahasan yang telah dikemukakan maka disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Potensi dan kendala produksi tanaman jagung pada beberapa tapak tapak yang mewakili tipe agroklimat di provinsi Gorontalo, berbeda tergantung kondisi iklimnya terutama curah hujan dan lama penyinaran. Produksi tertinggi dicapai karena distribusi hujan yang merata pada saat musim tanam (*growing season*) dan produksi terendah disebabkan karena tidak meratanya distribusi hujan dan meningkatnya lama penyinaran yang berkontribusi pada penurunan lengas tanah akibat evaporasi yang berlebihan.
2. Tapak Bone Bolango dengan tipe agroklimat E1 merupakan tapak yang sesuai untuk pengembangan tanaman jagung dimana menghasilkan produksi tertinggi sebesar 6,524 ton per ha pada waktu tanam 1 Februari yang menggunakan varietas Arjuna dengan umur panen 103 hari.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan cakupan wilayah yang dapat mewakili setiap zone agroklimat/agroekologi di provinsi Gorontalo yang didukung oleh ketersediaan data iklim yang runut dan panjang sehingga dapat diproyeksikan/diprediksi secara presisi kawasan yang potensial untuk pengembangan tanaman jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen GR, LS Pereira, D Raes, M Smith. 1998. *Crop Evapotranspirations (Guidelines for Computing Crop Water Requirements)*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
- Capristo R Pedro, RH Rizzalli, FH. Andrade. 2007. *Ecophysiological Yield Components of Maize Hybrids with Contrasting Maturity*. Agronomy J. 99. 1111 –1118 p.
- Dinas Pertanian Propinsi Gorontalo. 2012. *Produksi Jagung Propinsi Gorontalo 2007 – 2011*. Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Propinsi Gorontalo.
- Djufry Fadry. 2005. *Penyusunan Model Simulasi Tanaman Jarak*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Farre I, JM Faci. 2008. *Deficit Irrigation in Maize for Reducing Agricultural Water use in a Mediterranean Environment*. *Agri Water Management J.* 96. 383–394 p.
- Garcia Axel, Larry C Guerra, Gerrit Hoogenboom. 2009. *Water Use dan Water Use Efficiency of Sweet Corn under Different Weather Condition and Soil Moisture Regimes*. *Agricultural Water Management J.* 96. 1369–1376 p.
- Handoko. 1994. *Dasar Penyusunan dan Aplikasi Model Simulasi Komputer Untuk Pertanian*. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. FMIPA-IPB.
- Hidayat, Taufan. 2005. *Analisis Perubahan Musim, Kekeringan dan Potensi Waktu Tanam Tanaman Pangan di Propinsi Banten*. Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Kiniry JR, Brent Bean, Yun Xie, Pei – yu Chen. 2004. *Maize Yield Potential Critical Processes and Simulation Modeling in a High – Yielding Environment*. *Agricultural Systems J.* 82. 45 – 56 p.
- Ko Jonghan, Giovanni Piccinni. 2009. *Corn Yield Responses under Crop Evapotranspiration – Based Irrigation Management*. *Agricultural Water Management J.* 96. 799 – 808 p.
- Las, Irsal. 1992. *Pewilayahan Komoditi Pertanian Berdasarkan Model Iklim Kabupaten Sikka dan Kabupaten Ende, Nusa Tenggara Timur*. Disertasi. Program Pascasarjana. IPB.
- Rusmayadi, Gusti. 2009. *Pemodelan Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Jarak Pagar*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Suwarto. 2005. *Model Pertumbuhan dan Produksi Jagung dalam Tumpang Sari dengan Ubi Kayu*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Yang SH, A Dobermann, JL Lindquist, DT Walters, TJ Arkebauer, KG Cassman. 2004. *Hybrid – Maize – a Maize Simulation Model that Combines Two Crop Modeling Approaches*. *Field Crop Research*. 87. 131 –154 p.