

Wawan Pembengo, SP, M.Si.

# MODEL EFISIENSI PENGGUNAAN CAHAYA TANAMAN TEBU BERDASARKAN TINGKAT PEMUPUKAN



UNG Press

Penerbit:  
UNG Press (Anggota IKAPI)  
Jl. Jend. Sudirman No. 6 Telp. (0435) 821125  
Fax. (0435) 821752 Kota Gorontalo  
Website: [www.ung.ac.id](http://www.ung.ac.id)

ISBN : 978-602-6204-98-1

**MODEL EFISIENSI PENGGUNAAN  
CAHAYA TANAMAN TEBU  
BERDASARKAN TINGKAT PEMUPUKAN**

**UU No 19**

**Tahun 2002**

**tentang Hak Cipta**

Fungsi dan Sifat Hak Cipta pasal 2

1. Hak Cipta merupakan hak eksklusif bagi pencipta atau pemegang Hak Cipta untuk mengumumkan atau memperbanyak ciptaannya, yang timbul secara otomatis setelah suatu ciptaan dilahirkan tanpa mengurangi pembatasan menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku.

Hak terkait Pasal 49

1. Pelaku memiliki hak eksklusif untuk memberikan izin atau melarang pihak lain yang tanpa persetujuannya membuat, memperbanyak, atau menyiarkan rekaman suara dan/atau gambar pertunjukannya.

Sanksi Pelanggaran Pasal 72

1. Barangsiapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).

# **MODEL EFISIENSI PENGGUNAAN CAHAYA TANAMAN TEBU BERDASARKAN TINGKAT PEMUPUKAN**

**Wawan Pembengo, SP, M.Si.**

ISBN : 978-602-6204-98-1



**Universitas Negeri Gorontalo Press  
Anggota IKAPI**

Jl. Jend. Sudirman No.6 Telp. (0435) 821125

Kota Gorontalo

Website : [www.ung.ac.id](http://www.ung.ac.id)



**Universitas Negeri Gorontalo Press**  
**Anggota IKAPI**

Jl. Jend. Sudirman No.6 Telp. (0435) 821125 Kota Gorontalo  
Website : [www.ung.ac.id](http://www.ung.ac.id)

---

© Wawan Pembengo, SP, M.Si

---

**MODEL EFISIENSI PENGGUNAAN  
CAHAYA TANAMAN TEBU  
BERDASARKAN TINGKAT PEMUPUKAN**

ISBN : 978-602-6204-98-1

i-viii, 66 hal; 14.5 Cm x 21 Cm  
Desain Cover : Irvhan Male  
Diterbitkan oleh : UNG Press Gorontalo  
Cetakan Pertama : Mei 2020

---

**PENERBIT UNG Press Gorontalo**  
**Anggota IKAPI**

---

Isi diluar tanggungjawab percetakan

---

© 2020

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang keras menerjemahkan, memfotokopi, atau memperbanyak  
sebagian atau seluruh isi buku ini **tanpa izin tertulis** dari penerbit

# KATA PENGANTAR

Radiasi surya di daerah tropis lebih berpengaruh terhadap produksi tanaman dibandingkan dengan suhu udara. Hubungan dari radiasi dan tanaman dapat dilihat dari berat kering atau biomassa yang dihasilkan oleh tanaman tersebut. Produksi berat kering tanaman merupakan respon dari penyerapan radiasi surya oleh tanaman. Akumulasi radiasi surya yang diintersepsi oleh tajuk tanaman berbanding lurus dengan besar penambahan berat tanaman tersebut. Gradien dari hubungan antara radiasi yang diintersepsi dengan penambahan berat merupakan efisiensi penggunaan radiasi. Nilai efisiensi penggunaan radiasi surya ini menunjukkan kemampuan tanaman untuk mengkonversi energi yang diterima menjadi berat kering (biomassa).

Akumulasi produksi biomassa tebu dipengaruhi oleh intersepsi cahaya oleh tajuk tanaman. Nilai intersepsi berbeda untuk masing-masing tahapan perkembangan tanaman tebu karena dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya indeks luas daun (ILD) dan koefisien pemadaman (*extinction coefficient*). Faktor pembatas produktivitas tebu berupa pelambatan pertumbuhan indeks luas dan biomassa daun di awal perkembangan yang dipengaruhi oleh kandungan N daun dan efisiensi fotosintesis. Efisiensi fotosintesis dipengaruhi oleh insiden radiasi yang dihubungkan dengan perkembangan indeks daun dan intersepsi cahaya. Penambahan N pada tahapan tersebut memicu peningkatan indeks daun tebu dan optimalisasi proses fotosintesis. Aplikasi tingkat pemupukan nitrogen pada tebu mempengaruhi indeks luas daun (ILD) dan penambahan tinggi batang (*stalks*) tebu. Respon tanaman tebu terhadap aplikasi pemupukan fosfor berupa pertumbuhan akar dan hasil tebu.

Penulis

# DAFTAR ISI

|   |     |
|---|-----|
| <b>Kata Pengantar</b> .....   | v   |
| <b>Daftar Isi</b> .....   | vi  |
| <b>Daftar Tabel</b> .....   | vii |
| <b>Daftar Gambar</b> .....  | ix  |
| <br>  |     |
| <b>BAB 1 Produktivitas Tebu</b> .....   | 1   |
| <b>BAB 2 Karakteristik Tebu</b> .....   | 5   |
| A. Deskripsi Umum Tanaman Tebu.....   | 5   |
| B. Tahapan Fase Perkembangan Tebu.....  | 9   |
| C. Kesesuaian Agroklimat Tanaman Tebu.....  | 11  |
| <b>BAB 3 Pemupukan Nitrogen dan Fosfor Tebu dan Efisiensi Penggunaan Cahaya</b> .....                       | 13  |
| A. Pemupukan Nitrogen ( <i>N</i> ) dan Fosfor ( <i>P</i> ) pada Tanaman Tebu.....                           | 13  |
| B. Efisiensi Penggunaan Cahaya.....   | 17  |
| <b>BAB 4 Permodelan Pertumbuhan dan Perkembangan Tanaman Tebu</b> .....                                     | 21  |
| A. Model Perkembangan.....  | 21  |
| B. Model Pertumbuhan.....   | 24  |
| C. Model Neraca Air.....  | 27  |
| <b>BAB 5 Intersepsi Radiasi dan Nilai Efisiensi Penggunaan Cahaya Tebu</b> .....                            | 31  |
| A. Intersepsi Radiasi ( <i>Qint</i> ) Tanaman Tebu.....   | 31  |
| B. Hubungan Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari, Berat Kering, Produksi Tebu dengan Pemupukan N dan P..... | 35  |
| 1. Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu.....  | 35  |
| 2. Berat Kering Batang Tebu.....  | 45  |
| 3. Produksi Tanaman Tebu.....   | 54  |
| <b>Daftar Pustaka</b> .....   | 57  |
| <b>Lampiran</b> .....   | 61  |

# DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| 1. Produksi dan Produktivitas Tebu dan Gula.....   | 3  |
| 2. Konversi Letak Lintang dalam Derajat dan Menit ke Radian .....  | 20 |
| 3. Perhitungan Fase Perkembangan Kejadian Fenologi<br>Tanaman Tebu.....  | 22 |
| 4. Nilai Intersepsi Radiasi ( <i>Qint</i> ) Tanaman Tebu pada Tingkat<br>Pemupukan N dan P per Fase Perkembangan Tanaman<br>Tebu.....                            | 31 |
| 5. Intersepsi Radiasi ( <i>Qint</i> ) Tanaman Tebu pada Tingkat<br>Pemupukan N dan P Saat Fase Anakan Maksimum (1-3 BST)<br>Fase Anakan Maksimum (1-3 BST) ..... | 33 |
| 6. Nilai Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman<br>Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P per Fase Perkem-<br>bangan Tanaman Tebu.....                   | 36 |
| 7. Nilai Indeks Luas Daun (ILD) Tanaman Tebu pada Tingkat<br>Pemupukan N dan P per Fase Perkembangan Tanaman<br>Tebu.....  | 39 |
| 8. Kandungan Hara P Daun Tebu pada Tingkat Pemupukan N<br>dan P Saat Fase 3 dan 6 BST.....   | 42 |
| 9. Kandungan Hara P Batang Tebu pada Tingkat Pemupukan<br>N dan P Saat Fase 3 dan 6 BST.....   | 42 |
| 10. Kandungan Hara P Akar Tebu pada Tingkat Pemupukan N<br>dan P Saat Fase 3 dan 6 BST.....  | 43 |
| 11. Efisiensi Penggunaan Cahaya Tanaman Tebu pada Tingkat<br>Pemupukan N Saat Fase Batang Maksimum (5-9 BST) .....   | 44 |
| 12. Berat Kering Batang Tebu dengan Kombinasi Perlakuan N<br>dan P Saat Fase Muncul Lapang (1 BST) dan Fase Anakan<br>Tetap (5 BST) .....                        | 45 |
| 13. Berat Kering Batang Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan<br>P Saat Fase Anakan Maksimum (3 BST), Fase Batang<br>Maksimum (9 BST) dan Fase Panen (11 BST) .....  | 47 |



|  |    |
|--|----|
| 14. Berat Kering Total Tebu dengan Kombinasi Perlakuan N dan P Saat Fase Muncul Lapang (1 BST) .....                             | 50 |
| 15. Berat Kering Total Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P Saat Fase Anakan Tetap (5 BST) dan Fase Batang Maksimum (9 BST) ..... | 51 |
| 16. Rata-rata Produksi Tebu pada Perlakuan Dosis Nitrogen dan Fosfor Saat Panen .....  | 54 |
| 17. Rata-rata Rendemen pada Perlakuan Pupuk Nitrogen dan Fosfor pada Fase 9, 10 dan 11 BST .....                                 | 55 |
| 18. Rata-rata Hablur pada Perlakuan Dosis Nitrogen dan Fosfor saat Panen .....   | 55 |

# DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| 1. Perkembangan Akar Ketika Batang Tebu Ditanam.....  | 6  |
| 2. Bagan Produk Turunan Tanaman Tebu.....   | 8  |
| 3. Bagian-bagian Batang Tebu .....  | 9  |
| 4. Fase-fase Perkembangan Tanaman Tebu.....   | 10 |
| 5. Komponen Radiasi .....   | 18 |
| 6. Intersepsi Radiasi (Qint) Tebu Pada Berbagai Tingkat Pemupukan N dan P .....   | 34 |
| 7. Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu Pada Tingkat Pemupukan N Saat Fase Batang Maksimum (5-9 BST) .....                      | 44 |
| 8. Berat Kering Batang Tebu pada Tingkat Pemupukan N Saat Fase Anakan Maksimum (3 BST), Fase Batang Maksimum (9 BST) dan Fase Panen (11 BST)..... | 48 |
| 9. Berat Kering Batang Tebu pada Tingkat Pemupukan P Saat Fase Anakan Maksimum (3 BST), Fase Batang Maksimum (9 BST) dan Fase Panen (11 BST)..... | 49 |
| 10. Hubungan Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu dan Berat Kering Batang Tebu .....  | 49 |
| 11. Berat Kering Total Tebu pada Tingkat Pemupukan N Saat Fase Anakan Tetap (5 BST) dan Fase Batang Maksimum (9 BST) .....                        | 52 |
| 12. Berat Kering Total Tebu pada Tingkat Pemupukan P Saat Fase Anakan Tetap (5 BST) dan Fase Batang Maksimum (9 BST) .....                        | 53 |
| 13. Hubungan Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu dan Berat Kering Total Tebu.....  | 53 |



Penulis bekerja sebagai staf pengajar Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo di Jurusan Agroteknologi. Penulis merupakan lulusan program Magister Agroklimatologi di Institut Pertanian Bogor. Penulis sekarang menjadi anggota APIK (Asosiasi Ahli Perubahan Iklim) Indonesia sub Region Gorontalo.

Penulis juga sebagai anggota PERAGI (Perhimpunan Agronomi Indonesia) Komda Gorontalo. Penulis telah menulis buku tentang Agroklimatologi (Tinjauan Kerentanan Produksi Tanaman. Penulis juga sebagai anggota Pusat Studi COAT (Center of Agriculture Development) bidang kajian Agroklimatologi. Penulis mengampuh mata kuliah Agroklimatologi, Agrohidrologi dan Model Simulasi Pertanian di jurusan Agroteknologi Faperta UNG



Penerbit:  
**UNG Press (Anggota IKAPI)**  
Jl. Jend. Sudirman No. 6 Telp. (0435) 821125  
Fax. (0435) 821752 Kota Gorontalo  
Website: [www.ung.ac.id](http://www.ung.ac.id)

ISBN 978-602-6204-98-1



9 786026 204981

# BAB 1

## PRODUKTIVITAS TEBU

Gula merupakan salah satu komoditas pertanian yang telah ditetapkan Indonesia sebagai komoditas khusus (*special products*) dalam forum perundingan Organisasi Perdagangan Dunia (WTO), bersama beras, jagung dan kedelai. Pertimbangan utama untuk memperkuat ketahanan pangan dan kualitas hidup di pedesaan, Indonesia berupaya meningkatkan produksi dalam negeri, termasuk mencanangkan target swasembada gula, yang sampai sekarang belum tercapai.

Indonesia dengan luas areal tebu sekitar 350 ribu ha pada periode 2000 - 2005, industri gula berbasis tebu merupakan salah satu sumber pendapatan bagi sekitar 900 ribu petani dengan jumlah tenaga kerja yang terlibat mencapai sekitar 1.4 juta orang. (Balitbang Pertanian, 2007). Masa kejayaan produksi tebu nasional pernah dicapai pada tahun 1930-an dimana jumlah pabrik gula yang beroperasi sekitar 179 pabrik gula, produksi puncak mencapai 3.1 juta ton. Pada saat itu rendemen mencapai 11.0% - 13.8% dan ekspor 2.4 juta ton, sekarang industri gula Indonesia hanya didukung oleh 60 pabrik gula (PG) yang aktif yaitu 43 PG yang dikelola BUMN dan 17 PG yang dikelola oleh swasta (Dewan Gula Indonesia, 2000).

Membiarkan industri gula terus mengalami kemunduran akan menimbulkan masalah bagi Indonesia. Pertama, industri gula melibatkan sekitar 1.4 juta petani dan tenaga kerja. Kedua, kebangkrutan industri gula juga berkaitan dengan aset yang sangat besar dengan nilai sekitar Rp 50 triliun. Ketiga, beban devisa untuk mengimpor akan terus meningkat yang pada lima tahun terakhir rata-rata devisa yang dikeluarkan sudah mencapai US\$ 200 juta (Sudana *et al.*, 2000).

Masih adanya ketidakseimbangan antara produksi dan konsumsi gula nasional menjadi kajian yang menarik untuk mengurai benang kusut sistem pergulaan nasional. Menurut Komisi Pengawas Persaingan Usaha (KPPU), (2010) mencatat bahwa produksi gula nasional tahun 2007 sekitar 2.3 juta ton per tahun, dengan rincian PG BUMN 1,6 juta ton per tahun dan PG Swasta 0,7 juta ton per tahun, sedangkan konsumsi nasional 4 juta ton per tahun.

Pada tahun 2009, produksi mencapai 2,5 juta ton sedangkan konsumsi mencapai 4,8 juta ton, dengan perincian konsumsi gula masyarakat di dalam negeri sebesar 3 juta ton dan konsumsi industri yang mencapai 1,8 juta ton. Hingga kini data kebutuhan gula per tahun mencapai sekitar 4 hingga 4,8 juta ton per tahun baik untuk konsumsi masyarakat maupun industri. Berdasarkan Tabel 1 capaian produksi dan produktivitas dari tahun 1995 hingga 2007 menunjukkan bahwa capaian ini masih fluktuasi pada produksi kurang lebih 2 juta ton dengan rendemen kurang lebih 7 % dan hal ini masih perlu ditingkatkan sesuai dengan target swasembada gula nasional.

**Tabel 1. Produksi dan Produktivitas Tebu dan Gula**

| Tahun | Luas Panen Tebu<br>(000 ha) | Produksi Gula<br>(000 ton) | Produktivitas<br>(ton/ha) | Rendemen gula<br>(%) |
|-------|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------|
| 1995  | 496,9                       | 2.104,7                    | 4,2                       | 6,9                  |
| 1996  | 400,0                       | 2.160,1                    | 5,4                       | 7,3                  |
| 1997  | 378,1                       | 2.187,2                    | 5,8                       | 7,8                  |
| 1998  | 405,4                       | 1.928,7                    | 4,8                       | 5,5                  |
| 1999  | 391,1                       | 1.801,4                    | 4,6                       | 7,0                  |
| 2000  | 388,5                       | 1.780,1                    | 4,6                       | 7,4                  |
| 2001  | 393,9                       | 1.824,6                    | 4,6                       | 7,0                  |
| 2002  | 375,2                       | 1.901,3                    | 5,1                       | 6,9                  |
| 2003  | 340,3                       | 1.991,6                    | 5,9                       | 7,2                  |
| 2004  | 344,8                       | 2.051,6                    | 5,9                       | 7,1                  |
| 2005  | 381,8                       | 2.241,7                    | 5,9                       | 7,1                  |
| 2006  | 384,0                       | 2.266,8                    | 5,9                       | 7,1                  |
| 2007  | 395,0                       | 2.400,0                    | 6,1                       | 7,2                  |

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS) <http://www.bps.go.id>, diakses 14 Juli 2010

Terdapat tiga unsur iklim utama yang mempengaruhi produktivitas tanaman tebu yakni radiasi, temperatur dan curah hujan. Salvagiotti and Miralles (2008) mengemukakan bahwa produksi tanaman ditentukan oleh partisi dan akumulasi biomassa tanaman. Proses tersebut tergantung pada peran kanopi (tajuk) dalam intersepsi PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) yang disebabkan oleh Indeks Luas Daun (ILD) dan struktur kanopi serta proses konversi radiasi menjadi akumulasi biomassa tanaman.

Efisiensi penggunaan cahaya merupakan komponen krusial pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang dihubungkan dengan produksi akumulasi biomassa dari intersepsi energi. Terdapat tiga unsur iklim utama yang mempengaruhi produktivitas tanaman tebu yakni radiasi, temperatur dan curah hujan. Allison and Pammentor (2002) ; Caviglia and Sadras (2001) ;

Fletcher *et al.* (2008) menjabarkan bahwa defisiensi N dan P dapat mempengaruhi Indeks Luas Daun (ILD) dan kandungan spesifik N dan P pada daun (SLN dan SLP) tanaman sehingga terjadi proses reduksi intersepsi dan efisiensi penggunaan cahaya oleh struktur tajuk tanaman.

Muchow *et al.* (1994) mengemukakan bahwa akumulasi produksi biomassa tebu dipengaruhi oleh intersepsi cahaya oleh tajuk tanaman. Nilai intersepsi berbeda untuk masing-masing tahapan perkembangan tanaman tebu karena dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya indeks luas daun (ILD) dan koefisien pemadaman (*extinction coefficient*). Allison and Pammentor (2002) mengemukakan bahwa faktor pembatas produktivitas tebu berupa pelambatan pertumbuhan indeks luas dan biomassa daun di awal perkembangan yang dipengaruhi oleh kandungan N daun dan efisiensi fotosintesis. Efisiensi fotosintesis dipengaruhi oleh insiden radiasi yang dihubungkan dengan perkembangan indeks daun dan intersepsi cahaya. Penambahan N pada tahapan tersebut memicu peningkatan indeks daun tebu dan optimalisasi proses fotosintesis. Aplikasi tingkat pemupukan N pada tebu mempengaruhi indeks luas daun (ILD) dan penambahan tinggi batang (*stalks*) tebu (Wiedenfeld and Enciso, 2008). Salgado *et al.* (2002) mengemukakan bahwa respon tanaman tebu terhadap aplikasi pemupukan P berupa pertumbuhan akar dan hasil tebu.

Hammer and Wright (1994) menyatakan bahwa nilai efisiensi penggunaan cahaya (LUE) pada tanaman kacang tanah bervariasi dan dipengaruhi oleh penutupan awan dan kandungan spesifik N daun (*Specific Leaf Nitrogen*) tanaman. Nilai LUE kacang tanah pada hari terik (tanpa awan) dan kandungan spesifik N daun tinggi ( $2,2 - 3,0 \text{ g N m}^{-2}$ ) adalah  $1,1 \text{ g MJ}^{-1}$ . Pada hari berawan penuh dan kanopi spesifik N daun rendah ( $0,6 - 1,8 \text{ g N m}^{-2}$ ) adalah  $0,15 \text{ g MJ}^{-1}$ .

# BAB 2

## KARAKTERISTIK TEBU

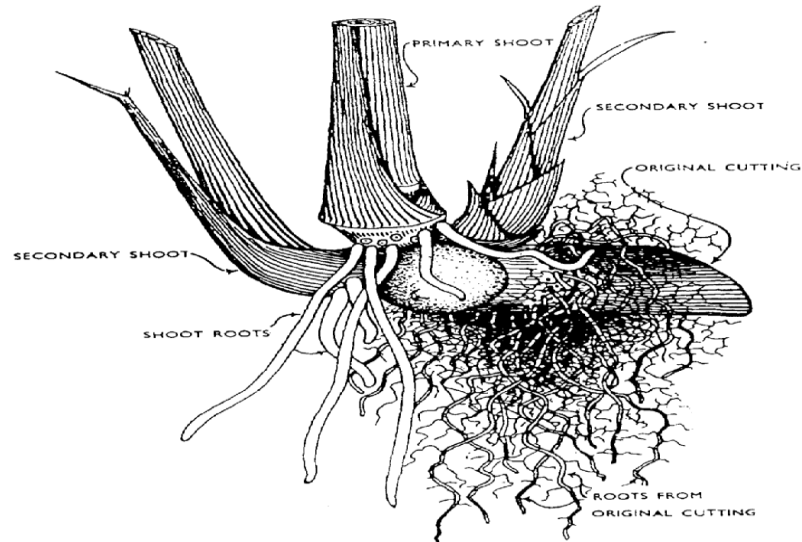
### A. Deskripsi Umum Tanaman Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah sejenis tanaman rumput tropis tegak yang dapat tumbuh bertahun-tahun, atau lebih dari satu tahun. Tebu disebut juga rumput raksasa yang termasuk dalam famili *Gramineae*. Nama *Saccharum* berasal dari bahasa Sanskrit (Sansekerta) “SARKARA” yang berarti gula pasir, dalam bahasa Arab “SAKAR”, bahasa Belanda “SUIKER”, bahasa Inggris “SUGAR”, bahasa Jerman “ZUCKER”, bahasa Spanyol “AZUKAR”, dan bahasa Perancis “SUCRE” (Prabawa, 2006). Tanaman tebu (*Saccharum* spp.) merupakan tanaman perkebunan semusim yang mempunyai sifat tersendiri, sebab di dalam batangnya terdapat zat gula. Tebu termasuk keluarga rumput-rumputan (*Graminae*) seperti halnya padi, jagung, bambu, dan lain-lain. Tanaman tebu dibedakan menjadi dua rumpun, yaitu rumpun benua (*continental family/ Group A*) dan rumpun pulau (*island family / Group B*). Tanaman tebu yang termasuk Group A diantaranya adalah *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinense* (Cina), dan *Saccharum barben* (India). Tanaman tebu yang termasuk Group B diantaranya adalah *Saccharum robustum* dan *Saccharum officinarum* (tebu unggul/noble canes) (Prabawa, 2006).

Anatomi tanaman tebu terdiri dari tiga bagian pokok, yaitu batang (*stem/stalks*), akar (*roots*), dan daun (*leaves*). Tebu merupakan tanaman berbiji tunggal yang diameter batangnya selama pertumbuhan hampir tidak bertambah besar. Tinggi tanaman tebu bila tumbuh dengan baik mencapai 3 — 5 meter, namun bila pertumbuhannya jelek tingginya kurang dari 2 meter. Batang tebu padat seperti batang jagung, di mana bagian luar berkulit keras dan bagian dalam lunak dan mengandung air gula (Pramuhadi, 2005). Bagian-bagian batang dapat dilihat pada Gambar 1.

Tunas baru atau tunas primer (*primary shoot*) akan tumbuh yang berasal dari mata tunas ketika potongan batang atau stek tebu (*sett*) ditanam ke dalam tanah. Akar-akar dan stek asal (*sett roots*) di ruas batang tebu akan muncul, kemudian akan diikuti oleh munculnya akar-akar tunas (*shoot roots*) di ruas batang tersebut (Pramuhadi Gatot 2005). Tunas-tunas sekunder (*secondary*

*shoots*) akan muncul dan tumbuh mengikuti tunas primer. Tunas-tunas tersebut dapat tumbuh menjadi batang-batang tebu sepanjang 2 - 4 meter dan berdiameter 25 - 50 mm, tergantung oleh varietas tebu dan kondisi pertumbuhannya. Dalam Gambar 1 dapat dilihat akar-akar dan tunas-tunas tebu yang berasal dan batang (stek) asal yang ditanam ke dalam tanah.



**Gambar 1. Perkembangan Akar Ketika Batang Tebu Ditanam**

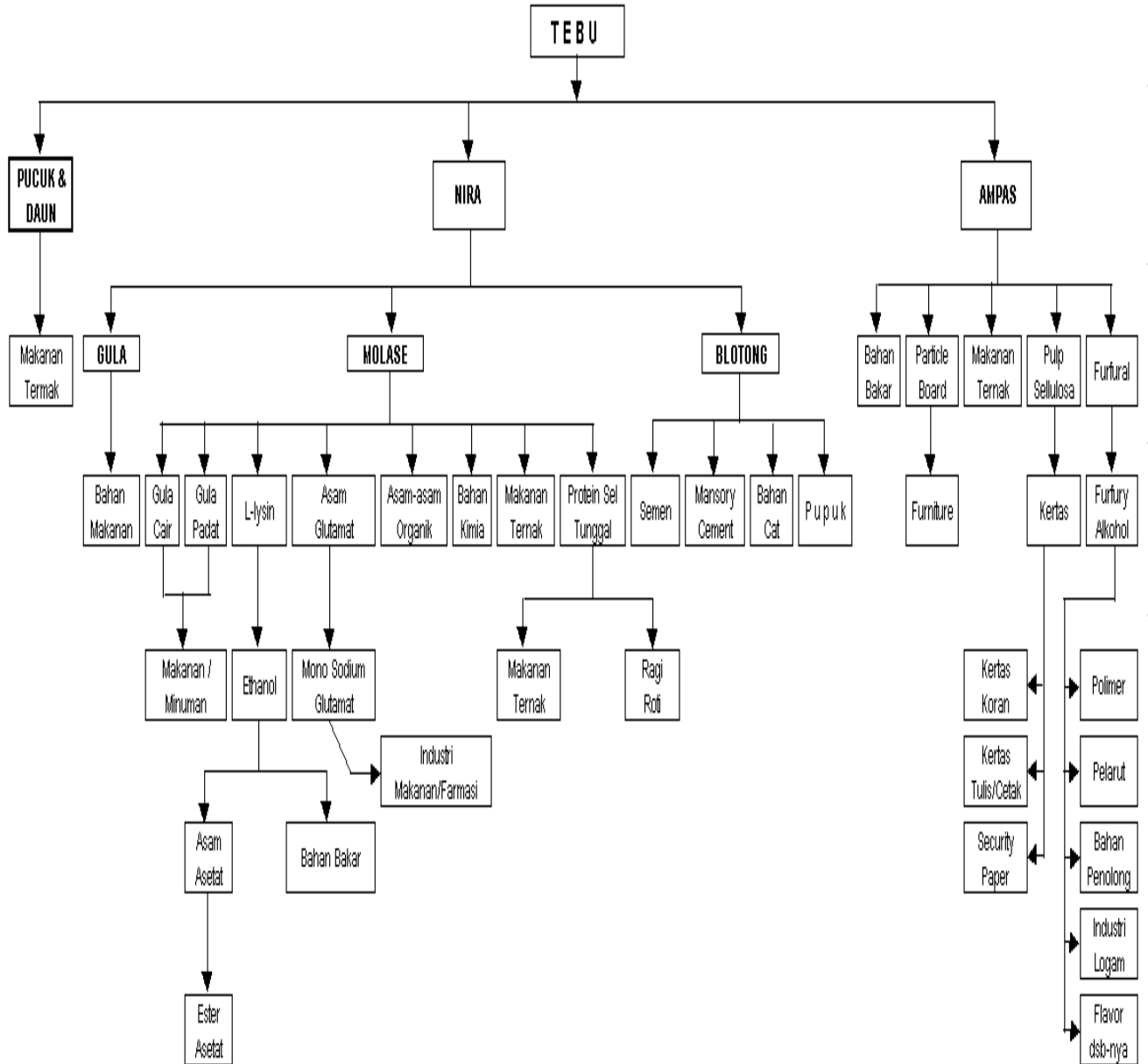
Akar-akar tunas tebu berkembang karena tersedianya lengas (*moisture*) dan nutrisi yang tersimpan di dalam stek asal dan didukung oleh adanya akar-akar stek asal. Akar-akar tunas tersebut berukuran tebal, berwarna putih, dan berair banyak. Akar-akar tersebut mulai muncul ketika akar-akar stek asal mencapai separuh pertumbuhannya, atau sekitar 5 - 7 hari setelah tanam.

Batang tebu merupakan bagian terpenting dalam produksi gula, karena bagian dalamnya terdapat jaringan parenkim berdinding tebal yang mengandung nira pada saat dipanen. Kandungan sukrosa pada batang tebu sebesar 10-18% dan serat 10-15%. Ruas-ruas batang (*internodes*) dibatasi oleh buku-buku (*nodes*) yang merupakan tempat duduk daun tebu (*leaf scar*).

Proses terbentuknya rendemen gula di dalam batang tebu berjalan dari ruas ke ruas. Ruas di bawah (lebih tua) lebih banyak tingkat kandungan gulanya dibandingkan dengan ruas di atasnya (lebih muda), demikian seterusnya sampai ruas bagian pucuk. Oleh karena itu, tebu dikatakan sudah mencapai masak



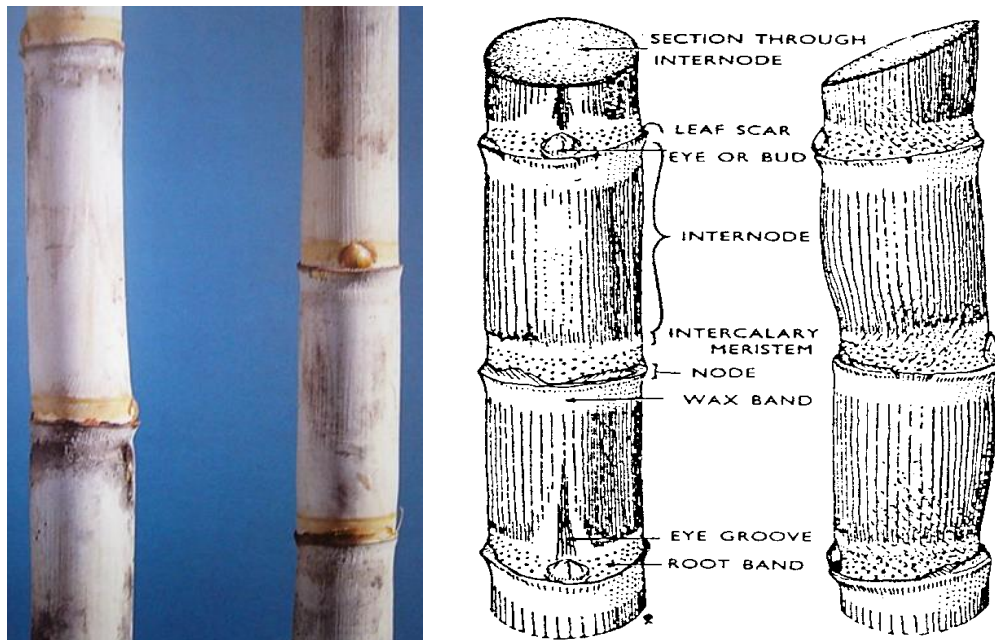
optimal apabila kadar gula di sepanjang batang telah seragam, kecuali beberapa ruas di bagian pucuk.



**Gambar 2. Bagan Produk Turunan Tanaman Tebu**

Ukuran ruas batang tebu bervariasi, yakni pendek di bagian bawah (pangkal) dan makin ke atas (ujung) makin panjang, kemudian menuju ke puncak (pucuk) memendek lagi. Ruas-ruas batang tebu berukuran panjang di bagian tengah. Diameter buku tebu bervariasi di sepanjang panjang batang. Diameter buku tebu maksimum berada sedikit di bawah permukaan tanah. Di atas tempat duduk mata tunas terdapat suatu lingkaran bakal akar (*root band*) dan lingkaran bakal akar tersebut akan keluar akar jika lingkaran tersebut berada dalam keadaan tertentu, misalnya tertutup di bawah permukaan tanah sehingga tunas dan mata tunas tumbuh.

Batang tebu merupakan bagian terpenting dalam produksi gula, karena bagian dalamnya terdapat jaringan parenkim berdinding tebal yang mengandung nira pada saat dipanen. Kandungan sukrosa pada batang tebu sebesar 10-18% dan serat 10 - 15% (Pramuhadi, 2005).



**Gambar 3. Bagian-bagian Batang Tebu**

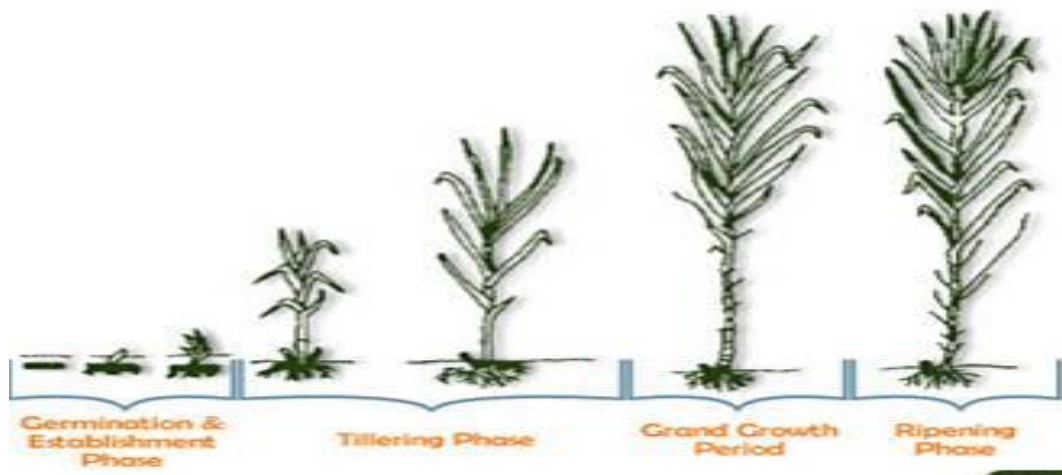
## B. Tahapan Fase Perkembangan Tebu

Pertumbuhan dan perkembangan tanaman termasuk tebu, dipengaruhi oleh banyak faktor dan merupakan sistem yang sangat kompleks. Penelitian agronomi untuk mengetahui pengaruh dari salah satu atau kombinasi faktor pertumbuhan yang selama ini dilakukan dengan pendekatan model statistika, seringkali hasilnya terbatas untuk diimplementasikan pada waktu dan tempat tertentu yang sesuai dengan berlangsungnya penelitian, sehingga ketika akan diterapkan pada tempat dan waktu yang lain diperlukan penelitian lagi. Penelitian dalam jumlah, waktu, dan biaya yang banyak akan diperlukan untuk menjelaskan pengaruh dari banyak faktor tersebut pada tempat dan waktu yang berlainan.

Tahapan fase perkembangan tanaman tebu (Sundara, 1998) yakni :

- (1) Fase muncul lapang (*emergence phase*),
- (2) Fase anakan maksimum/pembentukan anakan (*tillering phase*),
- (3) Fase anakan tetap (*steady phase*),
- (4) Fase batang maksimum/pemasakan dan pematangan (*ripening and maturity phase*) dan
- (5) Fase panen. (Gambar 2).

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 melebihi suhu dasar yaitu sebesar  $10 - 12^{\circ}\text{C}$  (Martine *et al.*, 1999).



**Gambar 4. Fase-fase Perkembangan Tanaman Tebu**

Fase perkecambahan/muncul lapang (*emergence phase*) adalah dari saat tanam sampai terjadinya perkecambahan tunas secara lengkap. Perkecambahan dimulai pada umur 7 – 10 hari setelah tanam (HST) dan biasanya berakhir pada 30 – 35 HST.

Fase pembentukan anakan (*tillering phase*) atau anakan maksimum, dimulai umur 40 HST dan dapat berakhir hingga 120 HST. Anakan lebih awal menghasilkan tebu dengan batang lebih tebal dan berat. Anakan terakhir akan mati atau menjadi pendek dan tidak matang. Anakan maksimum tercapai sekitar 90 – 120 HST. Pada umur antara 150 – 180 HST, 50 % anakan mati dan mencapai populasi yang stabil (*steady phase*). Dari 6 – 8 anakan, biasanya hanya 1 – 2 yang menjadi tebu yang dapat dipanen.

Fase pertumbuhan cepat (*grand growth phase/fase steady*) atau anakan tetap, dimulai pada 120 HST dan berakhir hingga 270 HST untuk tebu berumur 12 bulan. Selama awal periode fase ini terjadi pemantapan jumlah anakan (*fase steady*). Dari seluruh anakan yang dihasilkan, hanya 40 – 50 % yang akan berlangsung hidup hingga umur 150 HST membentuk batang tebu yang dapat digiling (*millable cane*). Pada fase ini terjadi pembentukan dan pemanjangan batang yang menentukan produksi.

Fase pemasakan dan pematangan (*ripening and maturity phase*) atau batang maksimum, untuk tebu berumur 12 bulan akan berlangsung dari 270 HST sampai 360 HST. Pada fase ini gula di dalam batang tebu mulai terbentuk hingga titik optimal dan setelah itu rendemennya berangsur-angsur menurun. Fase panen inilah yang disebut dengan tahap penimbunan rendemen gula. Pada fase ini tanaman keprasan (*ratoon*) terjadi lebih awal dibanding tanaman baru (*plant cane/PC*).

### C. Kesesuaian Agroklimat Tanaman Tebu

Iklim berpengaruh besar terhadap pertumbuhan dan hasil serta rendemen tebu. Tanaman tebu tumbuh baik pada daerah beriklim panas di daerah tropis dan sub tropis sampai garis isothermal  $20^{\circ}\text{C}$  antara  $35^{\circ}\text{LU}$  —  $35^{\circ}\text{LS}$ . Sinar matahari yang cukup selalu dibutuhkan tebu baik pada perumbuhan dan perkembangan dan tebu dianggap sebagai spesies pencinta cahaya. Daerah yang beradiasi matahari tinggi mempunyai produksi tebu dan persentase gula yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah beradiasi rendah. Warna batang dipengaruhi cahaya matahari, jenis tebu, dan umur tebu. Warna dipengaruhi oleh kombinasi kulit warna merah dan lapisan klorofil berwarna hijau di bawahnya.

Tebu dapat ditanam mulai dataran rendah sampai ketinggian 1000 m dpl, tetapi kebanyakan diusahakan pada dataran rendah (0 - 500 m dpl) dengan musim kering yang nyata. Pada daerah pegunungan yang suhu udaranya rendah, pertumbuhan lambat dan berendemen rendah. Tanaman tebu yang melalui musim kering panjang/kurang air, dan pada musim hujan mendapatkan cukup air, maka seringkali terdapat ruas-ruas pendek dan di atasnya ruas-ruas panjang. Kekuatan dan kekerasan batang tergantung dari susunan batang dan dalam, dan setiap jenis tebu berlainan.

Tanaman tebu cocok ditanam pada daerah yang memiliki curah hujan di atas 200 mm per bulan selama 5 — 6 bulan, curah hujan 125 mm per bulan selama 2 bulan, dan curah hujan di bawah 75 mm per bulan selama 4 — 5 bulan. Kecepatan angin yang cocok adalah di bawah 10 km/jam, beda suhu minimum tidak boleh lebih dan  $6^{\circ}\text{C}$ , pH tanah yang baik berada pada selang 5.5 — 7.0 (Prabawa Sigit 2006). Kondisi iklim yang ideal bagi tanaman tebu adalah cuaca panas yang panjang pada masa pertumbuhan dengan curah hujan yang cukup, hampir kering dan sejuk tetapi bebas embun pada masa pemasakan dan panen.

Pada tanah dengan lapisan padas, mengakibatkan susunan akar banyak menyebar ke samping, sedangkan pada air tanah yang dangkal, akar banyak yang tumbuh menuju ke atas karena akar membutuhkan zat asam (oksigen) untuk pernapasan. Tujuh puluh persen akar rambut tanaman tebu berada dalam bagian atas (kedalaman 30 cm) dan 30 persen tersebar di sekitar lebih dan 30 cm dan pusat akar.

# BAB 3

## PEMUPUKAN NITROGEN DAN FOSFOR TEBU DAN EFISIENSI PENGGUNAAN CAHAYA

### A. Pemupukan Nitrogen (N) dan Fosfor (P) pada Tanaman Tebu

Tanaman tebu dalam hidupnya membutuhkan 13 unsur, yaitu C, H, O, N, S, P, K, Ca, Mg, Fe, Bo, Cu, dan Zn. Unsur-unsur C, H, dan O terdapat di udara, sedangkan yang lainnya berasal dari tanah. Di antara unsur-unsur yang berasal dari tanah, maka zat-zat yang harus ada adalah N, P, K, S, Ca, Fe, dan Mg. Penanaman tebu dapat menyebabkan hilangnya unsur hara esensial melalui panen, apalagi diusahakan secara terus-menerus. Dengan demikian kesuburan suatu tanah akan menurun secara terus-menerus, sehingga mencapai suatu keadaan dimana penambahan unsur hara melalui pemupukan mutlak diperlukan untuk memperoleh hasil tebu yang menguntungkan. Oleh karena itu kesuburan suatu tanah berhubungan langsung dengan pertumbuhan tanaman, maka penilaian kesuburan suatu tanah mutlak diperlukan. Ada beberapa cara dalam mempelajari status hara tanah untuk menilai kesuburan tanah, yaitu: (1) melihat citra tanaman di lapangan (gejala-gejala kekurangan unsur hara), (2) uji tanaman, (3) uji biologi, dan (4) uji tanah. Pada tanah yang subur dan gembur, akar tebu menjalar sampai 1 — 2 meter, tapi sebaliknya pada tanah yang miskin hara atau keras dan padat strukturnya maka akar-akarnya hanya pendek, demikian juga akar serabutnya bercabang pendek. Beberapa minggu setelah kuncup dan stek tebu tumbuh jadi tanaman muda, maka tanaman muda tersebut segera membentuk akarnya sendiri. Rekomendasi pemupukan tebu untuk suatu wilayah perlu mempertimbangkan kebutuhan tanaman, target produksi varietas, sifat tanah, dan iklim. Pemupukan berimbang dengan kaidah 5 (lima) tepat selanjutnya sudah menjadi tradisi pemupukan, yaitu: tepat jenis, tepat jumlah, tepat waktu, tepat cara, dan tepat tempat.

Pupuk adalah bahan yang diberikan pada tanaman baik langsung maupun tidak langsung, guna mendorong pertumbuhan tanaman, meningkatkan produksi

atau memperbaiki kualitasnya, sebagai akibat perbaikan nutrisi tanaman. Definisi lain menyatakan pupuk adalah unsur hara tanaman yang sangat dibutuhkan oleh tanaman untuk pertumbuhan dan berkembang biak. Pemupukan merupakan suatu tindakan yang dilaksanakan sebagai usaha untuk menambah ketersediaan hara dalam tanah dan untuk meningkatkan kesuburan tanah. Pemupukan lebih ditujukan untuk menambah jumlah dan tingkat ketersediaan unsur hara di dalam tanah (baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro).

Unsur hara tanaman terdiri dari unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro merupakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang relatif banyak dan perannya terhadap pertumbuhan tanaman sangat vital, sedangkan unsur hara mikro dibutuhkan dalam jumlah relatif lebih sedikit (Prabawa, 2006). Unsur hara makro diantaranya adalah Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) yang dikenal sebagai unsur-unsur hara utama.

Fungsi pupuk nitrogen (N) adalah meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman, meningkatkan kualitas tanaman yang menghasilkan daun, dan meningkatkan berkembangbiaknya mikroorganisme. Masalah utama penggunaan pupuk N pada lahan pertanian adalah efisiensinya yang rendah karena kelarutannya yang tinggi dan kemungkinan kehilangannya melalui penguapan, pelindian dan immobilisas (Wiedenfeld *and* Enciso, 2008). Pasokan N yang cukup adalah penting untuk hasil optimum dan berkaitan dengan pertumbuhan vegetatif yang lebat dan warna hijau yang gelap. Peran N dalam menentukan produksi gula sangat unik, karena di satu sisi dapat meningkatkan pertumbuhan sehingga akan meningkatkan produksi tebu, tetapi di sisi lain bila tanaman banyak mengandung N pada fase pemasakan akan menurunkan rendemen.

Besarnya derajat cekaman kekurangan N bervariasi terhadap kategori tanaman tebu (PC atau ratoon). Pada awal pertumbuhan, besarnya derajat cekaman kekurangan N dapat mengurangi jumlah anakan, dan jumlah batang pada ratoon, daun menjadi kuning, pendek dan sempit. Kekurangan N pada saat mendekati panen, dapat menyebabkan menurunnya diameter batang dan jumlah batang yang dapat diperah (*millable cane*) (Yang *et al.*, 2006).

Fungsi pupuk fosfor (P) adalah mempercepat pertumbuhan akar, mempercepat dan memperkuat pertumbuhan tanaman dewasa pada umumnya, memperkuat tubuh tanaman agar tidak roboh. Penyerapan P oleh tanaman tergantung pada ketersediaan P yang dipengaruhi oleh faktor tanah. Prabawa (2006) menyatakan bahwa di dalam larutan tanah, P tersedia bagi tanaman dalam jumlah kurang dari satu ppm, sedangkan ketersediaan yang diharapkan lebih dari 40 ppm. Fosfat diserap oleh tanaman hanya sekitar 10% karena pada tanah asam, sebagian besar pupuk P difiksasi oleh Fe dan Al.

Defisiensi P pada tanaman tebu akan mengakibatkan berbagai hambatan metabolisme diantaranya dalam proses sintesis protein, yang menyebabkan terjadinya akumulasi karbohidrat dan ikatan-ikatan nitrogen. Kekurangan P pada tanaman tebu dapat diamati secara visual, yaitu daun-daun yang tua akan berwarna keunguan atau kemerahan karena terbentuknya pigmen antosianin (Premono, 1994). Pigmen ini terbentuk karena akumulasi gula di dalam daun sebagai akibat terhambatnya sintesis protein. Gejala lain adalah nekrosis (kematian jaringan) pada pinggir atau helai daun tangkai daun, diikuti melemahnya batang dan akar tanaman. Fosfor (P) di dalam tanah dapat dibedakan dalam dua bentuk, yaitu P-organik dan P-anorganik. Kandungannya sangat bervariasi bergantung pada jenis tanah, tetapi pada umumnya rendah. P tanah dijumpai lebih tinggi di tanah-tanah muda, perawan, dan di lapisan yang lebih dalam.

Fletcher *et al.* (2008) mengemukakan kisaran efisiensi penggunaan cahaya (LUE) jagung dengan perlakuan pemupukan P adalah  $0.66 - 1.34 \text{ g MJ}^{-1}$ . Hammer and Wright (1994) juga menyatakan bahwa pada pemupukan N serta saat hari cerah (*clear days*) dengan struktur kanopi yang padat LUE kacang tanah  $1.1 \text{ g MJ}^{-1}$ . Terjadi peningkatan sebesar  $0.75 \text{ g MJ}^{-1}$  pada LUE kacang tanah pada saat *clear days* dan penurunan  $0.35 \text{ g MJ}^{-1}$  pada keawanan tinggi (*heavy cloud*). Tesfaye *et al.* (2006) mengemukakan bahwa LUE buncis berkisar  $0.15 - 0.78 \text{ g MJ}^{-1}$  pada berbagai taraf pemupukan N dan P.



## B. Efisiensi Penggunaan Cahaya

Nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari diperhitungkan sebagai hasil nisbah peningkatan bruto jumlah bahan kering yang diproduksi pada periode waktu tertentu dengan jumlah energi cahaya yang diintersepsi kanopi dalam periode waktu yang sama. Jumlah energi cahaya yang diintersepsi didasarkan pada kalkulasi radiasi global ( $R_s$ ) berdasarkan Allen *et al* (1998).

Terdapat hubungan linear antara perubahan bobot kering tanaman dengan perubahan jumlah radiasi surya yang diintersepsi. Jika  $\Delta BK_{tot} \leq 0$ , diasumsikan tidak terjadi pertumbuhan dan efisiensi penggunaan cahaya atau LUE (*Light Use Efficiency*) bernilai 0 (Charles-Edward *et al.*, 1986).

$$LUE = \frac{\Delta W}{Q_{int}} \dots\dots\dots (1)$$

- Keterangan : LUE = efisiensi penggunaan cahaya ( $g MJ^{-1}$ )  
 $\Delta W$  = perubahan biomassa ( $gm^{-2}$ )  
 $Q_{int}$  = intersepsi radiasi ( $MJ m^{-2} hari^{-1}$ )

### Nilai Intersepsi Radiasi ( $Q_{int}$ )

Jumlah intersepsi radiasi dihitung berdasarkan Hukum Beer (Handoko, 1994) yakni :

$$Q_{int} = (1 - \tau) R_s \dots\dots\dots (2)$$

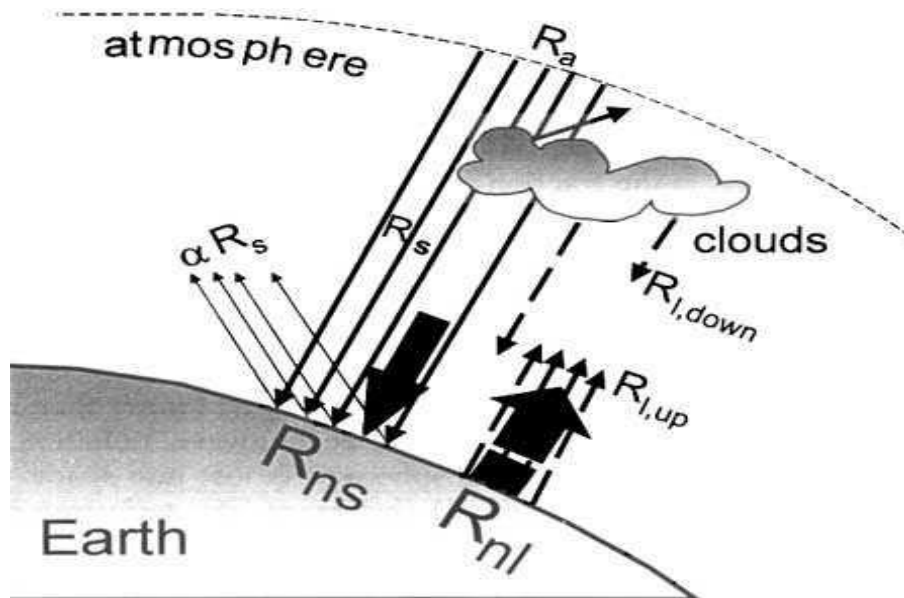
$$\tau = e^{-kILD} \dots\dots\dots (3)$$

$$Q_{int} = (1 - e^{-kILD}) R_s \dots\dots\dots (4)$$

- Keterangan :  $Q_{int}$  = intersepsi radiasi ( $MJ m^{-2} hari^{-1}$ )  
 $R_s$  = radiasi surya di atas tajuk tanaman ( $MJ m^{-2} hari^{-1}$ )  
 $\tau$  = proporsi radiasi surya yang ditransmisikan oleh tajuk tanaman  
 $k$  = koefisien pepadaman tajuk tebu 0,38  
(Muchow *et al.*, 1994)  
 $e$  = bilangan dasar logaritma (2,7183)  
ILD = Indeks luas daun

**Nilai Radiasi Surya di Atas Tajuk Tanaman (Rs)**

Menurut Allen *et al* 1998 nilai Rs dihitung berdasarkan formula Angstrom yang dihubungkan dengan radiasi ektraterrestrial (Ra) atau radiasi angot (radiasi surya yang di puncak atmosfer) dan durasi relatif sinar matahari (n/N). Nilai Rs tergantung pada kondisi atmosfer dan deklinasi matahari (lintang dan bulan). Nilai Angstrom as dan bs berubah-ubah dan nilai yang direkomendasikan  $a_s = 0.25$  and  $b_s = 0.50$  (Allen *et al* 1998).



**Gambar 5. Komponen Radiasi**

$$R_s = (a_s + b_s \frac{n}{N}) R_a \dots\dots\dots (5)$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \dots\dots\dots (6)$$

$$\omega_s = \arccos(-\tan(J) \tan \dots\dots\dots (7)$$

- Dimana :
- Rs = radiasi yang sampai di permukaan bumi atau puncak tanaman ( $MJ\ m^{-2}\ hari^{-1}$ )
  - Ra = radiasi ektraterrestrial atau radiasi angot (radiasi surya di puncak atmosfer ( $MJ\ m^{-2}\ hari^{-1}$ ))
  - $a_s$  dan  $b_s$  = nilai Angstrom atau konstanta regresi tergantung tempat ( $a_s = 0.25$  and  $b_s = 0.50$ )
  - n = rata-rata lamanya matahari bersinar cerah selama sehari (jam)
  - N = panjang hari (jam)

- $\omega_s$  = sudut terbenamnya matahari (*sunset hours angle*) (rad)
- $\delta$  = deklinasi matahari (rad)
- J = julian date/nomor hari dalam tahun (1 - 365 atau 366 ;  
misal J tanggal 1 Januari = 1)

Nilai radiasi ekstraterrestrial ( $R_a$ ) atau radiasi angot (radiasi surya yang di puncak atmosfer) ditentukan oleh sudut antara arah sinar matahari dan permukaan normal atmosfer. Sudut ini berubah sesuai dengan hari dan perbedaan letak lintang dan perbedaan musim (Allen *et al* 1998).

$$R_a = \frac{24(60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\Phi) \sin(\delta) + \cos(\Phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \dots\dots\dots(8)$$

Dimana :  $R_a$  = Radiasi ekstraterrestrial atau radiasi angot (radiasi surya yang di puncak atmosfer ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ hari}^{-1}$ ))

- $G_{sc}$  = konstanta matahari =  $0.0820 \text{ MJ m}^{-2} \text{ min}^{-1}$
- $d_r$  = inverse jarak relatif Bumi – Matahari (rad)
- $\omega_s$  = sudut terbenamnya matahari (*sunset hours angle*) (rad)
- $\Phi$  = lintang lokasi/radians (rad)
- $\delta$  = deklinasi matahari (rad)

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \dots\dots\dots(9)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right) \dots\dots\dots(10)$$

- Dimana :
- $d_r$  = inverse jarak relatif Bumi – Matahari (rad)
  - J = julian date/nomor hari dalam tahun (1 - 365 atau 366 ;  
misal j tanggal 1 Januari = 1)
  - $\delta$  = deklinasi matahari (rad)

Untuk menghitung lintang lokasi/radians ( $\Phi$ ) (Allen *et al* 1998) yakni :

$$\Phi = \text{Radians} = \frac{\pi}{180} (\text{derajat desimal}) \dots\dots\dots(11)$$

**Tabel 2. Konversi Letak Lintang dalam Derajat dan Menit ke Radian**

Contoh lintang Bangkok (Thailand) di 13<sup>o</sup>44' and Rio de Janeiro (Brazil) di 22<sup>o</sup>54'

| Lintang           | Bangkok<br>(Lintang Utara) | Rio de Janeiro<br>(Lintang Selatan) |
|-------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Derajat dan menit | 13 <sup>o</sup> 44' Utara  | 22 <sup>o</sup> 54' Selatan         |
| Derajat desimal   | 13 + 44/60 = 13.73         | (-22) + (-54/60) = -22.90           |
| Radians (Φ)       | (p/180) 13.73 = 0.240      | (p/180) (-22.90) = -0.400           |

**Nilai Indeks Luas Daun (ILD)**

Indeks luas daun (ILD) merupakan fungsi dari parameter luas daun spesifik (SLA) dan laju perubahan massa daun. Perubahan ILD (dILD) dihitung dengan persamaan berikut (Handoko, 1994) :

$$dILD = SLA \times dW_L \dots\dots\dots(12)$$

Keterangan : dILD = perubahan indeks luas daun

SLA = luas daun spesifik (m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>)

dW<sub>L</sub> = perubahan massa daun (g m<sup>-2</sup>)

Nilai SLA dihitung sebagai nisbah antara luasan daun dan bobot bahan keringnya. (Handoko, 1994).

$$SLA = \frac{L}{BK_{daun}} \dots\dots\dots(13)$$

Keterangan : SLA = luas daun spesifik (ha g<sup>-1</sup>)

L = luas daun (cm<sup>2</sup>)

BK<sub>daun</sub> = bobot kering daun (g m<sup>-2</sup>)

# BAB 4

## PEMODELAN PERTUMBUHAN DAN PERKEMBANGAN TANAMAN TEBU

### A. Model Perkembangan

Model 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 :

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

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

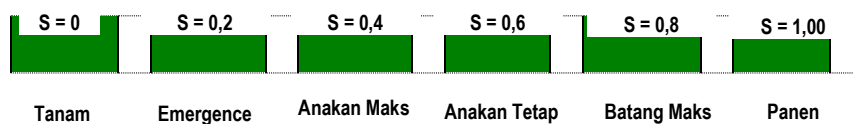
Dimana : TU = Thermal Unit ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_{r_i}$  = Suhu rata-rata harian hari ke- $i$  ;  $i = 1, 2, 3... t$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_b$  = Suhu dasar tanaman ( $^{\circ}\text{C}$ )

$s$  = Fase perkembangan tanaman

Kejadian fenologi tanaman tebu dari saat tanam sampai matang atau panen di atas diberikan skala 0 - 1. Nilai  $s = 0$  untuk saat tanam; nilai  $s$  untuk tanam, berturut adalah 0 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,6 ; 0,8 dan 1,00



**Tabel 3. Perhitungan Fase Perkembangan Kejadian Fenologi Tanaman Tebu**

| PERIODE                           | RUMUS  |
|-----------------------------------|--|
| Tanam – Emergence (Muncul Lapang) | $s_i = s_{i-1} + ds_i$ ;<br>$ds_i = Tr_i - Tb/TUem$ jika $Tr_i > Tb$ , $ds_i = 0$<br>jika $Tr_i \leq Tb$<br>$s_i = 0,2$ jika $i = 0$     |
| Emergence - Anakan Maks           | $s_j = s_{j-1} + ds_j$ ;<br>$ds_j = Tr_j - Tb/TUam$ jika $Tr_j > Tb$ , $ds_j = 0$<br>jika $Tr_j \leq Tb$<br>$s_j = 0,4$ jika $j = 0$     |
| Anakan Maks – Anakan Tetap        | $s_k = s_{k-1} + ds_k$ ;<br>$ds_k = Tr_k - Tb/TUat$ jika $Tr_k > Tb$ , $ds_k = 0$<br>jika $Tr_k \leq Tb$<br>$s_k = 0,6$ jika $k = 0$     |
| Anakan Tetap – Batang Maksimum    | $s_l = s_{l-1} + ds_l$ ;<br>$ds_l = Tr_l - Tb/TUbm$ jika $Tr_l > Tb$ , $ds_l = 0$<br>jika $Tr_l \leq Tb$<br>$s_l = 0,8$ jika $l = 0$     |
| Batang Maksimum – Panen           | $s_m = s_{m-1} + ds_m$ ;<br>$ds_m = Tr_m - Tb/TUpanen$ jika $Tr_m > Tb$ ,<br>$ds_m = 0$ jika $Tr_m \leq Tb$<br>$s_m = 1,00$ jika $m = 0$ |

Fase perkecambahan (*germination phase*) adalah dari saat tanam sampai terjadinya perkecambahan tunas secara lengkap. Pada kondisi lapang perkecambahan akan mulai pada umur 7 – 10 hari setelah tanam (HST) dan biasanya berakhir pada 30 – 35 HST. Suhu optimum untuk muncul tunas adalah 28° - 30°C. Kondisi yang hangat dan lembab menjamin terjadinya perkecambahan yang cepat.

Fase pembentukan anakan (*tillering phase*), dimulai pada sekitar umur 40 HST dan dapat berakhir hingga 120 HST. Pembentukan anakan menghasilkan

tanaman dengan batang yang cukup untuk hasil yang tinggi. Suhu optimum untuk pembentukan anakan adalah sekitar 30°C, suhu di bawah 20°C akan menghambat pembentukan anakan. Anakan yang terbentuk lebih awal akan menghasilkan tebu dengan batang lebih tebal dan berat. Anakan yang terbentuk lebih akhir akan mati atau menjadi pendek dan tidak matang. Populasi anakan maksimum tercapai pada sekitar 90 – 120 HST. Selanjutnya, pada umur antara 150 – 180 HST paling tidak 50 % anakan mati dan mencapai populasi yang stabil (*steady phase*). Dari 6 – 8 anakan, biasanya hanya 1,5 – 2 yang menjadi tebu yang dapat dipanen.

Fase pertumbuhan cepat (*grand growth phase/fase steady*) atau anakan tetap, dimulai pada 120 HST dan berakhir hingga 270 HST untuk tebu berumur 12 bulan. Selama awal pada periode fase ini terjadi pemantapan jumlah anakan (*fase steady*). Dari seluruh anakan yang dihasilkan, hanya 40 – 50 % yang akan berlangsung hidup hingga umur 150 HST membentuk batang tebu yang dapat digiling (*millable cane*). Pada fase ini terjadi pembentukan dan pemanjangan batang yang menentukan produksi. Pembentukan daun berlangsung terus menerus secara cepat dengan indeks luas daun hingga mencapai 6 – 7. Pada kondisi yang cocok batang tumbuh secara cepat, hampir 4 – 5 ruas per bulan. Irigasi tetes, pemupukan, kondisi hangat dan lembab, kondisi matahari cerah akan memacu perpanjangan batang lebih baik. Stres air akan mengurangi panjang ruas. Suhu sekitar 30°C dengan kelembaban sekitar 80% sangat kondusif untuk pertumbuhan yang baik.

Fase pemasakan dan pematangan (*ripening and maturity phase*), untuk tebu berumur 12 bulan akan berlangsung dari 270 HST sampai 360 HST. Pembentukan dan akumulasi gula secara cepat terjadi pada fase ini, sebaliknya pertumbuhan vegetatif berkurang. Tebu masak dimulai dari batang bagian bawah ke atas sehingga batang bagian bawah mengandung kadar gula lebih tinggi dari bagian atas.

## B. Model Pertumbuhan

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

### *Simulasi nilai produksi biomassa*

Produksi biomassa potensial dihitung berdasarkan efisiensi penggunaan radiasi surya yang ditersepsi 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 (Charles-Edward, D *et al*, 1986). Besarnya radiasi surya yang diintersepsi dihitung berdasarkan Hukum Beer yakni :

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

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

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

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

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

$\tau$  = proporsi radiasi surya yang ditransmisikan oleh tajuk tanaman

$k$  = koefisien pemadaman tajuk tanaman

$e$  = bilangan dasar logaritma (2,7183)

ILD = Indeks luas daun

Nilai  $k$  (parameter) ditentukan berdasarkan nilai rata-rata selama satu hari, yang selanjutnya dirata-ratakan selama musim pertumbuhan. Pada simulasi produksi biomassa potensial ( $B_p$ ) diasumsikan bahwa ketersediaan air bukan merupakan faktor pembatas.



Perhitungan produksi biomassa potensial (Bp) :

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

$$Bp = LUE \times (1 - e^{-k_{ILD}}) \times Q_s$$

Dimana : Bp = produksi biomassa potensial (kg Ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>)

LUE= efisiensi penggunaan cahaya (kg MJ<sup>-1</sup>)

Pada simulasi produksi biomassa aktual (Ba) mempertimbangkan faktor ketersediaan air (wdf) dan biomassa potensial (Bp). Perhitungan produksi biomassa aktual (Ba) (Denmead, O. T and Millar, B. D. 1976) :

$$Ba = wdf \times Bp$$

$$wdf = \frac{Ta}{Tm}$$

Dimana : Ba = produksi biomassa aktual (kg Ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>)

wdf = faktor ketersediaan air

Ta = transpirasi aktual

Tm = 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 (Rg) dan respirasi pemeliharaan (Rm) yang dihitung berdasarkan suhu udara dan massa masing-masing organ (McCree, K. J and Fernandez. 1989) berikut :

$$dW_x = \eta_x \times (Ba - Rg - Rm)$$

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

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

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

Dimana : dW<sub>x</sub> = penambahan massa organ x (kg Ha<sup>-1</sup>hari<sup>-1</sup>)

η<sub>x</sub> = proporsi biomassa dialokasikan ke organ x (daun, batang, akar)

Ba = produksi biomassa aktual (kg Ha<sup>-1</sup>d<sup>-1</sup>)

Rg = respirasi pertumbuhan (kg Ha<sup>-1</sup>hari<sup>-1</sup>)

Rm = respirasi pemeliharaan (kg Ha<sup>-1</sup>hari<sup>-1</sup>)

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

Produksi biomassa yang dialokasikan pada masing-masing organ ( $\eta_x$ ) yang dihitung berdasarkan fungsi fase perkembangan tanaman. Pada awal pertumbuhan, produksi biomassa hanya dialokasikan ke daun, batang dan akar dengan alokasi terbanyak pada daun.

#### ***Simulasi nilai indeks luas 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 :

$$dILD = SLA \times dW_L$$

Dimana : dILD = perubahan indeks luas daun

SLA = luas daun spesifik ( $\text{Ha kg}^{-1}$ )

$dW_L$  = perubahan massa daun ( $\text{kg Ha}^{-1}\text{hari}^{-1}$ )

#### **C. 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.

#### ***Simulasi nilai intersepsi air hujan oleh tajuk tanaman***

Jumlah air yang dintersepsi air hujan oleh tajuk tanaman ( $I_c$ ) tergantung dari curah hujan (P) dan indeks luas daun (ILD) (Zinke, P. J. 1967) sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll}
 I_c = \min (ILD, P) & 0 \leq ILD \leq 3 \\
 I_c = \min (1,27, P) & ILD > 3
 \end{array}$$

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

***Simulasi nilai infiltrasi dan perkolasi***

Infiltrasi (Is) dihitung dari selisih curah hujan (P) atau irigasi (Ir) dan intersepsi tajuk tanaman (Ic) dengan persamaan sebagai berikut :

$$I_s = P^* - I_c$$

$$I_s = P + I_r - I_c$$

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

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

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

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

***Simulasi nilai evapotranspirasi potensial***

Evapotranspirasi potensial (ETm/ETp) 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 :

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

$$E_m = ETm \times (e^{-kILD})$$

$$T_m = ETm - E_m$$

Dimana :  $\Delta$  = kemiringan kurva hubungan antara tekanan uap air jenuh dan suhu udara ( $PaK^{-1}$ )

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

$\gamma$  = tetapan psikometer ( $66,1 Pa^0C^{-1}$ )

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

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

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

$E_m$  = evaporasi maksimum

$T_m$  = transpirasi maksimum

$ETm(ETP)$  = evapotranspirasi maksimum

Akar akan menggunakan air tanah pertama-tama dari lapisan teratas jika  $T_a < T_m$ . Akar akan menggunakan/mengabsorpsi air pada tiap-tiap kedalaman tanah ( $Tr_1$  atau  $Tr_2$ ) jika kadar air tanah (KAT) lebih besar dari titik layu permanen (TLP) dan peningkatan kapasitas lapang (KL) dimana laju tranpirasi maksimum ( $T_m$ ) juga sama. Bila maka akar akan mengambil air dari lapisan berikutnya, demikian seterusnya sampai  $T_a = T_m$  atau batas kedalaman akar telah tercapai.

Berikut perhitungan penggunaan air oleh akar pada 2 kedalaman/lapisan tanah :

$$\begin{aligned} Tr_1 &= T_m, & KAT_1 &\geq KL_1 \\ Tr_1 &= T_m \times (KAT_1 - TLP_1)/(KL_1 - TLP_1) & TLP_1 < KAT_1 < KL_1 \\ Tr_1 &= 0, & KAT_1 &\leq TLP_1 \\ Tr_2 &= T_m, & KAT_2 &\geq KL_2 \\ Tr_2 &= T_m \times (KAT_2 - TLP_2)/(KL_2 - TLP_2) & TLP_2 < KAT_2 < KL_2 \\ Tr_2 &= 0 & KAT_2 &\leq TLP_2 \end{aligned}$$

Transpirasi ( $T_a$ ) dihitung berdasarkan jumlah penggunaan air oleh akar :

$$T_a = Tr_1 + Tr_2$$

Ketika  $T_a$  dibatasi oleh  $T_m$  dengan pertimbangan bahwa akar pertama menyerap air pada kedalaman/lapisan pertama tanah kemudian  $Tr_2$  dan  $T_a$  dihitung kembali jika  $T_a > T_m$  sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Tr_2 &= T_m - Tr_1, & T_a &> T_m \\ T_a &= T_m, & T_a &> T_m \end{aligned}$$

Neraca air tanah pada lapisan pertama dihitung :

$$KAT_{1t} = KAT_{1t-1} + Inf_t - Ea_t - Tr_{1t}$$

Dimana :  $t =$  waktu

Seperti neraca air tanah pada lapisan tanah 2 maka drainase dihitung :

$$\begin{aligned} KAT_{2t} &= KAT_{2t-1} + Pc_t - Tr_{2t} \\ Dr_t &= KAT_{2t} - KL_2, & KAT_{2t} &> KL_2 \\ KAT_{2t} &= KL_2, & KAT_{2t} &> KL_2 \\ Dr_t &= 0, & KAT_{2t} &\leq KL_2 \end{aligned}$$

# BAB 5

## INTERSEPSI RADIASI DAN NILAI EFISIENSI PENGGUNAAN CAHAYA TEBU

### A. Intersepsi Radiasi (*Qint*) Tanaman Tebu

Berdasarkan Tabel 2 nilai intersepsi radiasi (*Qint*) tanaman tebu berkisar 7.54 (MJ m<sup>-2</sup>) hingga 15.58 (MJ m<sup>-2</sup>). Nilai minimum dicapai pada fase anakan maksimum (1 – 3 BST) dan maksimum pada fase batang maksimum (5 – 9 BST) Berdasarkan hasil analisis ragam, *Qint* saat fase anakan maksimum (1 - 3 BST) memberikan respon berpengaruh nyata terhadap pemupukan N dan P, tapi tidak berpengaruh nyata terhadap interaksi pemupukan N dan P. Intersepsi radiasi (*Qint*) pada fase anakan tetap (3 – 5 BST), fase batang maksimum (5 - 9 BST) dan fase panen (9 - 11 BST) memberikan respon perlakuan yang tidak berpengaruh nyata terhadap perlakuan pemupukan N, P dan interaksinya.

**Tabel 4. Nilai Intersepsi Radiasi (*Qint*) Tanaman Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P per Fase Perkembangan Tanaman Tebu.**

| Nilai Intersepsi Radiasi ( <i>Qint</i> ) Tanaman Tebu (MJ m <sup>-2</sup> )<br>Per Fase Perkembangan Tebu |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| Perlakuan   | <i>Fase Anakan Maksimum (1 - 3 BST)</i>                                  |  |   |   |
|   | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>195 kg Urea ha <sup>-1</sup> )                                  | 7,54   | 7,75   | 8,04  | 8,41  |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>293 kg Urea ha <sup>-1</sup> )                                 | 8,40   | 8,26   | 8,86  | 9,12  |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>391 kg Urea ha <sup>-1</sup> )                                 | 9,30   | 9,26   | 9,62  | 9,66  |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>489 kg Urea ha <sup>-1</sup> )                                 | 9,49   | 9,72   | 9,83  | 10,12   |
| Perlakuan   | <i>Fase Anakan Tetap (3 - 5 BST)</i>                                     |  |   |   |
|   | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>195 kg Urea ha <sup>-1</sup> )                                  | 11,86  | 12,52  | 11,50   | 12,33   |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>293 kg Urea ha <sup>-1</sup> )                                 | 12,54  | 12,82  | 11,57   | 13,71   |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>391 kg Urea ha <sup>-1</sup> )                                 | 13,41  | 14,01  | 14,15   | 11,46   |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>489 kg Urea ha <sup>-1</sup> )                                 | 11,44  | 11,63  | 11,72   | 14,30   |

| Perlakuan   | <i>Fase Batang Maksimum (5 - 9 BST)</i>                                  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
|   | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>195 kg Urea ha <sup>-1</sup> )  | 13,57  | 13,69  | 13,74   | 13,82   |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>293 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 13,93  | 14,04  | 14,18   | 14,30   |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>391 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 14,38  | 14,47  | 14,58   | 14,69   |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>489 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 15,58  | 14,28  | 14,33   | 14,41   |
| Perlakuan   | <i>Fase Panen (9 - 11 BST)</i>   |  |   |   |
|   | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>195 kg Urea ha <sup>-1</sup> )  | 11,10  | 11,21  | 11,35   | 11,44   |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>293 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 11,52  | 11,59  | 11,72   | 11,81   |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>391 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 11,91  | 12,04  | 12,10   | 12,24   |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup> setara<br>489 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 12,37  | 12,50  | 12,61   | 12,72   |

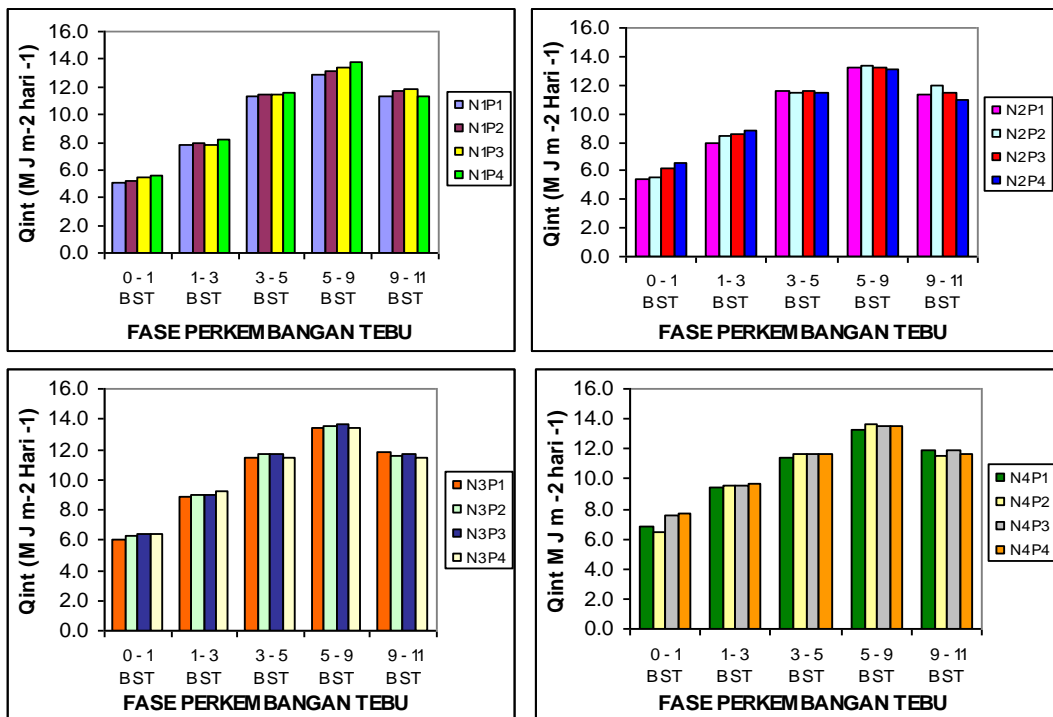
Berdasarkan uji lanjut Duncan pada Tabel 4, fase anakan maksimum (1 - 3 BST) perlakuan N4 (225 kg N ha<sup>-1</sup> setara 536 kg Urea ha<sup>-1</sup>) memberikan respon perlakuan yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan perlakuan N1, N2, N3. Wiedenfeld and Enciso (2008) mengemukakan bahwa aplikasi pemupukan 180 kg N ha<sup>-1</sup> berpengaruh signifikan terhadap peningkatan biomassa tebu berupa struktur tajuk (batang dan daun). Allison and Pammentor (2002) menyatakan bahwa tanaman tebu yang kekurangan N di awal perkembangannya akan mempunyai gejala daun berwarna kuning, terjadi reduksi ILD, daun cepat mati atau mengering maka akan mempengaruhi fluktuasi intersepsi radiasi (*Qint*).

**Tabel 5. Intersepsi Radiasi (*Qint*) Tanaman Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P Saat Fase Anakan Maksimum (1 - 3 BST).**

| Perlakuan   | Intersepsi Radiasi ( <i>Qint</i> ) (MJm <sup>-2</sup> hari <sup>-1</sup> )<br>Fase Anakan Maksimum (1 - 3 BST)<br>Rata-rata |
|---|---|
| N1 (90 kg N ha <sup>-1</sup> setara 195 kg Urea ha <sup>-1</sup> )  | 7.93 a  |
| N2 (135 kg N ha <sup>-1</sup> setara 293 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 8.44 b  |
| N3 (180 kg N ha <sup>-1</sup> setara 391 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 9.03 c  |
| N4 (225 kg N ha <sup>-1</sup> setara 489 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 9.53 d  |
| P1 (36 kg P ha <sup>-1</sup> setara 100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> )  | 8.50 a  |
| P2 (72 kg P ha <sup>-1</sup> setara 200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> )  | 8.70 ab   |
| P3 (108 kg P ha <sup>-1</sup> setara 300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | 8.76 ab   |
| P4 (144 kg P ha <sup>-1</sup> setara 400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | 8.97 b  |

Keterangan : angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada  $\alpha = 5\%$

Perlakuan P3 dan P4 memberikan respon perlakuan yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan P1 dan P2. Glaz *et al.* (2000) ; Prabawa (2006) mengemukakan bahwa pemupukan P dengan kisaran dosis tertentu yang terlambat akan berakibat tanaman kerdil dan anakan berkurang. Hal ini relevan dengan Muchow *et al.* (1994) yang mengemukakan bahwa intersepsi radiasi dipengaruhi oleh perubahan indeks luas daun dan struktur kanopi (batang dan daun).



**Gambar 6. Intersepsi Radiasi (*Qint*) Tebu Pada Berbagai Tingkat Pemupukan N dan P**

Berdasarkan hasil analisis ragam, Qint pada fase muncul lapang/*emergence* (0 - 1 BST) dan fase anakan maksimum (1 - 3 BST) memberikan respon berbeda nyata terhadap pemupukan N dan P, tapi tidak berbeda nyata terhadap interaksi pemupukan N dan P. Pada fase muncul lapang/*emergence* (0 - 1 BST) diperoleh nilai p-value N = 0.001 < 5%, p-value P = 0.005 < 5% sedangkan p-value N\*P = 0.746 > 5%. Pada fase anakan maksimum (1 - 3 BST) diperoleh nilai p-value N = 0.001 < 5%, p-value P = 0.010 < 5% sedangkan p-value N\*P = 0.908 > 5%.

Inman-Bamber (1994) menyatakan bahwa fraksi intersepsi mengalami peningkatan yang signifikan di awal fase perkembangan tebu dan kemudian terjadi pelambatan dan penurunan fraksi intersepsi karena perkembangan struktur tajuk serta di akhir fase perkembangan tebu mulai terjadi reduksi indeks luas daun (ILD).

Intersepsi radiasi (Qint) pada fase anakan tetap (3 - 5 BST), fase batang maksimum (5 - 9 BST) dan fase panen (9 - 11 BST) memberikan respon yang tidak berbeda nyata terhadap perlakuan pemupukan N, P dan interaksinya. Pada fase anakan tetap (3 - 5 BST) diperoleh nilai p-value N = 0.895 > 5%, p-value P = 0.884 > 5% dan p-value N\*P = 1.000 > 5%. Pada fase batang maksimum (5 - 9 BST) diperoleh nilai p-value N = 0.459 > 5%, p-value P = 0.520 > 5%, p-value N\*P = 0.814 > 5%. Pada fase panen (9 - 11 BST) diperoleh nilai p-value N = 0.591 > 5%, p-value P = 0.359 > 5%, p-value N\*P = 0.769 > 5%. Muchow *et al.* (1997) mengemukakan bahwa peningkatan laju jumlah trash (*death leaf rate*) tebu di akhir perkembangan tanaman berdampak pada penurunan laju fraksi intersepsi.



## B. Hubungan Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari, Berat Kering, Produksi Tebu dengan Pemupukan N dan P

### B.1. Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu

Nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tanaman tebu merupakan *slope* hubungan intersepsi radiasi (*Qint*) dengan perubahan berat kering total tanaman tebu. Inman-Bamber (1994) ; Muchow *et al.* (1994) ; Martine *et al.* (1999) menyatakan bahwa *slope linier* merupakan basis penentuan (estimasi) nilai efisiensi penggunaan cahaya tebu.

Nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tanaman tebu berkisar 1.02 g MJ<sup>-1</sup> hingga 2.29 g MJ<sup>-1</sup> (Tabel 5). Nilai minimum efisiensi penggunaan cahaya tanaman tebu dicapai pada fase anakan maksimum (1 – 3 BST) dan nilai maksimum pada fase batang maksimum (5 – 9 BST). Hal ini disebabkan karena nilai intersepsi radiasi (*Qint*) maksimum pada fase batang maksimum (5 – 9 BST) yakni sebesar 15.58 MJ m<sup>-2</sup> dan minimum pada fase anakan maksimum (1 – 3 BST) sebesar 7.54 MJ m<sup>-2</sup>.

**Tabel 6. Nilai Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P per Fase Perkembangan Tanaman Tebu.**

| Nilai Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu (g MJ <sup>-1</sup> )<br>Per Fase Perkembangan Tebu |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| Perlakuan  | Fase Anakan Maksimum (1 - 3 BST)   |  |   |   |
|  | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 195 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                                      | 1.0342x + 5.45   | 1.0889x + 4.88   | 1.0727x + 4.96  | 1.0754x + 4.93  |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 293 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                                     | 1.0885x + 4.89   | 1.0366x + 6.01   | 1.0173x + 5.62  | 1.0578x + 5.05  |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 391 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                                     | 1.0639x + 5.22   | 1.0929x + 5.18   | 1.0705x + 5.02  | 1.0342x + 5.52  |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 489 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                                     | 1.1025x + 5.03   | 1.1228x + 5.23   | 1.1405x + 5.15  | 1.2011x + 4.96  |
| Perlakuan  | Fase Anakan Tetap (3 - 5 BST)  |  |   |   |
|  | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 195 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                                      | 1.2676x + 17.3   | 1.2167x + 17.6   | 1.2684x + 18.5  | 1.2448x + 18.9  |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 293 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                                     | 1.3482x + 18.3   | 1.1115x + 21.2   | 1.4398x + 17.4  | 1.4114x + 16.2  |

|   |   |   |  |  |
|---|---|---|--|--|
| Urea ha <sup>-1</sup> )<br>N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 391 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 1.3541x + 17.4  | 1.3421x + 17.3  | 1.3505x + 17.8   | 1.4314x + 18.6   |
| Urea ha <sup>-1</sup> )<br>N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 489 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 1.5566x + 18.6  | 1.5195x + 17.9  | 1.5777x + 17.7   | 1.5897x + 14.5   |
|   | <i>Fase Batang Maksimum (5 - 9 BST)</i>   |   |  |  |
| <b>Perlakuan</b>  | <b>P1</b><br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | <b>P2</b><br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | <b>P3</b><br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | <b>P4</b><br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 195 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                             | 1.5025x + 37.2  | 1.4498x + 38.5  | 1.5134x + 37.8   | 1.556x + 37..2   |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 293 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                            | 1.5022x + 37.9  | 1.5605x + 36.9  | 1.5536x + 36.9   | 1.6252x + 35.7   |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 391 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                            | 1.7252x + 34.2  | 1.7032x + 34.5  | 1.7219x + 34.2   | 1.7479x + 33.9   |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 489 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                            | 2.1063x + 28.3  | 2.1751x + 30.3  | 2.1109x + 31.0   | 2.2953x + 28.3   |
|   | <i>Fase Panen (9 - 11 BST)</i>  |   |  |  |
| <b>Perlakuan</b>  | <b>P1</b><br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | <b>P2</b><br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | <b>P3</b><br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | <b>P4</b><br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 195 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                             | 1.3001x + 60.8  | 1.2447x + 61.4  | 1.2115x + 61.7   | 1.2335x + 61.5   |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 293 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                            | 1.2733x + 61.0  | 1.2369x + 61.4  | 1.2968x + 60.6   | 1.3311x + 60.3   |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 391 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                            | 1.3522x + 60.0  | 1.4419x + 58.9  | 1.4168x + 59.1   | 1.4528x + 58.7   |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 489 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                            | 1.5107x + 57.9  | 1.5099x + 57.8  | 1.5961x + 56.6   | 1.544x + 57.2  |

Muchow *et al.* (1997) menyatakan bahwa fraksi intersepsi radiasi harian (*daily fraction of radiation intercepted*) tanaman tebu mencapai maksimal pada 300 - 350 DAP (*day after plant*) dan mulai mengalami penurunan di akhir perkembangan tanaman tebu, hal ini berdampak signifikan pada peningkatan maksimal nilai efisiensi penggunaan cahaya tebu sebesar 2.00 g MJ<sup>-1</sup>. Pada riset tersebut nilai efisiensi penggunaan cahaya tanaman tebu maksimum pada 2.00 g MJ<sup>-1</sup> dengan akumulasi perubahan biomassa sebesar 41.10 gm<sup>-2</sup> sedangkan pada penelitian ini nilai efisiensi penggunaan cahaya tanaman tebu

maksimum pada  $2.29 \text{ g MJ}^{-1}$  dengan akumulasi perubahan berat kering total sebesar  $61.33 \text{ g m}^{-2}$ .

Martine *et al.* (1999) menyatakan bahwa nilai efisiensi penggunaan cahaya tanaman *ratoon* tebu sebesar  $2.38 \text{ g MJ}^{-1}$  hingga  $3.55 \text{ g MJ}^{-1}$  tergantung secara langsung (*directly effect*) pada indeks luas daun yang mengintersepsi radiasi pada kisaran nilai intersepsi radiasi (*Qint*) sebesar  $10 \text{ MJ m}^{-2}$  hingga  $25 \text{ MJ m}^{-2}$ . Inman-Bamber (1994) mengemukakan bahwa peningkatan laju jumlah *trash* (*death leaf*) dan penurunan struktur kanopi tanaman tebu di akhir periode tahapan perkembangan tebu berdampak pada penurunan laju insiden/fraksi radiasi yang diintersepsi serta fluktuasi efisiensi penggunaan cahaya tebu. Yang *et al.* (2006) ; Allison and Pammentor (2002) menyatakan bahwa tanaman tebu yang kekurangan N di awal perkembangannya akan mempunyai gejala daun berwarna kuning, terjadi reduksi ILD, daun cepat mati atau mengering maka akan mempengaruhi fluktuasi intersepsi radiasi (*Qint*).

Berdasarkan hasil analisis ragam, nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tanaman tebu pada fase anakan maksimum (1 – 3 BST), fase anakan tetap (3 – 5 BST) dan fase panen (9 – 11 BST) memberikan respon tidak berpengaruh nyata pada perlakuan pemupukan N, P dan interaksi antar keduanya. Perlakuan pemupukan N, P dan interaksinya pada beberapa fase perkembangan tebu tersebut tidak berdampak signifikan terhadap nilai efisiensi penggunaan cahaya tanaman tebu karena pada fase tersebut pemupukan N, P dan interaksinya belum maksimal dalam mengakumulasi pertumbuhan daun (ILD) tebu sehingga kanopi tanaman tebu belum maksimal mengintersepsi cahaya matahari. Salgado *et al.* (2002) menyatakan bahwa fertilisasi N dan P kurang berdampak signifikan pada peningkatan organ tanaman tebu (kanopi/tajuk) di awal dan akhir fase perkembangan tebu dan akhirnya berpengaruh pada fraksi radiasi yang diintersepsi. Berdasarkan Tabel 6, nilai indeks luas daun (ILD) tanaman tebu mencapai maksimum pada fase batang maksimum dengan nilai sebesar 4.29. Nilai indeks luas daun (ILD) minimum dicapai pada fase muncul lapang sebesar 0.97.

**Tabel 7. Nilai Indeks Luas Daun (ILD) Tanaman Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P per Fase Perkembangan Tanaman Tebu.**

| Nilai Indeks Luas Daun (ILD) Per Fase Perkembangan Tebu                      |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| Perlakuan  | <i>Fase Muncul Lapang (1BST)</i>   |  |   |   |
|  | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 195 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )  | 0.97   | 0.99   | 1.06  | 1.08  |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 293 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 1.06   | 1.08   | 1.23  | 1.34  |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 391 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 1.21   | 1.25   | 1.27  | 1.29  |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 489 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 1.40   | 1.29   | 1.62  | 1.66  |
| Perlakuan  | <i>Fase Anakan Maksimum (3BST)</i>                                       |  |   |   |
|  | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 195 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )  | 1.98   | 2.03   | 2.01  | 2.11  |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 293 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 2.05   | 2.22   | 2.33  | 2.39  |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 391 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 2.41   | 2.48   | 2.50  | 2.61  |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 489 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 2.67   | 2.72   | 2.74  | 2.82  |
| Perlakuan  | <i>Fase Anakan Tetap (5 BST)</i>   |  |   |   |
|  | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 195 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )  | 3.51   | 3.56   | 3.62  | 3.62  |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 293 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 3.67   | 3.60   | 3.67  | 3.60  |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 391 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 3.58   | 3.79   | 3.75  | 3.60  |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 489 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 3.58   | 3.71   | 3.77  | 3.71  |
| Perlakuan  | <i>Fase Batang Maksimum (9 BST)</i>                                      |  |   |   |
|  | P1<br>(36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P2<br>(72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P3<br>(108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | P4<br>(144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 195 kg)                            | 3.86   | 3.92   | 4.16  | 4.42  |

|   |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| Urea ha <sup>-1</sup> )<br>N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 293 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 4.05   | 4.07   | 3.97  | 3.95  |
| Urea ha <sup>-1</sup> )<br>N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 391 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 4.14   | 4.20   | 4.29  | 4.18  |
| Urea ha <sup>-1</sup> )<br>N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 489 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> ) | 4.01   | 4.27   | 4.18  | 4.25  |
| <i>Fase Panen (11 BST)</i>  |  |  |   |   |
| Perlakuan   | P1   | P2   | P3  | P4  |
|   | (36 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>100 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | (72 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>200 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | (108 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>300 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) | (144 kg P ha <sup>-1</sup> setara<br>400 kg SP36 ha <sup>-1</sup> ) |
| N1<br>(90 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 195 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                             | 3.34   | 3.58   | 3.73  | 3.34  |
| N2<br>(135 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 293 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                            | 3.36   | 3.75   | 3.43  | 3.15  |
| N3<br>(180 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 391 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                            | 3.64   | 3.51   | 3.58  | 3.38  |
| N4<br>(225 kg N ha <sup>-1</sup><br>setara 489 kg<br>Urea ha <sup>-1</sup> )                            | 3.73   | 3.45   | 3.71  | 3.58  |

Berdasarkan hasil analisis ragam, nilai efisiensi penggunaan cahaya tanaman tebu pada fase batang maksimum (5 – 9 BST) memberikan respon berpengaruh nyata terhadap aplikasi pemupukan N, tapi tidak berpengaruh nyata terhadap pemupukan P dan interaksinya. Pemupukan N pada fase batang maksimum (5 – 9 BST) berdampak berpengaruh signifikan terhadap nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tanaman tebu disebabkan oleh karena pengaruh N memicu pertumbuhan akumulasi organ tanaman tebu (kanopi/tajuk) dan hal ini berdampak pada peningkatan fraksi cahaya matahari yang diintersepsi oleh tanaman tebu. Muchow *et al.* (1994) menyatakan bahwa peningkatan fluktuasi efisiensi penggunaan cahaya matahari dipengaruhi oleh insiden radiasi yang diintersepsi oleh kanopi/tajuk tanaman tebu yang telah mengalami perkembangan optimal (maksimum).

Perlakuan pemupukan P tidak berpengaruh signifikan terhadap fluktuasi nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tanaman tebu karena kandungan fosfor (P) di masing-masing organ tanaman tebu terjadi penurunan seiring bertambahnya umur tanaman tebu (Tabel 7, 8 dan 9). Glaz *et al.* (2000) ;

Martine *et al.* (1999) mengemukakan bahwa pada level fertilisasi P tertentu, tidak signifikan dalam memicu akumulasi biomassa organ tanaman tebu maka akhirnya tidak maksimal dalam mempengaruhi fluktuasi nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tanaman tebu.

**Tabel 8. Kandungan Hara P Daun Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P Saat Fase 3 dan 6 BST**

| Umur  | Pupuk N (kg N ha <sup>-1</sup> ) | Pupuk P (kg P ha <sup>-1</sup> ) |      |      |      |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|------|------|------|
|       |                                  | 36                               | 72   | 108  | 144  |
|       |                                  | -----%-----                      |      |      |      |
| 3 BST | 90                               | 0.22                             | 0.32 | 0.27 | 0.29 |
|       | 135                              | 0.27                             | 0.26 | 0.28 | 0.27 |
|       | 180                              | 0.28                             | 0.28 | 0.29 | 0.30 |
|       | 225                              | 0.29                             | 0.33 | 0.27 | 0.32 |
| 6 BST | 90                               | 0.18                             | 0.23 | 0.19 | 0.14 |
|       | 135                              | 0.16                             | 0.21 | 0.20 | 0.18 |
|       | 180                              | 0.16                             | 0.19 | 0.19 | 0.16 |
|       | 225                              | 0.18                             | 0.18 | 0.13 | 0.20 |

Berdasarkan Tabel 8, kandungan hara P batang tebu terjadi penurunan seiring bertambahnya umur tanaman tebu. Pada 3 BST kandungan hara P berkisar 0.14 hingga 0.31 kg P Ha<sup>-1</sup>. Pada 6 BST berkisar 0.12 hingga 0.19 kg P Ha<sup>-1</sup>.

**Tabel 9. Kandungan Hara P Batang Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P Saat Fase 3 dan 6 BST**

| Umur  | Pupuk N (kg N ha <sup>-1</sup> ) | Pupuk P (kg P ha <sup>-1</sup> ) |      |      |      |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|------|------|------|
|       |                                  | 36                               | 72   | 108  | 144  |
|       |                                  | -----%-----                      |      |      |      |
| 3 BST | 90                               | 0.23                             | 0.31 | 0.20 | 0.25 |
|       | 135                              | 0.28                             | 0.20 | 0.14 | 0.25 |
|       | 180                              | 0.21                             | 0.29 | 0.20 | 0.22 |
|       | 225                              | 0.26                             | 0.27 | 0.16 | 0.21 |
| 6 BST | 90                               | 0.14                             | 0.17 | 0.12 | 0.17 |
|       | 135                              | 0.15                             | 0.16 | 0.16 | 0.17 |
|       | 180                              | 0.15                             | 0.13 | 0.16 | 0.12 |
|       | 225                              | 0.18                             | 0.19 | 0.15 | 0.16 |

Berdasarkan Tabel 9, kandungan hara P akar tebu terjadi penurunan seiring bertambahnya umur tanaman tebu. Pada 3 BST kandungan hara P akar berkisar 0.06 hingga 0.11 kg P Ha<sup>-1</sup>. Pada 6 BST berkisar 0.05 hingga 0.08 kg P Ha<sup>-1</sup>.

**Tabel 10. Kandungan Hara P Akar Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P Saat Fase 3 dan 6 BST**

| Umur  | Pupuk N (kg N ha <sup>-1</sup> ) | Pupuk P (kg P ha <sup>-1</sup> ) |      |      |      |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|------|------|------|
|       |                                  | 36                               | 72   | 108  | 144  |
|       |                                  | -----%-----                      |      |      |      |
| 3 BST | 90                               | 0.07                             | 0.08 | 0.11 | 0.06 |
|       | 135                              | 0.06                             | 0.06 | 0.08 | 0.06 |
|       | 180                              | 0.06                             | 0.08 | 0.08 | 0.08 |
|       | 225                              | 0.07                             | 0.06 | 0.07 | 0.07 |
| 6 BST | 90                               | 0.05                             | 0.06 | 0.06 | 0.05 |
|       | 135                              | 0.06                             | 0.06 | 0.05 | 0.06 |
|       | 180                              | 0.05                             | 0.07 | 0.05 | 0.06 |
|       | 225                              | 0.07                             | 0.08 | 0.06 | 0.07 |

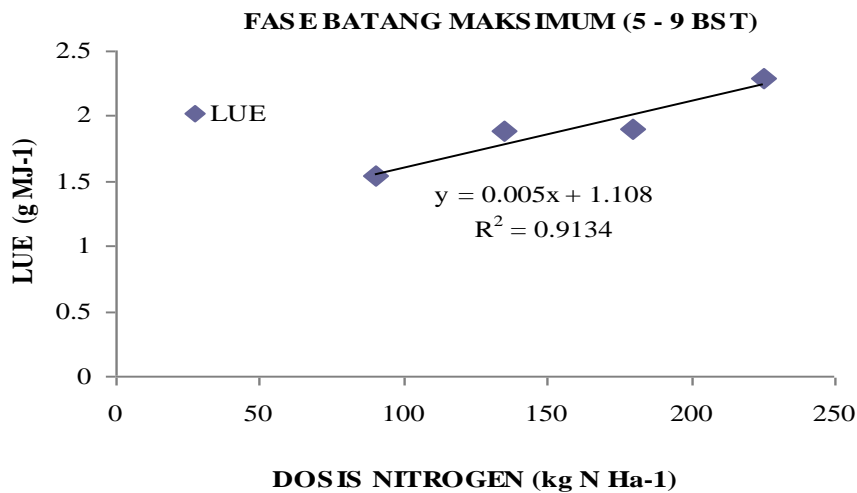
Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 10, perlakuan N4 (225 kg N ha<sup>-1</sup> setara 489 kg Urea ha<sup>-1</sup>) memberikan respon perlakuan yang berbeda nyata jika dibandingkan N1, N2 dan N3 dengan nilai efisiensi penggunaan cahaya tanaman tebu sebesar 2.29 g MJ<sup>-1</sup>. Martine *et al.* (1999) mengemukakan bahwa pada aplikasi pemupukan 222 kg N ha<sup>-1</sup>, 70 kg P ha<sup>-1</sup>, 270 kg K ha<sup>-1</sup> dapat mamacu peningkatan biomassa tebu dan berpengaruh langsung pada fluktuasi efisiensi penggunaan cahaya tebu sebesar 2.38 g MJ<sup>-1</sup> hingga 3.55 g MJ<sup>-1</sup>.

**Tabel 11. Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu pada Tingkat Pemupukan N Saat Fase Batang Maksimum (5 – 9 BST)**

| Nilai Efisiensi Penggunaan Cahaya (g MJ <sup>-1</sup> )             |                                  |
|---|----------------------------------|
| Perlakuan   | Fase Batang Maksimum (5 – 9 BST) |
| N1 (90 kg N ha <sup>-1</sup> setara 195 kg Urea ha <sup>-1</sup> )  | 1.54 a                           |
| N2 (135 kg N ha <sup>-1</sup> setara 293 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 1.88 b                           |
| N3 (180 kg N ha <sup>-1</sup> setara 391 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 1.90 b                           |
| N4 (225 kg N ha <sup>-1</sup> setara 489 kg Urea ha <sup>-1</sup> ) | 2.29 c                           |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada  $\alpha = 5\%$

Berdasarkan Gambar 7, N4 (225 kg N ha<sup>-1</sup> setara 489 kg Urea ha<sup>-1</sup>) memberikan pengaruh signifikan dibanding perlakuan N1, N2 dan N3 terhadap peningkatan efisiensi penggunaan cahaya tebu sebesar 2.25 g MJ<sup>-1</sup>. Hubungan efisiensi penggunaan cahaya tebu dengan dosis pemupukan N ini dinyatakan dengan persamaan regresi  $y = 0.005x + 1.108$  dengan koefisien determinasi  $R = 0.913$ .



**Gambar 7. Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu Pada Tingkat Pemupukan N Saat Fase Batang Maksimum (5 – 9 BST)**

## B.2. Berat Kering Batang Tebu

Berdasarkan hasil analisis ragam, berat kering batang tebu pada fase muncul lapang (1 BST) dan fase anakan tetap (5 BST) memberikan respon perlakuan berpengaruh nyata terhadap pemupukan N, P dan interaksinya. Prabawa (2006) ; Salgado *et al.* (2002) mengemukakan bahwa kombinasi pemupukan N dan P di fase awal perkembangan tebu sangat berkontribusi pada peningkatan berat kering batang (*stalks*) tebu. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 11, saat fase muncul lapang (1 BST) dan fase anakan tetap (5 BST) kombinasi perlakuan N4P1, N4P2, N4P3, N4P4 memberikan respon perlakuan yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan kombinasi perlakuan N3P4, N3P3, N3P2, N3P1, N2P4, N2P3, N2P2, N2P1, N1P4, N1P3, N1P2, N1P1.



**Tabel 12. Berat Kering Batang Tebu dengan Kombinasi Perlakuan N dan P Saat Fase Muncul Lapang (1 BST) dan Fase Anakan Tetap (5 BST).**

| Berat Kering Batang Tebu ( $\text{g m}^{-2}$ ) dengan Kombinasi Perlakuan N dan P |  |  |   |   |
|---|--|--|---|---|
| Perlakuan   | Fase Muncul Lapang (1 BST)   |  |   |   |
|   | P1<br>(36 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>100 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) | P2<br>(72 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>200 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) | P3<br>(108 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>300 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) | P4<br>(144 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>400 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) |
| N1<br>(90 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 195<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )          | 0.57 b   | 0.56 b   | 0.56 b  | 0.56 b  |
| N2<br>(135 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 293<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )         | 0.50 a   | 0.57 b   | 0.63 c  | 0.63 c  |
| N3<br>(180 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 391<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )         | 0.63 c   | 0.69 d   | 0.69 d  | 0.69 d  |
| N4<br>(225 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 489<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )         | 0.74 e   | 0.75 e   | 0.74 e  | 0.74 e  |
| Perlakuan   | Fase Anakan Tetap (5 BST)  |  |   |   |
|   | P1<br>(36 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>100 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) | P2<br>(72 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>200 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) | P3<br>(108 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>300 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) | P4<br>(144 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>400 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) |
| N1<br>(90 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 195<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )          | 31.00 a  | 31.12 a  | 30.99 a   | 30.96 a   |
| N2<br>(135 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 293<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )         | 31.06 a  | 31.31a   | 32.09 b   | 32.30 b   |
| N3<br>(180 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 391<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )         | 32.41 b  | 32.45 b  | 32.54 b   | 32.51 b   |
| N4<br>(225 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 489<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )         | 33.32 c  | 33.28 c  | 33.77 cd  | 33.96 d   |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada  $\alpha = 5\%$

Berdasarkan hasil analisis ragam, berat kering batang tebu fase anakan maksimum (3 BST) , fase batang maksimum (9 BST) dan fase panen (11 BST) memberikan respon perlakuan yang berpengaruh nyata terhadap aplikasi pemupukan N dan P sedangkan interaksinya tidak berbeda nyata. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 12, fase anakan maksimum (3 BST), fase batang maksimum (9 BST) dan fase panen (11 BST), perlakuan N1, N2, N3, N4 memberikan respon yang berbeda nyata antar perlakuan. Wiedenfeld *and* Enciso (2008) mengemukakan bahwa aplikasi 180 kg N  $\text{ha}^{-1}$  ditambah dengan perlakuan irigasi tetes (*drip irrigation*) menghasilkan peningkatan hasil gula (*cane*) yang signifikan di daerah semiarid. Singh *and* Mohan (1994) mengemukakan bahwa pada aplikasi pemupukan 200 kg N  $\text{ha}^{-1}$  berdampak pada peningkatan hasil *stalk* (batang) tebu dan mulai terjadi penurunan hasil pada aplikasi 300 kg N  $\text{ha}^{-1}$ .

Allison *and* Pammentor (2002) mengemukakan bahwa peran N dalam menentukan produksi gula sangat unik, karena di satu sisi dapat meningkatkan pertumbuhan sehingga akan meningkatkan produksi tebu, tetapi di sisi lain bila tanaman banyak mengandung N pada fase pemasakan akan menurunkan rendemen.

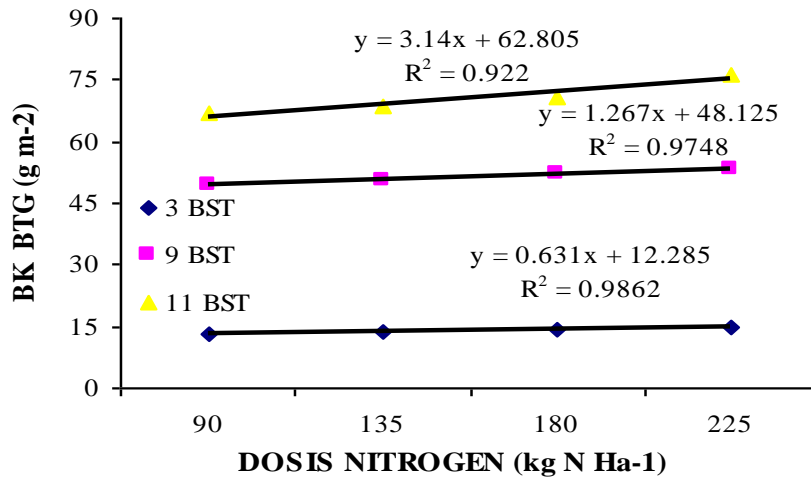
**Tabel 13. Berat Kering Batang Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P Saat Fase Anakan Maksimum (3 BST), Fase Batang Maksimum (9 BST) dan Fase Panen (11 BST).**

| Berat Kering Batang ( $\text{g m}^{-2}$ ) pada Berbagai Tingkat Pemupukan N dan P |                              |                              |                     |
|---|------------------------------|------------------------------|---------------------|
| Perlakuan   | Fase Anakan Maksimum (3 BST) | Fase Batang Maksimum (9 BST) | Fase Panen (11 BST) |
| N1 (90 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 195 kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )                | 12.97 a                      | 49.53 a                      | 66.81 a             |
| N2 (135 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 293 kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )               | 13.53 b                      | 50.32 b                      | 68.46 b             |
| N3 (180 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 391 kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )               | 14.05 c                      | 52.19 c                      | 70.88 c             |
| N4 (225 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 489 kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )               | 14.90 d                      | 53.13 d                      | 76.47 d             |
| P1 (36 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara 100 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ )                | 13.53 a                      | 50.90 a                      | 69.69 a             |
| P2 (72 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara 200 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ )                | 13.71 a                      | 51.01 ab                     | 70.26 ab            |
| P3 (108 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara 300 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ )               | 14.02 b                      | 51.54 bc                     | 70.82 bc            |
| P4 (144 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara 400 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ )               | 14.19 b                      | 51.73 c                      | 71.86 c             |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada  $\alpha = 5\%$

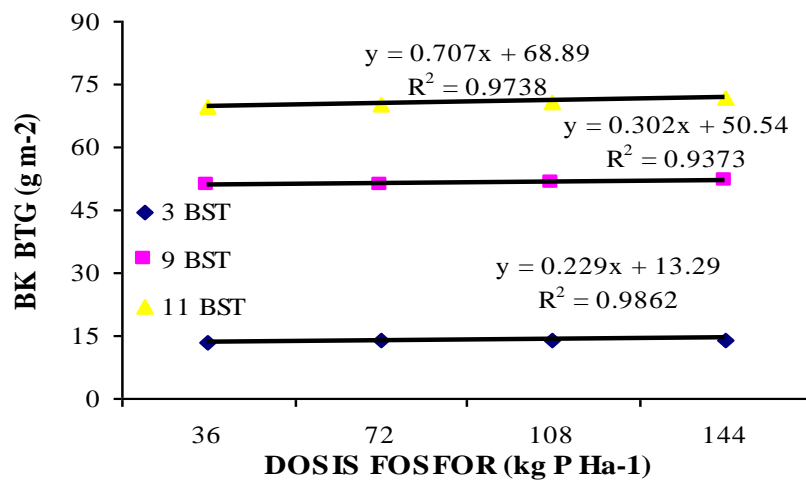
Pada fase anakan maksimum (3 BST) perlakuan P3 dan P4 memberikan respon yang berbeda jika dibandingkan dengan perlakuan P1 dan P2. Pada fase batang maksimum (9 BST) dan fase panen (11 BST) perlakuan P3 dan P4 memberikan respon yang sama dan perlakuan P4 berbeda nyata jika dibandingkan dengan perlakuan P1 dan P2. Glaz *et al.* (2000) mengemukakan bahwa hasil *miliable cane* (biomassa tebu yang dipanen) optimal yang dicapai pada aplikasi pemupukan fosfor berkisar 100 – 200 kg P  $\text{ha}^{-1}$ . Premono (1994) menyatakan bahwa pupuk P yang terlambat akan berakibat tanaman tumbuh kerdil karena jarak antar internodes batang tebu (*stalks*) kecil, anakan berkurang, masa pembungaan terlambat, dan kondisi perakaran yang buruk sehingga peran akar untuk menyerap nutrisi menjadi berkurang.

Berdasarkan Gambar 8, berat kering batang fase 3 BST, 9 BST dan 11 BST, perlakuan N4 (225 kg N ha<sup>-1</sup> setara 489 kg Urea ha<sup>-1</sup>) memberikan respon yang berbeda nyata dibanding perlakuan N1, N2 dan N3 dengan nilai 14.90 g m<sup>-2</sup>, 53.13 g m<sup>-2</sup>, 76.47 g m<sup>-2</sup>.



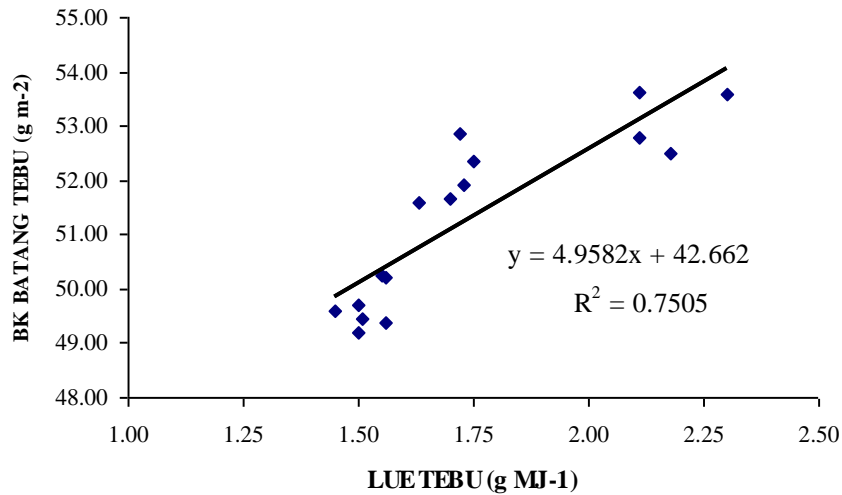
**Gambar 8. Berat Kering Batang Tebu pada Tingkat Pemupukan N Saat Fase Anakan Maksimum (3 BST), Fase Batang Maksimum (9 BST) dan Fase Panen (11 BST)**

Berdasarkan Gambar 9, berat kering batang fase 3 BST, 9 BST dan 11 BST berdasarkan perlakuan P cenderung *stagnan* (tetap) dan relatif sama antar perlakuan P1, P2, P3 dan P4 dengan nilai tertinggi pada perlakuan P4 sebesar 14.19 g m<sup>-2</sup>, 51.73 g m<sup>-2</sup>, 71.86 g m<sup>-2</sup>.



**Gambar 9. Berat Kering Batang Tebu pada Tingkat Pemupukan P Saat Fase Anakan Maksimum (3 BST), Fase Batang Maksimum (9 BST) dan Fase Panen (11 BST)**

Berdasarkan Gambar 10, hubungan antara efisiensi penggunaan cahaya matahari dan berat kering batang tebu dinyatakan dengan persamaan regresi  $y = 4.9582x + 42.662$  dan koefisien determinasi  $R = 0.7505$ . Berat kering batang tebu maksimal pada  $53.59 \text{ g m}^{-2}$  dengan nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari sebesar  $2.29 \text{ g MJ}^{-1}$  dan hubungan.



**Gambar 10. Hubungan Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu dan Berat Kering Batang Tebu Berat Kering Total Tebu**

Berdasarkan hasil analisis ragam, berat kering total tebu pada fase muncul lapang (1 BST) interaksi pemupukan N dan P memberikan respon perlakuan berpengaruh nyata. Wiedenfeld and Enciso (2008) ; Allison and Pammentor (2002) mengemukakan bahwa pemupukan N di awal perkembangan tanaman tebu ditujukan untuk memacu pertumbuhan tunas muda dan pertumbuhan anakan. Jumlah anakan yang terbentuk akan mempengaruhi jumlah batang yang selanjutnya berpengaruh terhadap akumulasi biomassa total tebu.

Prabawa (2006) ; Premono (1994) ; Glaz *et al.* (2000) mengemukakan bahwa peran pupuk P adalah mempercepat pertumbuhan akar, mempercepat dan memperkuat pertumbuhan tanaman dewasa pada umumnya, memperkuat tubuh dan tanaman agar tidak roboh. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 13, pada fase muncul lapang (1 BST) kombinasi perlakuan N4P1, N4P2, N4P3, N4P4 memberikan respon perlakuan yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan kombinasi perlakuan N2P1, N2P2, N2P3, N2P4, N1P1, N1P2, N1P3, N1P4.

**Tabel 14. Berat Kering Total Tebu dengan Kombinasi Perlakuan N dan P Saat Fase Muncul Lapang (1 BST)**

| Berat Kering Total Tebu ( $\text{g m}^{-2}$ ) dengan Kombinasi Perlakuan N dan P |  |  |   |   |
|--|--|--|---|---|
| Perlakuan  | Fase Muncul Lapang (1 BST)   |  |   |   |
|  | P1<br>(36 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>100 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) | P2<br>(72 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>200 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) | P3<br>(108 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>300 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) | P4<br>(144 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara<br>400 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ ) |
| N1<br>(90 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 195<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )         | 0.64 b   | 0.65 b   | 0.64 b  | 0.67 b  |
| N2<br>(135 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 293<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )        | 0.66 a   | 0.67 b   | 0.63 c  | 0.64 c  |
| N3<br>(180 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 391<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )        | 0.70 c   | 0.72 d   | 0.71 d  | 0.73 d  |
| N4<br>(225 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 489<br>kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )        | 0.87 e   | 0.89 e   | 0.88 e  | 0.91 e  |

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada  $\alpha = 5\%$

Berdasarkan hasil analisis ragam fase anakan tetap (5 BST) dan fase batang maksimum (9 BST) pemupukan N dan P memberikan respon perlakuan berpengaruh nyata tapi interaksi N dan P tidak berbeda nyata. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan pada Tabel 14, fase anakan tetap (5 BST) dan fase batang maksimum (9 BST) perlakuan N1, N2, N3, N4 memberikan respon yang berbeda nyata antar perlakuan.

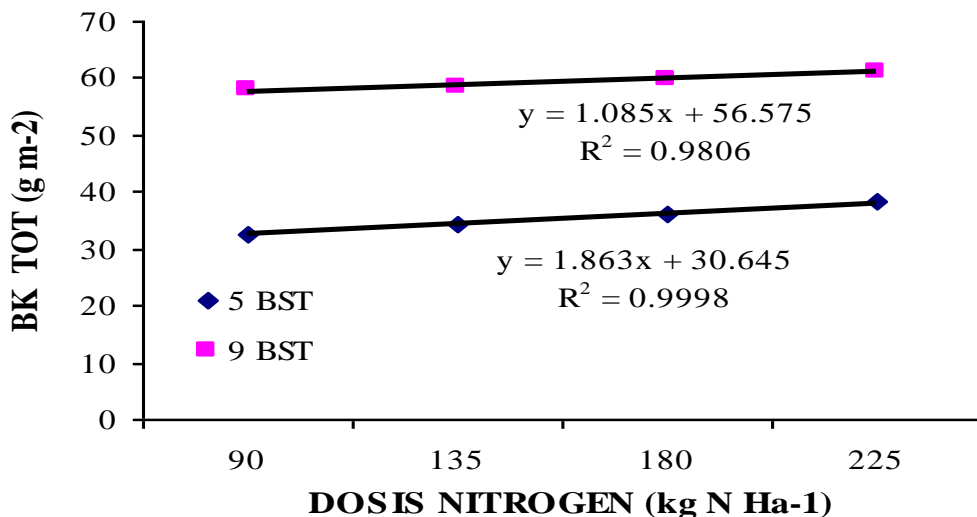
Fase anakan tetap (5 BST) dan fase panen (11 BST) perlakuan P4 memberikan respon yang berbeda jika dibandingkan dengan P1, P2 dan P3. Martine *et al.* (1999) ; Muchow *et al.* (1997) mengemukakan bahwa efisiensi penggunaan cahaya menstimulasi biomassa tebu (berupa *miliable stem*) melalui intersepsi radiasi dan akhir pertumbuhan akumulasi biomassa terfokus pada peningkatan biomassa batang tebu (*stalk*).

**Tabel 15. Berat Kering Total Tebu pada Tingkat Pemupukan N dan P Saat Fase Anakan Tetap (5 BST) dan Fase Batang Maksimum (9 BST)**

| Berat Kering Total ( $\text{g m}^{-2}$ ) pada Tingkat Pemupukan N dan P |                           |                              |
|---|---------------------------|------------------------------|
| Perlakuan   | Fase Anakan Tetap (5 BST) | Fase Batang Maksimum (9 BST) |
| N1 (90 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 195 kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )      | 32.53 a                   | 57.83 a                      |
| N2 (135 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 293 kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )     | 34.36 b                   | 58.46 b                      |
| N3 (180 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 391 kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )     | 36.19 c                   | 59.89 c                      |
| N4 (225 kg N $\text{ha}^{-1}$ setara 489 kg Urea $\text{ha}^{-1}$ )     | 38.13 d                   | 60.97 d                      |
| P1 (36 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara 100 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ )      | 31.99 a                   | 56.93 a                      |
| P2 (72 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara 200 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ )      | 32.86 ab                  | 57.26 ab                     |
| P3 (108 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara 300 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ )     | 33.58 bc                  | 58.12 bc                     |
| P4 (144 kg P $\text{ha}^{-1}$ setara 400 kg SP36 $\text{ha}^{-1}$ )     | 36.74 d                   | 60.46 d                      |

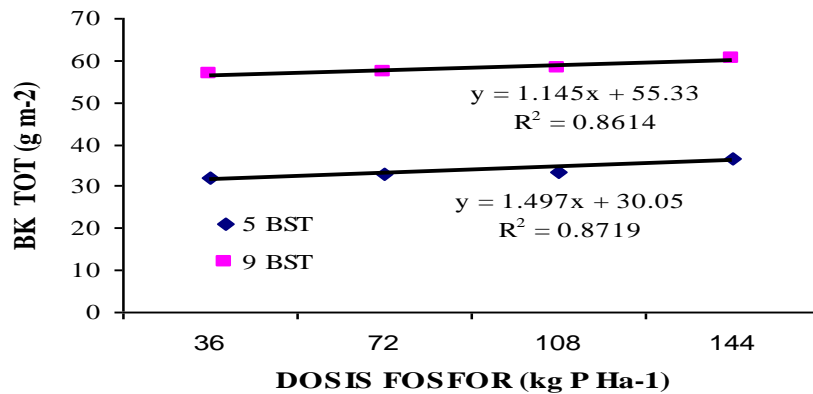
Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan pada  $\alpha = 5\%$

Berdasarkan Gambar 11, berat kering total fase anakan tetap (5 BST) dan batang maksimum (9 BST) berdasarkan perlakuan N, perlakuan N4 memberikan respon yang berbeda nyata dibanding perlakuan N1, N2 dan N3. Hubungan antara berat kering total fase anakan tetap (5 BST), fase batang maksimum (9 BST) dengan dosis N dinyatakan dengan persamaan regresi  $y = 1.085x + 56.575$  dengan  $R = 0.9806$  ;  $y = 1.863x + 30.645$  dengan  $R = 0.9998$ .



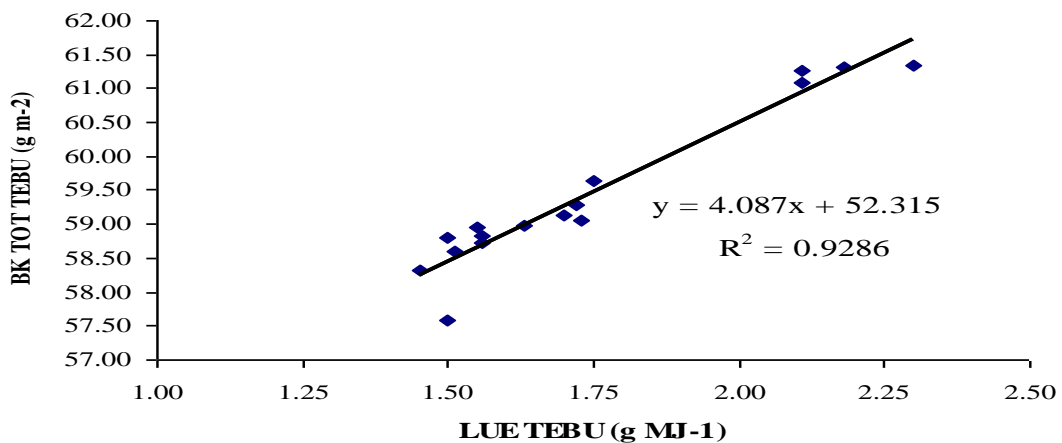
**Gambar 11. Berat Kering Total Tebu pada Tingkat Pemupukan N Saat Fase Anakan Tetap (5 BST) dan Fase Batang Maksimum (9 BST)**

Berdasarkan Gambar 12, berat kering total fase anakan tetap (5 BST) dan batang maksimum (9 BST) berdasarkan perlakuan P, perlakuan P4 memberikan respon yang berbeda jika dibandingkan dengan P1, P2 dan P3. Hubungan antara berat kering total fase anakan tetap (5 BST), fase batang maksimum (9 BST) dengan dosis P dinyatakan dengan persamaan regresi  $y = 1.145x + 55.33$  dengan  $R = 0.9806$ ;  $y = 1.497x + 30.05$  dengan  $R = 0.8719$ .



**Gambar 12. Berat Kering Total Tebu pada Tingkat Pemupukan P Saat Fase Anakan Tetap (5 BST) dan Fase Batang Maksimum (9 BST)**

Berdasarkan Gambar 13, hubungan antara efisiensi penggunaan cahaya matahari dan bobot kering total tebu dinyatakan dengan persamaan regresi  $y = 4.087x + 52.315$  dan koefisien determinasi  $R = 0.9286$ . Berat kering total tebu maksimal pada  $61.33 \text{ g m}^{-2}$  dengan nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari sebesar  $2.29 \text{ g MJ}^{-1}$  dan hubungan.



**Gambar 13. Hubungan Efisiensi Penggunaan Cahaya Matahari oleh Tanaman Tebu dan Berat Kering Total Tebu**

### B.3. Produksi Tanaman Tebu

Pada penelitian ini produksi tebu berkisar antara 79.4 ton ha<sup>-1</sup> sampai 87.5 ton ha<sup>-1</sup> dengan rata-rata sebesar 83.2 ton ha<sup>-1</sup> (Tabel 15). Nilai tersebut hanya mencapai 83.9 % potensi produksi varietas yang digunakan (Kidang Kencana) yaitu sebesar 99.2 ton ha<sup>-1</sup>.

**Tabel 16. Rata-rata Produksi Tebu pada Perlakuan Dosis Nitrogen dan Fosfor Saat Panen**

| Perlakuan        | Produksi Tebu<br>---ton ha <sup>-1</sup> --- |
|------------------|--|
| Nitrogen (kg/ha) |  |
| 90               | 81.8   |
| 135              | 81.5   |
| 180              | 84.4   |
| 255              | 85.1   |
| Rata-Rata N      | 83.2   |
| Fosfor (kg/ha)   |  |
| 36               | 81.6   |
| 72               | 87.5   |
| 108              | 84.2   |
| 144              | 79.4   |
| Rata-Rata P      | 83.2   |
| Rata-Rata NP     | 83.2   |

### *Rendemen*

Rata-rata nilai rendemen cenderung meningkat dengan semakin bertambahnya umur tanaman (Tabel 16) karena proses pemasakan dan pembentukan gula terus berlangsung hingga rendemen mencapai maksimum. Rendemen tebu berkisar antara 8.1 % - 8.5 %. Analisis perhitungan rendemen terdapat pada Lampiran 5.

**Tabel 17. Rata-rata Rendemen pada Perlakuan Pupuk Nitrogen dan Fosfor pada Fase 9, 10 dan 11 BST**

| Perlakuan                       | Bulan Setelah Tanam (BST) |     |     |
|---------------------------------|---------------------------|-----|-----|
|                                 | 9                         | 10  | 11  |
| Nitrogen (kg ha <sup>-1</sup> ) | -----%-----               |     |     |
| 90                              | 7.8                       | 7.0 | 8.3 |
| 135                             | 7.3                       | 7.0 | 8.3 |
| 180                             | 7.2                       | 7.1 | 8.3 |
| 225                             | 7.3                       | 7.3 | 8.5 |
| Rata-Rata N                     | 7.4                       | 7.1 | 8.3 |
| Fosfor (kg ha <sup>-1</sup> )   |                           |     |     |
| 36                              | 7.3                       | 7.2 | 8.3 |
| 72                              | 7.5                       | 7.2 | 8.5 |
| 108                             | 7.5                       | 7.2 | 8.4 |
| 144                             | 7.3                       | 6.8 | 8.1 |
| Rata-Rata P                     | 7.4                       | 7.1 | 8.3 |
| Rata-Rata NP                    | 7.4                       | 7.1 | 8.3 |



### **Hablur**

Pada penelitian ini hablur yang dihasilkan berkisar antara 6452 kg ha<sup>-1</sup> sampai 7448 kg ha<sup>-1</sup> dengan rata-rata sebesar 6942 kg ha<sup>-1</sup> (Tabel 17).

**Tabel 17. Rata-rata Hablur pada Perlakuan Dosis Nitrogen dan Fosfor saat Panen**

| Perlakuan        | Hablur<br>--- kg ha <sup>-1</sup> --- |
|------------------|---------------------------------------|
| Nitrogen (kg/ha) |                                       |
| 90               | 6 771                                 |
| 135              | 6 780                                 |
| 180              | 6 967                                 |
| 225              | 6 942                                 |
| Rata-Rata N      |                                       |
| Fosfor (kg/ha)   |                                       |
| 36               | 6 795                                 |
| 72               | 7 448                                 |
| 108              | 7 072                                 |
| 144              | 6 452                                 |
| Rata-Rata P      | 6 942                                 |
| Rata-Rata NP     | 6 942                                 |

Peningkatan pemupukan nitrogen (N) meningkatkan nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tanaman tebu. Pemupukan 225 kg N ha<sup>-1</sup> (489 kg Urea ha<sup>-1</sup>) menghasilkan nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tanaman tebu pada fase batang maksimum (5 – 9 BST) yaitu 2.29 g MJ<sup>-1</sup>. Peningkatan nilai efisiensi penggunaan cahaya matahari ini juga terlihat pada peningkatan berat kering batang tebu yang merupakan komponen utama produksi tebu. Peningkatan pemupukan fosfor (P) tidak meningkatkan nilai efisiensi penggunaan cahaya tanaman tebu namun demikian berpengaruh pada berat kering batang tebu fase anakan maksimum (3 BST), batang maksimum (9 BST) dan panen (11 BST); berat kering total tebu fase anakan tetap (5 BST) dan batang maksimum (9 BST). Interaksi pemupukan N dan P tidak meningkatkan nilai efisiensi penggunaan cahaya tanaman tebu. Pengaruhnya hanya terlihat berpengaruh nyata pada berat kering batang tebu fase muncul lapang (1 BST) dan anakan tetap (5 BST); berat kering total tebu fase muncul lapang (1 BST).

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen G. R., L. S. Pereira., D. Raes., M. Smith. 1998. *Crop Evapotranspirations (Guidelines for Computing Crop Water Requirements)*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56.
- Allison, J. C. S and N. W. Pammentor. 2002. *Effect of Nitrogen Supply on The Production and Distribution of Dry Matter in Sugarcane*. J. Plant Soil 19. 12 – 16 p.
- Allison, J. C. S., H. T. Williams and N. W. Pammentor. 1997. *Effect Spesific Leaf Nitrogen (SLN) Content on Photosynthesis of Sugarcane*. Ann. app. Biol. 131. : 339 – 350 p.
- Arifin, B. 2008. *Ekonomi Swasembada Gula Indonesia*. Economic Review. No 211 : 1 – 12 Hal.
- Balitbang Pertanian, 2007. *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Tebu*. Litbang Pertanian. Departemen Pertanian.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2008. *Estate Area by Crops, Indonesia 1995-2006*. <http://www.bps.go.id/sector/agri/kebun/table1.shtml> diakses 14 Juli 2010.
- Caviglia, O. P and V. Sadras. 2001. *Effect of Nitrogen Supply on Crop Conductance, Water and Radiation Use Efficiency of Wheat*. Field Crops Res. 69 : 259 – 266p.
- Charles-Edward, D. A., Doley, D and Rimmington, G. M. 1986. *Modelling Plant Growth and Development*. Academic Press. Sydney. 235 p.
- Dewan Gula Indonesia. 1999. *Restrukturisasi Gula Indonesia April 1999*. Bahan Diskusi Reformasi Gula Indonesia. Dewan Gula Indonesia, Jakarta.
- Fletcher, L. A., D. J. Moot., P. J. Stons. 2008. *Radiation Use Efficiency and Leaf Photosynthesis of Sweet Corn in Response to Phosphorus in a Cool Temperate Environment*. Europ. J. Agronomy. 29 : 88 – 93 p.
- Glaz, B., G. Powell., R. Perdomo., M. F. Ulloa. 2000. *Sugarcane Response to Phosphorus Fertilizer in Relation to Soil Test Recommendations on Everglades Histosols*. Agron J. 92 : 375 – 380 p.
- Hammer, L. G and G. C. Wright. 1994. *A Theoretical Analysis of Nitrogen and Radiation Effects on Radiation Use Efficiency in Peanut*. Aust. J. Agric. Res 45 : 575 – 589 p.

- Handoko, I. 1994. *Dasar Penyusunan dan Aplikasi Model Simulasi Komputer Untuk Pertanian*. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. FMIPA-IPB. Hal 112
- Inman-Bamber, N. G. 1994. *Temperature and Seasonal Effects on Canopy Development and Light Interception of Sugarcane*. Field Crops Res 36 : 41 – 51p.
- Komisi Pengawas Persaingan Usaha (KPPU). 2010. *Position Paper Komisi Pengawas Persaingan Usaha Terhadap Kebijakan dalam Industri Gula*. KPPU. Jakarta.
- Martine, J. F., P. Siband., R. Bonhomme. 1999. *Simulation of The Maximum Yield of Sugarcane at Different Altitudes : Effect of Temperature on The Conversion of Radiation into Biomass*. J. Agronomic 19 : 3 – 12 p.
- Muchow, R. C., M. F. Spillman., A. W. Wood and M. R. Thomas. 1994. *Radiation Interception and Biomass Accumulation in a Sugarcane Crop Grown Under Irrigated Tropical Conditions*. Aust. J. Agric. Res 45 : 37 – 49 p.
- Muchow, R. C., C. I. Evensen., R. V. Ongood and M. J. Robertson. 1997. *Yield Accumulation in Irrigated Sugarcane : II. Utilization of Intercepted Radiation*. Agron. J. 89 : 646 – 652 p.
- Prabawa, S. 2006. *Pendekatan Precision Farming dalam Pemupukan NPK pada Budidaya Tebu (Studi Kasus di PT Gula Putih Mataram)*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Pramuhadi, Gatot. 2005. *Pengolahan Tanah Optimum Pada Budidaya Tebu Lahan Kering*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor.
- Premono, M E. 1994. *Jasad Renik Pelarut Fosfat Pengaruhnya Terhadap P - Tanah dan Efisiensi Pemupukan P Tanaman Tebu*. Disertasi. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Salgado, G. S., R. N. Escobar., J. J. Pena. 2002. *Response of Sugarcane Ratoon to NPK Fertilization*. Agrociencia J. 34 : 689 – 698 p.
- Salvagiotti, F and D. J. Miralles. 2008. *Radiation Interception, Biomass Production and Grain Yield as Affected by The Interaction of Nitrogen and Sulfur Fertilization in Wheat*. Europ. J. Agronomy 28 : 282 – 290 p.
- Singh, N. P and S. C. Mohan. 1994. *Water Use and Yield Response of Sugarcane Under Different Irrigation Schedules and Nitrogen Levels in a subtropical Region*. Agricultural Water Management 26 : 253 – 264 p.

- Sudana, W., P. Simatupang, S. Friyanto, C. Muslim, dan T. Soelistiyo. 2000. *Dampak Deregulasi Industri Gula Terhadap Realokasi Sumberdaya, Produksi Pangan dan Pendapatan Petani*. Laporan Penelitian, Pusat Penelitian Sosial Ekonomi Pertanian, Bogor.
- Sundara, B. 1998. *Sugarcane Cultivation. First Edition*. Vikas Publishing House Pvt Ltd, New Delhi. 292 p.
- Tesfaye, T., S. Walker., M. Tsubo. 2006. *Radiation Interception and Radiation Use Efficiency of Three Grain Legumes Under Water Deficit Conditions in a Semi – Arid Environment*. *Europ. J. Agronomy*. 25 : 60 – 70 p.
- Wiedefeld, B and J. Enciso. 2008. *Sugarcane Responses to Irrigation and Nitrogen in Semiarid South Texas*. *Agron J*. 100 : 665 – 671 p.
- Yang, R-Z, Yu-MoTan, Li-Ming Liu, Lun-Wang Wang, Fang Tan and Yang-Rui Li. 2006. *Effect of Low Nitrogen Stress on Early Growth, Physio-morphological and Quality Attributes of Sugarcane*. *Proc.Internl. Symp.on Technologies to Improve Productivity in Developing Countries*. Guilin. P.R. China. P. 483 - 486.

## Lampiran 1. Deskripsi Varietas Kidang Kencana

Keputusan Menteri Pertanian

Nomor : 334/Kpts/SR.120/3/2008

Tanggal : 28 Maret 2008

Tentang Pelepasan Tebu Varietas PA 198

### DESKRIPSI TEBU VARIETAS KIDANG KENCANA (NAMA ASAL PA 198)

**Asal** : tidak diketahui, pertama kali berkembang di Dusun Kencana, Kecamatan Jatitujuh, Majalengka Jawa Barat.

**Sifat Morfologi** :

#### 1. Batang

Bentuk ruas : Silindris, susunan antar ruas lurus sampai berbiku, dengan penampang melintang bulat

Warna batang : hijau kekuningan, menjadi coklat keunguan bila terpapar sinar matahari

Lapisan lilin : ada di sepanjang ruas, tipis tidak mempengaruhi warna ruas

Retakan tumbuh : tidak ada

Cincin tumbuh : melingkar datar di atas puncak mata, dengan warna kuning kehijauan

Teras dan lubang : masif

Bentuk buku ruas : konis, dengan 2-3 baris mata akar, baris paling atas tidak melewati puncak mata

Alur mata : tidak ada

#### 2. Daun

Warna daun : hijau muda

Ukuran lebar daun : lebar (lebih dari 6 cm)

Lengkung daun : melengkung kurang dari ½ panjang daun

Telinga daun : ada, lemah-sedang, dengan kedudukan serong

Bulu punggung : tidak ada

Sifat lepas pelepah : mudah

#### 3. Mata

Letak mata : pada bekas pangkal pelepah

Bentuk mata : bulat telur, dengan bagian terlebar di tengah

Sayap mata : berukuran sama lebar, dengan tepi sayap bergerigi

Rambut tepi basal : tidak ada

Rambut jambul : tidak ada

Pusat tumbuh : di atas tengah mata

**Sifat-Sifat Agronomis** :

#### 1. Pertumbuhan

Perkecambahan : cepat, seragam

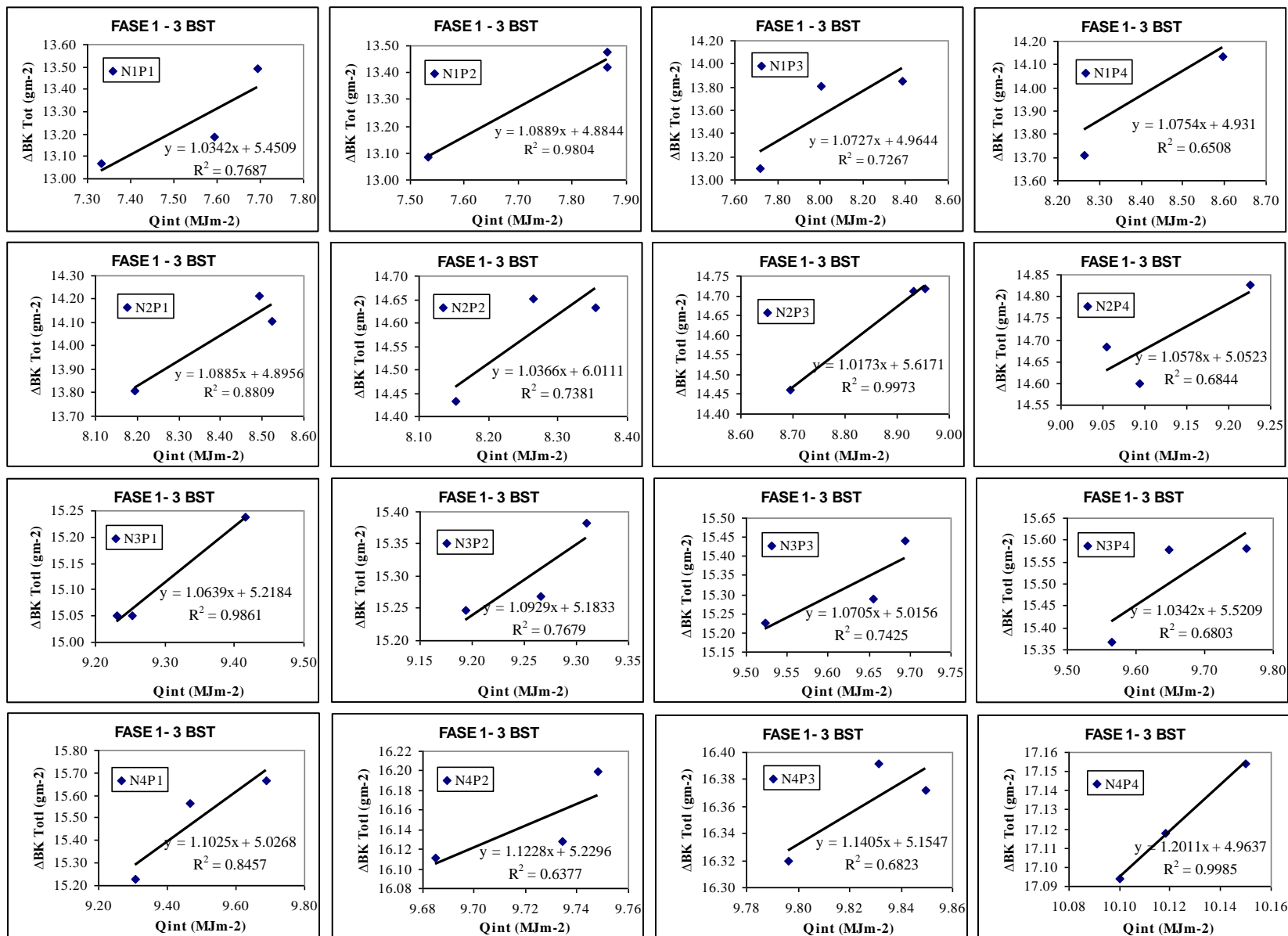
Awal pertunasan : cepat

Kerapatan batang : sedang (8-10 batang/meter)

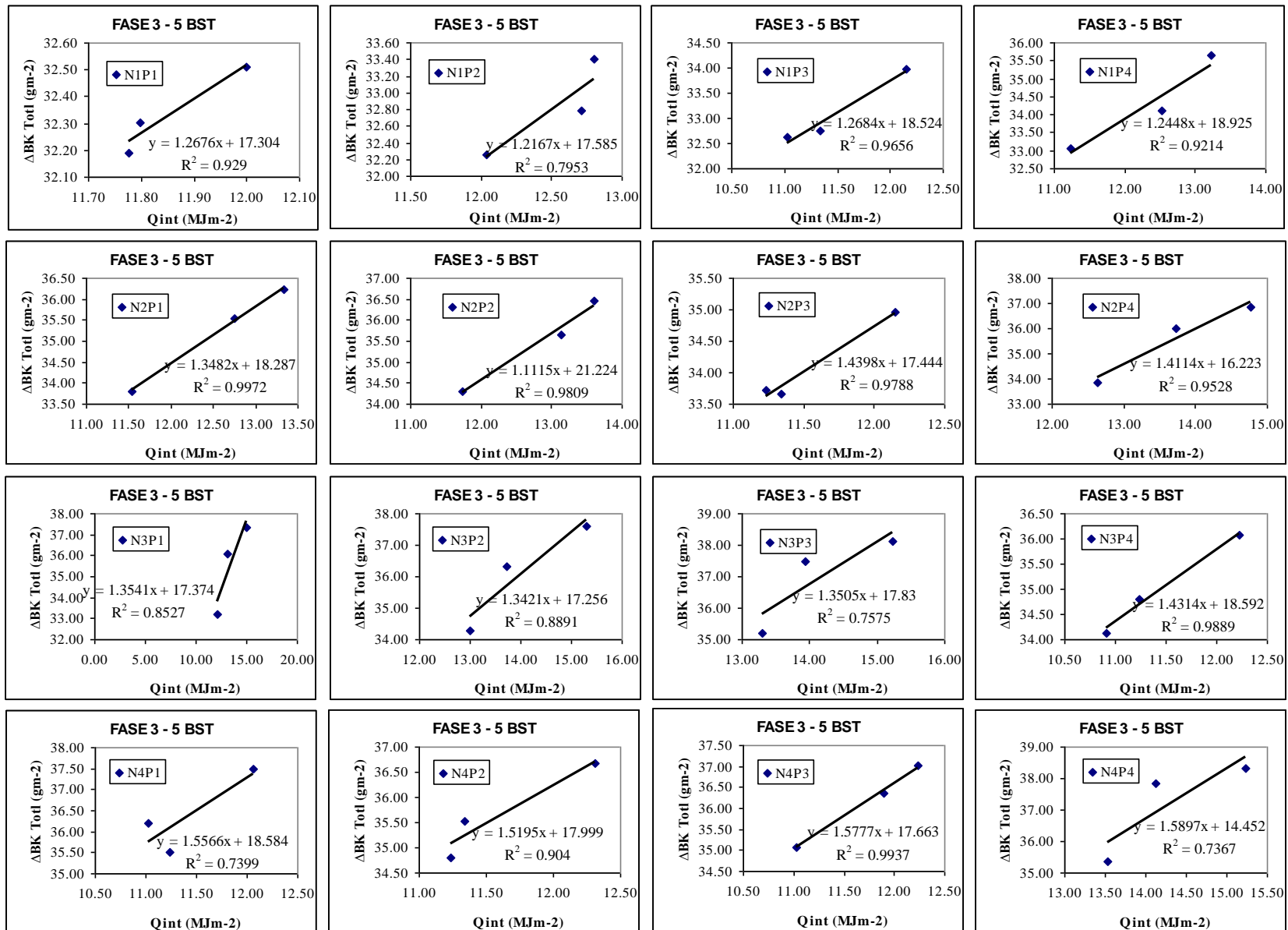
Diameter batang : sedang - besar

- Pembungaan : sporadis  
 Kemasakan : tengah – lambat  
 Daya kepras : baik
2. Potensi produksi
- Lahan sawah*
- Hasil tebu (ku/ha) : 1125 ± 325(112,5 ton/ha)(112500 kg/ha)**  
 Rendemen (%) : 10,99 ± 1,65  
**Hasil hablur (ku/ha) : 110,6 ± 22,1 (11 ton/ha) (11200 kg/ha)**
- Lahan tegalan*
- Hasil tebu (ku/ha) : 992 ± 238 (99 ton/ha) (99000 kg/ha)**  
 Rendemen (%) : 9,51 ± 0,88  
**Hasil hablur (ku/ha) : 95,4 ± 25,5 (9,5 ton/ha) (9500 kg/ha)**
3. Ketahanan hama dan penyakit
- Penggerek batang : tahan  
 Penyakit blendok : tahan  
 Pokkahbung : tahan  
 Luka api : tahan
4. Kesesuaian lokasi : cocok untuk lahan tegalan dan sawah jenis tanah mediteran dengan iklim C3, Kambisol C3, Aluvial C2 dan Grumusol C2.
5. Kadar sabut : ± 13,05
6. Peneliti : Bari Ngarijan dan Kusmiyanto
7. Pemilik varietas : PT. PG. Rajawali Nusantara II

**Lampiran 2. Intersepsi Radiasi (*Qint*) dan Perubahan Berat Kering Total Tebu Fase Anakan Maksimum (1 – 3 BST)**

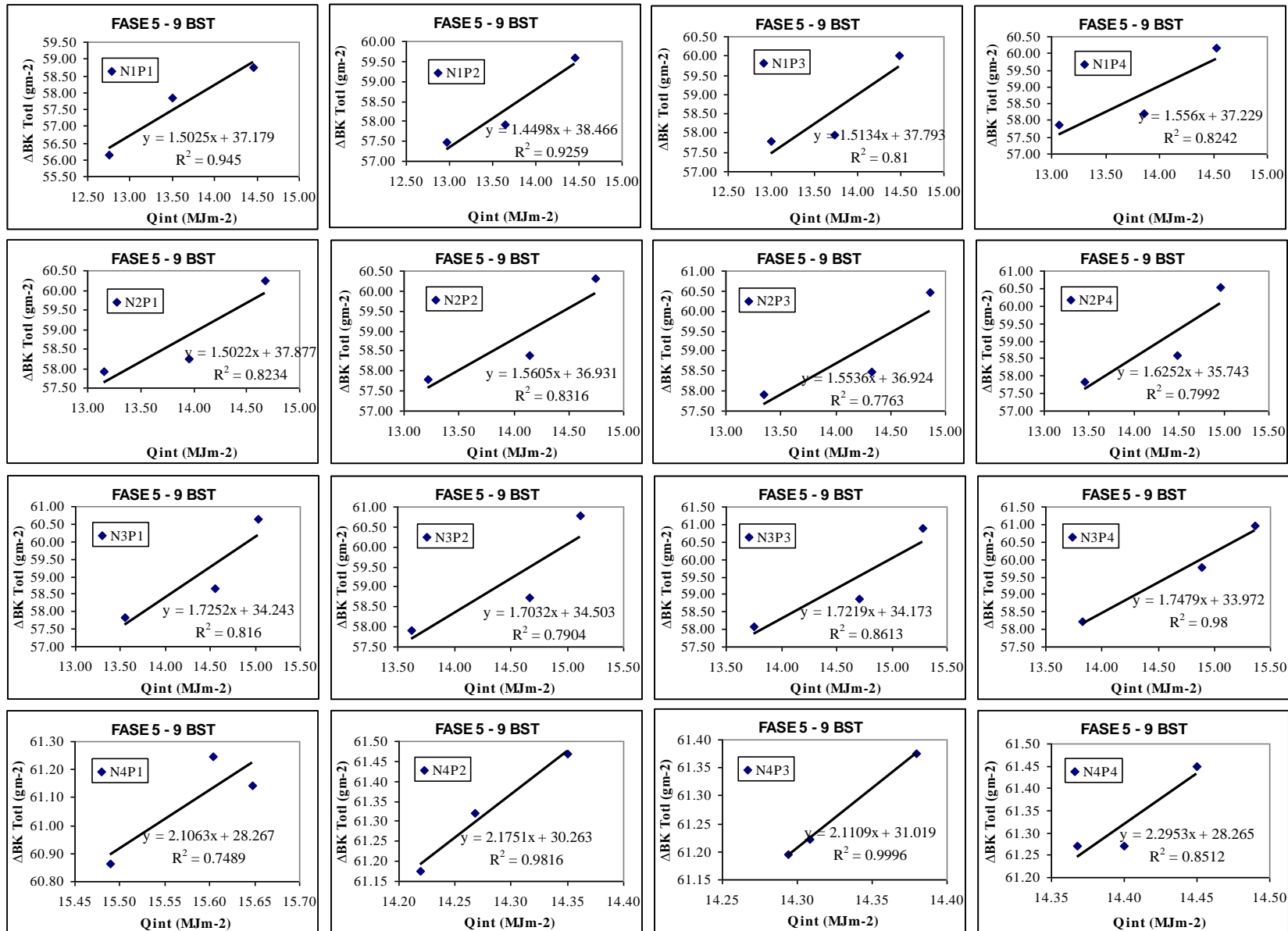


Lampiran 3. Intersepsi Radiasi (*Qint*) dan Perubahan Berat Kering Total Tebu Fase Anakan Tetap (3 - 5 BST)





Lampiran 4. Intersepsi Radiasi (*Qint*) dan Perubahan Berat Kering Total Tebu Fase Batang Maksimum (5 - 9 BST)



**Lampiran 5. Intersepsi Radiasi (*Qint*) dan Perubahan Berat Kering Total Tebu Fase Panen (9 - 11 BST)**

