



RESPON KADAR HARA TANAMAN TEBU DI TIGA ORDO AKIBAT BUDIDAYA MONOKULTUR TEBU

Anna Kusumawati^{1*}, Eko Hanudin², Benito Heru Purwanto², Makruf Nurudin²

¹Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta, Yogyakarta

²Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

*Corresponding Author: : kusumawatianna@gmail.com

ABSTRACT

[RESPONSE OF THE NUTRITION LEVELS OF SUGARCANE IN THREE ORDERS OF SOIL DUE TO SUGARCANE MONOCULTURE CULTIVATION]. Monoculture cultivation will have an influence not only on soil conditions but also on plant growth, nutrient levels in plant tissues, and yields. The purpose of this study was (1) to determine the effect of monoculture sugarcane cultivation on nutrient levels of the roots, stalks, and leaves of sugarcane plants, (2) to determine the relationship between nutrient levels in sugarcane tissue and sugarcane productivity, and yield in three different soil orders. This research had two factors, namely soil order (Entisol, Inceptisol, and Vertisol) and sugarcane monoculture period (1–10, 11–20, and 21–30 years). The sugar cane used was the ratoon of two sugarcane. Parameters observed included nutrient levels of N, P, K, B, and Zn in roots, stalks, and leaves of sugarcane, and productivity of plants. Data analysis was performed with ANOVA at 5% level and regression correlation analysis. The results showed that the levels of N (leaves, stalks, and roots), levels of P (leaves, stalks, and roots), levels of leaf K, levels of B (leaves and roots), and level of Zn of sugarcane roots were influenced by the interaction between soil order and sugarcane monoculture period. Zn and K levels in sugarcane leaves had a strong and significant correlation with sugarcane productivity ($r=0.778^*$ and $r=0.699^*$), while sugarcane yields had a strong and significant correlation with N content of root ($r=0.752^*$). This result indicates that the soil order and the mass of sugarcane monoculture have an effect on the nutrient content in the plant and this nutrient content affects the productivity and yield. The availability of macro and micronutrients needs to be considered in monoculture sugarcane planting techniques to obtain optimal and sustainable sugarcane yields.

Keyword: *sugarcane, nutrient, plants, production, yield*

ABSTRAK

Budidaya tanaman secara monokultur akan memberikan pengaruh bukan hanya pada kondisi tanah tetapi juga pada pertumbuhan tanaman, kadar hara dalam jaringan tanaman dan hasil. Tujuan dari penelitian ini yaitu (1) untuk menganalisa pengaruh masa budidaya tebu secara monokultur terhadap kadar hara dalam akar, batang dan daun tanaman tebu yang ditanam pada ordo yang berbeda, (2) untuk mengetahui hubungan kadar hara dalam jaringan tanaman tebu dengan produktivitas dan rendemen tebu pada tiga ordo tanah yang berbeda. Penelitian ini dilakukan dengan dua faktor yaitu ordo tanah (Entisol, Inceptisol dan Vertisol) dan masa monokultur tebu (1–10, 11–20 dan 21–30 tahun). Tebu yang digunakan merupakan tebu *ratoon* dua. Parameter yang diamati antara lain kadar hara N,P,K,B dan Zn pada akar, batang dan daun tebu, serta rendemen dan produktivitas tanaman. Analisa data dilakukan menggunakan ANOVA taraf 5% serta analisa korelasi regresi. Hasil menunjukkan bahwa kadar N (daun, batang dan akar), kadar P (daun, batang dan akar), kadar K daun, kadar B (daun dan akar) dan kadar Zn akar tebu dipengaruhi oleh interaksi antara ordo tanah dan masa monokultur tebu. Kadar Zn dan K di daun tebu memiliki korelasi yang kuat dan signifikan terhadap produktivitas tebu ($r=0,778^*$ dan $r=0,699^*$), sedangkan rendemen tanaman tebu memiliki korelasi kuat dan signifikan dengan kadar N akar ($r=0,752^*$). Hal ini menunjukkan bahwa ordo tanah dan masa monokultur tebu memberikan pengaruh terhadap kadar hara dalam tanaman yang mempengaruhi produktivitas dan rendemen. Ketersediaan hara makro dan mikro sangat perlu diperhatikan pada teknik penanaman tebu monokultur agar mendapatkan hasil tanaman tebu yang optimal dan berkelanjutan.

Kata kunci: *tebu, hara, tanaman, produksi, rendemen*

PENDAHULUAN

Industri gula dengan bahan baku tanaman tebu memiliki peran yang penting pada sisi ekonomi di Indonesia. Masa jaya industri gula di Indonesia pada tahun 1930-an, yang memiliki 179 pabrik gula beroperasi dengan produktivitas tanaman tinggi dan rendemen berkisar 11-13,8 %. Pada tahun 2016 ini, industri gula di Indonesia sedang mengalami kemunduran yang disebabkan oleh permasalahan di *on farm* maupun *off farm* (Susila & Sinaga, 2005). Kondisi ini akan menjadi lebih baik dengan arah kebijakan pada perluasan lahan areal tebu, peningkatan kualitas tebu atau pembangunan pabrik gula baru (Rahman *et al.*, 2019). Jika dilihat dari sisi *on farm*, rendemen tebu di Indonesia tergolong rendah jika dibandingkan dengan negara produsen tebu lainnya seperti India yang berkisar 20–21% (Misra *et al.*, 2020), Brazil mencapai 15% (Cardozo & Sentelhas, 2013), dan rata-rata rendemen tebu di Indonesia sebesar 7% (Subiyakto, 2017). Rendemen dan produktivitas menjadi sangat penting untuk petani karena mekanisme bagi hasil dengan petani didasarkan pada jumlah kuintal hasil tebang dan rendemen tebu, sehingga semakin besar jumlah produksi tebu dan rendemen maka semakin banyak yang diterima oleh petani (Wibowo, 2013). Hasil tanaman tebu tersebut sangat tergantung pada kecukupan hara untuk pertumbuhannya, sehingga agar dapat tumbuh maksimal, analisa kekurangan hara perlu dilakukan.

Analisis jaringan tanaman telah menjadi alternatif metode yang dapat dilakukan oleh petani agar dapat menganalisa kebutuhan hara atau pupuk, baik saat ini atau untuk dapat diterapkan dalam musim tanam selanjutnya. Pengujian jaringan tanaman, bila digunakan bersama dengan pengujian tanah, dapat menjadi bahan berharga untuk menyempurnakan rekomendasi pupuk dan meningkatkan hasil panen tanaman tebu (Rice *et al.*, 2010). Status hara dalam tanaman dapat dilihat dari analisa jaringan tanaman dan kondisi hara dalam tanah dapat dilihat dari status hara dalam jaringan tanaman (Liferdi *et al.*, 2008). Tanaman memerlukan unsur hara, baik hara makro maupun hara mikro, sehingga analisa kedua unsur hara tersebut penting untuk diketahui. Analisa kadar hara dalam tanaman juga dapat dihubungkan dengan kondisi produksi tanaman tersebut (Thamrin *et al.*, 2016).

Penurunan rendemen dan produktivitas tebu berhubungan erat dengan kondisi tanah, dan jika tanah mengalami degradasi pada lahan penanaman tebu, kemungkinan sebagai akibat dari penanaman tebu monokultur dalam jangka panjang (Bramley *et al.*, 1996). Kecukupan air dan nutrisi yang tersedia untuk tanaman dapat menghasilkan rendemen yang tinggi (Barbosa *et al.*, 2018). Kondisi tanah akan mempengaruhi

hasil tebu dalam mendukung penyimpanan dan ketersediaan air, nutrisi, dan udara yang cukup untuk pertumbuhan tebu yang optimal (Esteban *et al.*, 2019).

Tebu di Indonesia sebagian besar ditanam di lahan pada ordo tanah Inceptisol, Vertisol dan Entisol (Pusdatin, 2017) dengan pola penanaman monokultur, atau menanam tebu terus-menerus tanpa tanaman jeda (Hani & Mustapit, 2016). Dampak budidaya tebu monokultur dalam jangka panjang terhadap kondisi tanah telah banyak diteliti, tetapi mengenai dampaknya terhadap kadar hara dalam jaringan tanaman tebu belum banyak dilakukan, terutama di Indonesia yang memiliki iklim tropis. Tujuan dari penelitian ini yaitu (1) untuk menganalisa pengaruh masa budidaya tebu secara monokultur terhadap kadar hara dalam akar, batang dan daun tanaman tebu yang ditanam pada ordo yang berbeda, dan (2) untuk mengetahui hubungan kadar hara dalam jaringan tanaman tebu dengan produktivitas dan rendemen tebu pada tiga ordo tanah yang berbeda.

METODE PENELITIAN

Deskripsi Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan rancangan Multilokasi (*oversite design*) dengan dua faktor dan tiga replikasi. Faktor pertama adalah ordo tanah meliputi Entisol (E), Inceptisol (I) dan Vertisol (V). Faktor kedua adalah masa budidaya tebu secara monokultur yang meliputi masa 1–10 tahun (M_1), 11–20 tahun (M_2) dan 21–30 tahun (M_3). Lokasi tersebut merupakan kebun tebu petani yang bermitra dengan Pabrik Gula Madukismo, sehingga prosedur budidaya sama untuk semua lokasi dan memiliki tipe Iklim Am menurut klasifikasi Koppen-Geiger. Luas lahan yang diamati masing-masing lokasi adalah 100 m² dengan populasi tanaman 135 sampel tanaman. Tebu yang ditanam berupa tebu dengan varietas Bululawangan (BL), dengan jarak tanam pokok ke pokok 1,1–1,3 m, dan *ratoon* ke dua (2). Kegiatan pemupukan dilakukan dengan sistem *band placement* dengan dua kali pemberian. Aplikasi pertama pada saat 1-2 minggu setelah tebang menggunakan setengah dari total dosis 250 kg ha⁻¹ ZA dan 250 kg/ha Phonska dan pemupukan kedua menggunakan dosis yang sama yang diaplikasikan pada 6-8 minggu setelah tebang.

Analisa Sampel Tanaman

Sampel jaringan tanaman, pengukuran rendemen dan produktivitas diambil saat tanaman berumur 11

bulan pada bulan Juli 2018. Sampel tanaman (daun, batang dan akar) diambil dari 30 tanaman dari setiap lokasi, dibersihkan dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C hingga mencapai bobot konstan, kemudian digiling dengan mesin grinder hingga lolos saringan 0,5 mm dan dianalisa kadar nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), boron (B) dan zinc (Zn). Analisa N, P, K jaringan tanaman menggunakan metode pengabuan basah menggunakan H₂SO₄ dan H₂O₂, sedangkan B dan Zn menggunakan HNO₃ dan HClO₄ (Xu *et al.*, 2021). Analisa rendemen menggunakan 30 sampel batang tanaman tebu dari tiap lokasi dan dilakukan di Laboratorium Kimia, Politeknik LPP, Yogyakarta maksimal 10 jam setelah ditebang. Analisa rendemen tanaman dilakukan dengan melakukan pemisahan antara batang atas, tengah dan bawah dan perhi-tungan menggunakan rumus = Nilai Nira x FR, dimana nilai nira (%) = Pol - 0,4(Brix-Pol). Brix (%) adalah persentase zat gula dan bukan gula (%), Pol (%) adalah persentase zat gula (%), FR adalah faktor rendemen (0,58) dan 0,4 adalah angka ketetapan. Produktivitas dihitung menggunakan rumus FG x LG x TT x BS (FG = faktor gulud (950), LG = faktor lubang per gulud (60), TT= tinggi tanaman (m), BS = bobot segar per meter).

Analisa Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA), dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (DMRT) 5% untuk membandingkan pengaruh perlakuan. Analisis dilakukan dengan menggunakan SAS 9.1.3. Portable, sedangkan analisis korelasi dilakukan menggunakan SPSS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Nitrogen, Fosfor dan Kalium Tebu pada Ordo Tanah dan Masa Budidaya Monokultur yang Berbeda

Nitrogen merupakan salah satu hara makro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang besar. Nitrogen ini diserap tanaman dalam bentuk ion amonium (NH₄⁺) dan ion nitrat (NO₃⁻). Tanaman akan menyerap lebih banyak NO₃⁻ daripada NH₄⁺ pada lahan kering. Peran N untuk tanaman beragam seperti peran besar dalam pembelahan sel, pembentukan anakan dan pemanjangan batang (Saleem *et al.*, 2012). Nitrogen dibutuhkan tanaman sebagai pembentuk klorofil, asam nukleat dan enzim. Suplai N yang cukup dapat meningkatkan laju fotosintesis, pertumbuhan vegetatif dan warna daun. Penurunan jumlah gula yang berakibat pada ditranslokasikannya N ke akar sehingga nisbah tajuk dan akar tinggi akan terjadi jika suplai N terlalu tinggi (Nastaro *et al.*, 2019). Kadar N di daun, batang dan akar tanaman dipengaruhi oleh interaksi antara

ordo tanah dan masa monokultur tebu, dan kadar N pada semua bagian tubuh tanaman tebu masuk dalam kriteria rendah (Tabel 1). Kadar N daun di tebu yang ditanam di Inceptisol masa monokultur 21–30 tahun nyata lebih rendah dibandingkan tebu yang ditanam dengan perlakuan lainnya. Kadar N batang tertinggi rata-rata 0,784% didapatkan pada V.M₁, yang berbeda tidak nyata dengan E.M₃, I.M₁, I.M₂ dan V.M₃. Kadar N batang terendah didapatkan pada V.M₂ dengan kadar 0,448%. Nilai rata-rata kadar N tertinggi didapatkan pada bagian batang tanaman tebu, dan terendah pada bagian akar tanaman tebu. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian terdahulu bahwa akumulasi N paling tinggi pada bagian *shoot* (batang dan daun) tebu, (Oliveira *et al.*, 2016). Kadar N di batang tebu menurun dengan meningkatnya masa monokultur yang ditanam di Inceptisol dan Vertisol, tetap terjadi peningkatan pada kadar N tebu yang ditanam di Entisol. Kondisi ini terjadi mungkin terjadi karena ketersediaan hara N di dalam tanah, yang akan mempengaruhi pertumbuhan dan akumulasi N dalam tubuh tanaman (Leite *et al.*, 2016).

Hara fosfor (P) pada tanaman tebu berperan dalam pertumbuhan sel, pembentukan akar dan rambut akar, memperkuat batang agar tanaman tidak mudah rebah, memperbaiki kualitas tanaman, pembentukan bunga, buah dan biji. Kekurangan hara P akan menurunkan indeks luas daun sehingga berpengaruh terhadap biomassa tanaman tebu (Pembengo *et al.*, 2012). Kadar P di daun, batang dan akar tebu dipengaruhi secara nyata oleh interaksi antara ordo tanah dan masa monokultur tebu (Tabel 1). Kadar P di daun masuk kriteria tinggi, kadar P di batang tebu masuk kriteria rendah, sedangkan P di akar masuk kriteria rendah hingga sedang. Kadar P daun tertinggi rata-rata 0,7% didapatkan pada I.M₁ yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kadar P daun tebu di setiap ordo tanah terlihat semakin rendah dengan semakin meningkatnya masa monokultur, meskipun berbeda tidak nyata antar masa untuk tebu yang ditanam di Entisol. Kadar P batang tertinggi didapatkan pada E.M₃ dengan kadar 0,2% yang berbeda tidak nyata dengan E.M₁, I.M₂ dan V.M₃. Kadar P batang pada I.M₁ nyata lebih rendah dibandingkan dengan E.M₃, I.M₂, dan V.M₃. Kadar P akar tertinggi didapatkan pada V.M₁ dengan kadar 0,2% yang tidak berbeda nyata dengan I.M₂ dan V.M₃. Sedangkan kadar P akar terendah didapatkan pada E.M₂ dengan kadar 0,1% yang berbeda tidak nyata dengan V.M₂, E.M₃, I.M₁ dan E.M₁. Jika dibandingkan antar bagian tubuh tanaman, didapatkan bahwa kadar P tertinggi ditemukan pada bagian daun dan terendah pada bagian akar (Tabel 1). Ada yg menyatakan bahwa jika kandungan P di daun lebih tinggi dibandingkan batang, maka menunjukkan ketersediaan hara P dalam tanah cukup (Lal & Singh, 1961). Penyerapan hara atau absorpsi P oleh tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan hara P dalam tanah dan keberadaan hara

akan mengalami penurunan dengan bertambahnya umur tanaman, tetapi variasi ini tidak terlihat pada kadar K pada akar tebu, dan selama pertumbuhannya kadar K di batang selalu lebih rendah dibandingkan pada daun (Medina *et al.*, 2013). Puncak konsentrasi K tertinggi pada saat awal pertumbuhan tebu diduga karena kebutuhan K yang tinggi pada saat pertumbuhan awal tanaman tebu, sehingga serapannya K tinggi (Britto & Kronzucker, 2008). Kadar K baik di akar, batang dan daun, secara rerata memiliki kadar terendah pada tebu yang ditanam di Entisol. Kondisi ini diduga terjadi karena Entisol memiliki kapasitas pertukaran kation (KPK) yang rendah sehingga menyebabkan meskipun diberikan dosis pupuk K yang sama, tetapi ketersediaan hara K rendah untuk tanaman sehingga serapan K rendah juga (Kadarwati, 2020).

Kadar Boron (B) dan Zinc (Zn) Tebu pada Ordo dan Masa Budidaya Monokultur yang Berbeda

Boron (B) merupakan hara yang berperan dalam metabolisme karbohidrat dan transportasi gula di dalam membran, mensintesis asam nukleat dan bagian

dari dinding sel tanaman. Pemberian boron untuk budidaya tanaman tebu penting dan dapat meningkatkan biomassa tanaman, jumlah anakan dan panjang batang jika diberikan dalam jumlah yang tidak berlebihan (Franco *et al.*, 2011). Kadar B dalam daun dan akar tanaman tebu dipengaruhi oleh interaksi antara ordo tanah dan masa monokultur tebu, sedangkan untuk kadar B di batang tidak dipengaruhi oleh interaksi antara ordo tanah dan masa monokultur tebu (Tabel 2). Kadar B dalam daun tanaman tebu tertinggi didapatkan pada E.M₃ yang tidak berbeda nyata dengan E.M₂, dengan kadar 320,5 mg/kg. Kadar B daun pada perlakuan I.M₂ dengan kadar 191,1 mg/kg yang berbeda nyata lebih rendah dengan perlakuan lainnya. Ordo tanah maupun masa monokultur tebu menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan mempengaruhi kadar B batang tebu. Kadar B dalam akar tebu tertinggi ditemukan pada perlakuan V.M₁ dengan kadar 431,6 mg/kg yang berbeda tidak nyata dengan V.M₃. Rerata kadar B tertinggi ditemukan pada bagian batang (307,6 mg/kg) dan terendah pada bagian akar (260,0 mg/kg).

Kadar B pada semua bagian tubuh tanaman menunjukkan pada kriteria rendah. Boron diserap

Tabel 2. Kadar hara Boron (B) dan Zinc (Zn) pada bagian daun, batang dan akar tanaman tebu

Perlakuan	B Daun	B Batang	B Akar	Zn Daun	Zn Batang	Zn Akar
... mg/kg ...						
Interaksi	(+)	(-)	(+)	(-)	(-)	(+)
E.M ₁	266,2 bc	310,1	196,8 b	0,24	0,06	0,27 abc
E.M ₂	320,5 a	316,5	206,9 b	0,24	0,05	0,11 d
E.M ₃	292,6 ab	305,6	190,7 b	0,26	0,07	0,11 d
I.M ₁	307,7 a	303,1	255,4 ab	0,28	0,06	0,34 ab
I.M ₂	191,9 d	305,4	317,7 a	0,29	0,05	0,34 ab
I.M ₃	248,5 c	305	190,1 b	0,35	0,05	0,19 bcd
V.M ₁	305,8 a	283,8	431,6 a	0,26	0,07	0,28 abcd
V.M ₂	238,0 c	341,3	183,7 b	0,27	0,05	0,13 cd
V.M ₃	268,5 bc	297,5	371,9 a	0,33	0,05	0,39 a
Ordo Tanah						
E	293,1	310,8 a	198,2	0,24 a	0,06 a	0,17
I	249,4	304,5 a	254,4	0,31 a	0,06 a	0,29
V	270,8	307,5 a	329,1	0,29 a	0,06 a	0,27
Masa monokultur						
M ₁	293,2	299,0 a	294,6	0,26 a	0,06 a	0,29
M ₂	250,2	321,1 a	236,1	0,27 a	0,05 b	0,23
M ₃	269,9	302,7 a	250,9	0,31 a	0,06 ab	0,19
Rerata	271,1	307,6	260,6	0,28	0,06	0,24
CV(%)	13,11	16,27	24,58*	7,30*	1,53*	9,59*
Keterangan : tanda (+) menunjukkan ada interaksi antar perlakuan, tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan. Angka-angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu variabel menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf signifikan. DMRT 5%. CV= coefficient of variation. (*) menunjukkan data ditransformasi menggunakan $\sqrt{x+0.5}$ E= Entisol, I= Inceptisol, V= Vertisol. M ₁ = masa monokultur 1–10 tahun, M ₂ = masa monokultur 11–20 tahun, M ₃ = masa monokultur 21–30 tahun						

lain di dalam media tanah. Jaringan daun menjadi wakil jaringan tanaman untuk mengetahui status hara dalam tanah. Hal ini disebabkan pada jaringan daun terjadi proses fisiologi paling aktif sehingga kadar hara di dalam daun berhubungan erat dengan status hara di dalam tanah (Cahyani *et al.*, 2016). Unsur hara P dapat memperbaiki pertumbuhan akar, menstimulasi anakan, memperpanjang ruas batang dan mempercepat pematangan dan memperbaiki kualitas nira (Firdaus, 2018).

Penyerapan K oleh tanaman dipengaruhi oleh ketersediaannya di dalam tanah, semakin tinggi ketersediaan K dalam tanah maka akan lebih banyak diserap oleh tanaman (Pancelli *et al.*, 2015). Kadar K daun dipengaruhi oleh interaksi antara ordo tanah dan masa monokultur tebu, tetapi untuk kadar K di batang dan akar tidak dipengaruhi oleh interaksi antara ordo tanah dan masa monokultur tebu (Tabel 1). Kadar K di daun tebu masuk kriteria tinggi, kadar K di batang tebu masuk kriteria rendah hingga sedang, sedangkan K di akar tergolong rendah. Kadar K daun tertinggi

didapatkan pada I.M₂ dengan kadar 4,72% yang berbeda tidak nyata dengan I.M₃. Ordo tanah tidak berpengaruh nyata terhadap kadar K di batang tebu dan kadar K pada batang tebu yang ditanam pada masa monokultur 21-30 tahun nyata lebih tinggi dibandingkan pada masa monokultur 11-20 tahun. Kadar K di akar tebu yang ditanam di Vertisol nyata lebih tinggi dibandingkan di Entisol dan Inceptisol tetapi masa penanaman tebu secara monokultur berpengaruh tidak nyata terhadap K pada akar tebu.

Jika dibandingkan antar bagian tubuh tanaman, didapatkan bahwa kadar K tertinggi ditemukan pada bagian akar dan terendah pada bagian batang (Tabel 1). Peningkatan konsentrasi K pada akar telah dilaporkan akan menekan translokasi Mg dari akar ke pucuk, menyebabkan Mg daun rendah (Rhodes *et al.*, 2018). Penyerapan hara K banyak terjadi pada saat tanaman tumbuh atau pada tahap awal perkembangan tanaman, dan menurun dengan bertambahnya pertumbuhan. Kadar K pada daun dan batang pada awal pertumbuhan tinggi, dan

Tabel 1. Kadar hara (%) Nitrogen (N), Fosfor (P) dan Kalium (K) pada bagian daun, batang dan akar tanaman tebu

Perlakuan	N Daun	N Batang	N Akar	P Daun	P Batang	P Akar	K Daun	K Batang	K Akar
Interaksi	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(-)	(-)
E.M ₁	0,239 a	0,476 bc	0,174 d	0,4 bc	0,2 ab	0,1 b	2,7 ef	0,9	1,6
E.M ₂	0,257 a	0,501 bc	0,216 bcd	0,4 bc	0,1 bc	0,1 b	3,2 de	0,63	1,3
E.M ₃	0,293 a	0,672 ab	0,243 bc	0,4 bc	0,2 a	0,1 b	2,5 f	1,2	1,6
I.M ₁	0,231 a	0,706 ab	0,313 a	0,7 a	0,1 c	0,1 b	3,9 bc	0,8	1,6
I.M ₂	0,288 a	0,734 a	0,259 b	0,3 c	0,2 ab	0,2 a	4,7 a	0,9	1,6
I.M ₃	0,177 b	0,510 bc	0,257 bc	0,4 bc	0,1bc	0,1 b	4,4 ab	1,1	1,5
V.M ₁	0,256 a	0,784 a	0,245 bc	0,5 b	0,2 bc	0,2 a	3,6 cd	1,1	1,9
V.M ₂	0,259 a	0,448 c	0,204 cd	0,4 bc	0,1 c	0,1 b	3,8 bcd	0,6	2,1
V.M ₃	0,246 a	0,666 ab	0,226 bc	0,4 bc	0,2 ab	0,2 ab	3,9 bcd	0,9	2,1
Ordo Tanah									
E	0,263	0,55	0,211	0,4	0,2	0,1	2,8	0,9 a	1,5 b
I	0,232	0,65	0,276	0,5	0,1	0,2	4,4	0,9 a	1,6 b
V	0,253	0,633	0,224	0,4	0,2	0,2	3,8	0,8 a	2,0 a
Masa monokultur									
M ₁	0,242	0,655	0,242	0,5	0,2	0,2	3,5	0,9 ab	1,7 a
M ₂	0,268	0,561	0,226	0,4	0,2	0,1	3,9	0,8 b	1,7 a
M ₃	0,239	0,616	0,242	0,4	0,2	0,1	3,6	1,1 a	1,7 a
Rerata	0,249	0,611	0,237	0,4	0,2	0,1	3,6	0,9	1,7
CV (%)	3,78*	9,36*	3,38*	6,72*	3,86*	7,24*	14,41	14,18*	14,37*

Keterangan : tanda (+) menunjukkan ada interaksi antar perlakuan, tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan. Angka-angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu parameter menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf signifikan DMRT 5%. CV= *coefficient of variation*. (*) menunjukkan data ditransformasi menggunakan akar (x+0,5) . . E= Entisol, I= Inceptisol, V= Vertisol. M₁= masa monokultur 1-10 tahun, M₂= masa monokultur 11-20 tahun, M₃= masa monokultur 21-30 tahun

tanaman melalui akar dalam bentuk H_3BO_3 . Kekahatan B muncul pada titik tumbuh atau daun muda, seperti terlihat pada kekurangan B pada tanaman jagung menyebabkan terhambatnya pertumbuhan serbuk sari dan kepala sari (Rerkasem & Jamjod, 2004). Hara B merupakan hara yang sangat unik dan bervariasi mobilitasnya dalam tanaman. Gejala defisiensi atau keracunan B juga sangat beragam. B banyak terdapat di floem dan sering ditranslokasi ulang dalam floem dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dalam perkembangan bagian tubuh tanaman (Brown & Shelp, 1997). B dapat membatasi mobilitas floem pada varietas tanaman yang memiliki hasil fotosintesis utama berupa sukrosa, seperti tanaman gandum, barley dan tebu. Pada daun, mobilitas B terjadi sepanjang aliran transpirasi dan terakumulasi di ujung daun (Brdar-Jokanović, 2020).

Fungsi Zn untuk tanaman cukup dalam jumlah yang sedikit tetapi jika tidak dipenuhi maka beberapa enzim akan mengalami disfungsi (Alloway, 1995). Hara Zn akan diserap tanaman dalam bentuk ion Zn^{2+} . Kadar Zn dalam tanah berkisar 16-300 ppm sedangkan dalam tanaman 20-70 ppm (Mengel & Kirkby, 1987). Kadar Zn akar dipengaruhi oleh interaksi antara ordo tanah dan masa monokultur tebu, sedangkan kadar Zn di daun dan batang tebu tidak dipengaruhi oleh interaksi antara ordo tanah dan masa monokultur tebu (Tabel 2). Kadar Zn pada semua bagian tubuh tanaman menunjukkan pada kriteria rendah. Masa penanaman tebu secara monokultur sampai dengan 30 tahun tidak berpengaruh nyata terhadap kadar Zn di daun tebu, sedangkan ordo tanah juga berpengaruh tidak nyata terhadap kadar Zn di daun tebu, dengan nilainya merata di Inceptisol lebih tinggi dibandingkan Entisol dan Vertisol. Ordo tanah tidak berpengaruh nyata terhadap kadar Zn di batang tebu dan masa penanaman tebu 11-20 berbeda nyata lebih rendah dibandingkan masa penanaman monokultur 1-10 tahun. Rerata kadar Zn tertinggi ditemukan pada bagian daun dan terendah pada bagian batang (Tabel 2). Jika dibandingkan antar ordo tanah terlihat bahwa tidak terlalu ada perbedaan antara kandungan Zn pada tanaman tebu yang ditanam baik di Entisol, Inceptisol dan Vertisol. Hara Zn merupakan hara mikro yang ketersediaannya akan tinggi pada tanah masam, dan menurun dengan kenaikan pH tanah (Mellis *et al.*, 2016).

Hasil Tanaman Tebu dan Hubungan dengan Kadar Hara Tanaman

Rendemen dan produktivitas menjadi sangat penting untuk petani karena mekanisme bagi hasil dengan petani didasarkan pada jumlah kuintal dan rendemen tebu, sehingga semakin besar jumlah produksi tebu dan rendemen maka semakin banyak

yang diterima oleh petani (Wibowo, 2013). Selama fase pemasakan selain terjadi akumulasi sukrosa pada ruas batang juga terjadi pemanjangan sel yang meningkatkan ketebalan dan pembentukan lignin pada dinding sel (Snyman *et al.*, 2008). Rendemen tebu dipengaruhi secara nyata oleh interaksi antara ordo tanah dengan masa monokultur tebu (Tabel 3). Pada masa monokultur 1–10 tahun, nilai rendemen tebu di Entisol nyata paling rendah dibandingkan pada di Inceptisol dan Vertisol, sedangkan pada masa monokultur 11–20 tahun dan 21–30 tahun nilai rendemen di Entisol nyata lebih tinggi dibandingkan pada Inceptisol dan Vertisol. Rendemen tebu di Entisol masa monokultur 1–10 tahun nyata paling rendah dibandingkan pada rendemen di masa monokultur 11–20 dan 21–30 tahun. Kondisi lain berbeda untuk rendemen di Inceptisol dan Vertisol, rendemen di masa monokultur 1–10 tahun nyata paling tinggi dibandingkan pada masa monokultur 11–20 dan 21–30 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa dampak budidaya tebu monokultur terhadap rendemen sangat tergantung pada ordo tanah. Perubahan yang terjadi akibat budidaya tebu secara monokultur dalam jangka panjang berbeda untuk masing-masing ordo tanah. Kondisi ini diduga berkaitan dengan kemampuan masing-masing tanah dalam bertahan dari degradasi yang mungkin terjadi. Sifat-sifat tanah seperti sifat fisika, kimia dan biologi tanah memiliki peran dalam menentukan dampak pengelolaan lahan terhadap rendemen tebu (Marin *et al.*, 2019). Penurunan rendemen dan produktivitas tebu kemungkinan berhubungan erat dengan degradasi tanah sebagai akibat dari penanaman tebu monokultur dalam jangka panjang (Bramley *et al.*, 1996) dan kondisi degradasi lahan ini akan mempengaruhi serapan dan kadar hara dalam tubuh tanaman.

Tabel 3. Rendemen dan Produktivitas Tebu pada Masing-masing Perlakuan

Variabel	Rendemen (%)				Produktivitas Tebu (ton/ha)			
	M ₁	M ₂	M ₃	Rerata	M ₁	M ₂	M ₃	Rerata
Entisol	6,03 g	7,37 d	7,79 b	7,07	49,38 e	30,21 f	35,04 f	38,21
Inceptisol	7,99 a	6,80 f	7,57 c	7,45	54,82 d	62,29 c	73,06 ab	63,39
Vertisol	8,04 a	6,79 f	7,13 e	7,32	63,05 c	68,73 b	76,18 a	69,32
Rerata	7,36	6,99	7,49	7,28 (+)	55,75	53,74	61,43	56,97 (+)
CV (%)	9,13				5,27			

Keterangan : tanda (+) menunjukkan ada interaksi antar perlakuan, tanda (-) menunjukkan tidak ada interaksi antar perlakuan. Angka-angka yang diikuti huruf yang sama dalam satu variabel menunjukkan berbeda tidak nyata pada taraf signifikansi. DMRT 5%. CV= coefficient of variation. (*) menunjukkan data ditransformasi menggunakan $\sqrt{x+0.5}$ E= Entisol, I= Inceptisol, V= Vertisol. M₁= masa monokultur 1–10 tahun, M₂= masa monokultur 11–20 tahun, M₃= masa monokultur 21–30 tahun

Produktivitas tebu adalah merupakan jumlah produksi tebu dalam luasan tertentu dan produksi tanaman tebu dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu penggunaan sarana produksi dan teknik budidaya tanamannya. Lahan sebagai sarana produksi merupakan bagian dari faktor produksi termasuk di dalamnya kesuburan tanah berpengaruh positif terhadap produksi tebu (Tunjungsari, 2014). Produktivitas tebu dipengaruhi secara nyata oleh interaksi antara ordo tanah dengan masa penanaman tebu monokultur (Tabel 3). Pada masa monokultur 1–10 tahun, 11–20 tahun dan 21–30 tahun, nilai produktivitas tebu di Entisol nyata paling rendah dibandingkan pada di Inceptisol dan Vertisol. Produktivitas tebu di Inceptisol dan Vertisol terlihat bahwa pada masa monokultur 1–10 tahun memiliki produktivitas yang nyata paling rendah dibandingkan pada produktivitas di masa monokultur 11–20 dan 21–30 tahun. Kondisi lain berbeda untuk produktivitas di Entisol, produktivitas di masa monokultur 11–20 tahun nyata paling rendah dibandingkan pada masa monokultur 1–10 tahun dan 21–30 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa ordo tanah memiliki peran dalam menentukan perubahan produktivitas tebu akibat budidaya tebu monokultur dalam jangka panjang (De Moraes *et al.*, 2019).

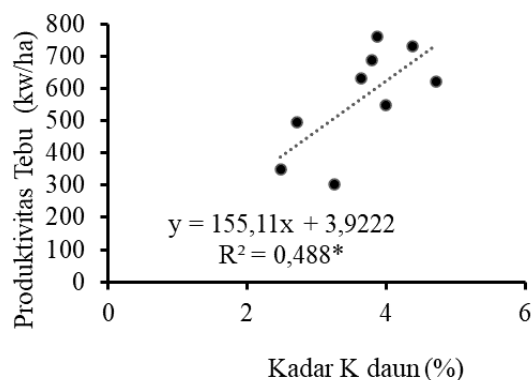
Analisa kadar hara di daun jaringan tanaman dapat dilakukan untuk menjadi dasar diagnosa kebutuhan hara tanaman dan kadar hara di daun memiliki korelasi positif dengan produksi tanaman (Liferdi *et al.*, 2008). Produktivitas tebu memiliki korelasi yang kuat dan signifikan dengan kadar K daun dan kadar Zn daun (Tabel 4). Semakin tinggi kadar K dan Zn daun tebu akan semakin meningkatkan produktivitas tanaman tebu (Gambar 1 dan Gambar 2). Kadar K dalam daun tanaman memiliki hubungan positif dengan ketersediaan K dari tanah, sehingga semakin tinggi ketersediaan K tanah, maka kadar K dalam daun meningkat. Peningkatan akan ini menyebabkan tinggi tanaman, diameter batang dan produktivitas tebu juga akan meningkat (Kadarwati, 2020). Kalium memainkan peran penting dalam metabolisme N dan jika tanaman tidak mendapatkan cukup K maka tanaman akan gagal mengangkut nitrat ke bagian tubuh tanaman sehingga akan mengganggu proses fotosintesis (Amolo *et al.*, 2014). Unsur hara Zn merupakan hara yang penting untuk meningkatkan produktivitas tebu di Brazil dan membuat agribisnis tebu lebih berkelanjutan. Fungsi Zn antara lain sebagai bagian dari klorofil dan proses fotosintesis, bagian dari reaksi kimia di dalam tubuh tanaman dan berperan dalam metabolisme protein dan karbohidrat, sehingga keberadaan Zn mempengaruhi produktivitas tanaman (Mellis *et al.*, 2016). Rendemen tebu memiliki korelasi yang kuat dan signifikan terhadap kadar N akar tebu (Tabel 4).

Rendemen tebu akan semakin meningkat jika kadar N akar tanaman tebu juga meningkat (Gambar 3). Sumber N untuk tanaman sebagian besar berasal dari tanah, dan diserap baik dalam bentuk ammonium atau nitrat oleh akar tanaman, baik dengan aliran massa maupun difusi (Richardson *et al.*, 2009). Kecukupan serapan N akan mempengaruhi hasil tanaman tebu karena pasokan N yang kurang akan menurunkan kandungan dan aktivitas klorofil, sehingga laju fotosintesis menurun dan penurunan laju fotosintesis akan menurunkan produksi sukrosa baik untuk metabolisme maupun untuk dipartisikan pada jaringan parenkim batang (Mastur *et al.*, 2016).

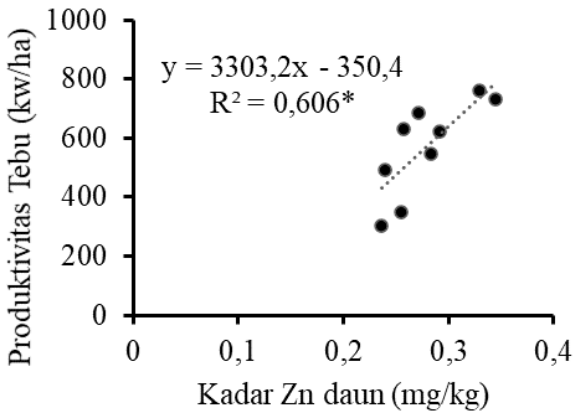
Tabel 4. Korelasi Kadar Hara Jaringan Tanaman dengan Produktivitas dan Rendemen Tebu

Variabel	Produktivitas Tebu	Rendemen Tebu
Kadar N Daun	-0,427	-0,071
Kadar N Batang	0,101	0,557
Kadar N Akar	0,130	0,752*
Kadar P Daun	0,086	0,504
Kadar P Batang	-0,312	-0,096
Kadar P Akar	0,403	0,142
Kadar K Daun	0,699*	0,093
Kadar K Batang	0,126	0,241
Kadar K Akar	-0,046	0,506
Kadar B Daun	-0,539	0,565
Kadar B Batang	-0,099	-0,480
Kadar B Akar	0,413	0,285
Kadar Zn Daun	0,778*	0,146
Kadar Zn Batang	-0,433	0,548
Kadar Zn Akar	0,531	-0,062

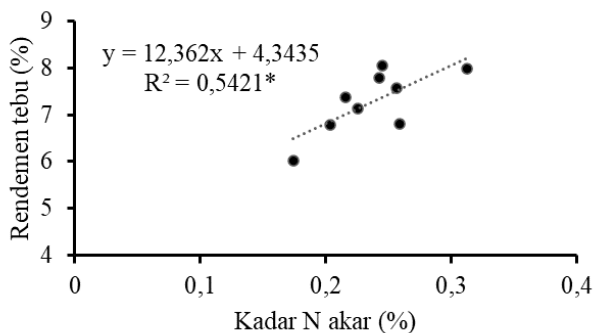
Keterangan: *. Korelasi signifikan atau berbeda nyata pada taraf 5%.



Gambar 1. Hubungan Kadar K Daun dan Produktivitas Tebu



Gambar 2. Hubungan Kadar Zn Daun dan Produktivitas Tebu



Gambar 3. Hubungan Kadar N Akar dan Rendemen Tebu

KESIMPULAN

Interaksi antara ordo tanah sebagai media tanam dan masa budidaya tebu secara monokultur memberikan pengaruh nyata terhadap kadar hara N,P,K,B pada daun, kadar N dan P batang dan kadar hara N,P,B dan Zn akar tanaman tebu. Produktivitas dan rendemen tebu juga dipengaruhi oleh interaksi kedua perlakuan tersebut. Untuk hubungannya dengan hasil tanaman tebu, hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Zn dan K pada daun tanaman tebu memiliki korelasi kuat dan signifikan terhadap produktivitas tebu dengan nilai $r=0,778^*$ dan $r=0,699^*$. Kadar N akar memiliki korelasi kuat dan signifikan terhadap nilai rendemen tanaman tebu ($r=0,752^*$). Teknik budidaya tebu secara monokultur yang banyak dilakukan di Indonesia pada ordo tanah Entisol, Inceptisol dan Vertisol memberikan dampak terhadap kadar hara dalam tubuh tanaman serta hasil tanaman tebu. Agar dapat memberikan hasil yang selalu optimal, ketersediaan hara makro dan mikro sangat perlu diperhatikan untuk mendapatkan hasil tanaman tebu yang berkelanjutan dengan teknik penanaman monokultur jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway B J. (1995). Heavy Metals in Soils, Second Edition, Blackie Academic & Professional, An Imprint Of Chapman & Hall, Glasgow.
- Amolo, R. A., Sigunga, D. O. & Owuor, P. O. (2014). Evaluation of sugarcane cropping systems in relation to productivity at Kibos in Kenya. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 2(7), 256–266. DOI: <http://www.journalissues.org/ijapr/>
- Barbosa, L. C., de Souza, Z. M., Franco, H. C. J., Otto, R., Neto, J. R., Garside, A. L. & Carvalho, J. L. N. (2018). Soil texture affects root penetration in Oxisols under sugarcane in Brazil. *Geoderma Regional*, 13, 15–25.
- Bramley, R., Ellis, N., Nable, R. & Garside, A. (1996). Changes in soil chemical properties under long-term sugar cane monoculture and their possible role in sugar yield decline. *Australian Journal of Soil Research*, 34(6), 967–984. DOI: <https://doi.org/10.1071/SR9960967>.
- Brdar-Jokanović, M. (2020). Boron toxicity and deficiency in agricultural plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(4). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms21041424>.
- Britto, D. T. & Kronzucker, H. J. (2008). Cellular mechanisms of potassium transport in plants. *Physiologia Plantarum*, 133(4), 637–650. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2008.01067.x>.
- Brown, P. H. & Shelp, B. J. (1997). Boron mobility in plants. *Plant and Soil*, 193, 85–105. DOI: <https://doi.org/10.1023/A>.
- Cahyani, S., Sudirman, A. & Abdul Azis. (2016). Respons Pertumbuhan vegetatif tanaman tebu t (*Saccharum officinarum* L.) Ratoon 1 terhadap pemberian kombinasi pupuk organik dan pupuk anorganik. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 60(2), 4791–4792. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.4772547>.
- Cardozo, N. P. & Sentelhas, P. C. (2013). Climatic effects on sugarcane ripening under the influence of cultivars and crop age. *Scientia Agricola*, 70(6), 449–456. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000600011>.
- De Moraes, E. R., Mageste, J. G., Lana, R. M. Q., Torres, J. L. R., Domingues, L. A. D. S., Lemes, E. M. & De Lima, L. C. (2019). Sugarcane root development and yield under different soil tillage practices. *Revista Brasileira de Ciencia Do Solo*, 43, 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20180090>.
- Esteban, D. A. A., de Souza, Z. M., Tormena, C. A., Lovera, L. H., de Souza Lima, E., de Oliveira,

- I. N. & de Paula Ribeiro, N. (2019). Soil compaction, root system and productivity of sugarcane under different row spacing and controlled traffic at harvest. *Soil and Tillage Research*, 187, 60-71.
- Firdaus, G. M. (2018). The effect of biofertilizer and inorganic fertilizer on the vegetative growth of sugarcane (*Saccharum officinarum*). *Journal of Applied and Physical Sciences*, 4(1), 1404–1411. DOI: <https://doi.org/10.20474/japs-4.1.2>
- Franco, H. C. J., Mariano, E., A.C.Vitti, C.E.Faroni, Otto, R. & P.C.O.Trivelin. (2011). Sugarcane response to Boron and Zinc in Southeastern Brazil. *Sugar Tech*, 13(1), 86–95. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-010-0057-x>.
- Hani, E. S. & Mustapit. (2016). Stakeholder Response to the development strategy of sugarcane dry land agriculture in East Java. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 469–474. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2016.02.165>.
- Kadarwati, T. F. (2020). Effect of different levels of potassium on the growth and yield of sugarcane ratoon in inceptisols. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 418(1), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/418/1/012066>.
- Lal, K. N. & Singh, J. N. (1961). Uptake of phosphorus and its accumulation in component parts of sugarcane as affected by age, phosphorus deficiency and levels of phosphorus. *Soil Science and Plant Nutrition*, 6(3), 120–126. DOI: <https://doi.org/10.1080/00380768.1961.10430937>.
- Leite, J. M., Ciampitti, I. A., Mariano, E., Vieira-Megda, M. X. & Trivelin, P. C. O. (2016). Nutrient partitioning and stoichiometry in unburnt sugarcane ratoon at varying yield levels. *Frontiers in Plant Science*, 7. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00466>.
- Liferdi, L., Poerwanto, R., Susila, A., Idris, K. & Mangku, I. (2008). Korelasi kadar hara fosfor daun dengan produksi tanaman manggis. *Jurnal Hortikultura*, 18(3), 85204. DOI: <https://doi.org/10.21082/jhort.v18n3.2008.p>.
- Marin, F. R., Ignacio, J., Edreira, R., Andrade, J. & Grassini, P. (2019). Field crops research on-farm sugarcane yield and yield components as influenced by number of harvests. *Field Crops Research*, 240, 134–142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.06.011>.
- Mastur, Syafaruddin & Syakir, M. (2016). Peran dan pengelolaan hara nitrogen pada tanaman tebu untuk peningkatan produktivitas tebu. *Perspektif*, 14(2), 73. DOI: <https://doi.org/10.21082/p.v14n2.2015.73-86>
- Medina, N. H., Branco, M. L. T., Silveira, M. A. G. da. & Santos, R. B. B. (2013). Dynamic distribution of potassium in sugarcane. *Journal of Environmental Radioactivity*, 126, 172–175. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2013.08.004>.
- Mellis, E. V., Quaggio, J. A., Becari, G. R. G., Teixeira, L. A. J., Cantarella, H. & Dias, F. L. F. (2016). Effect of micronutrients soil supplementation on sugarcane in different production environments: cane plant cycle. *Agronomy Journal*, 108(5), 2060. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2015.0563>.
- Mengel, K. & Kirkby, E.A. (1987) Principles of Plant Nutrition. International Potash Institute, Worblaufen-Bern, Switzerland.
- Misra, V., Solomon, S., Hashem, A., Abd Allah, E. F., Al-Arjani, A. F., Mall, A. K., Prajapati, C. P. & Ansari, M. I. (2020). Minimization of post-harvest sucrose losses in drought affected sugarcane using chemical formulation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 27(1), 309–317. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.09.028/>.
- Nastaro, B., Mariano, E., Antunes, R., Cesar, P. & Trivelin, O. (2019). Plant physiology and biochemistry influence of nitrate - ammonium ratio on the growth, nutrition, and metabolism of sugarcane. *Plant Physiology and Biochemistry*, 139, 246–255. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.03.024>.
- Oliveira, R. I. De, Rodrigo, M., Amaral, F., Soares, C., Freire, F. J., Euzébio, D., Neto, S. & De, E. C. A. (2016). Nutrient partitioning and nutritional requirement in sugarcane. *Australian Journal of Crop Science*, 10(1), 69–75.
- Pancelli, M. A., Prado, R. de M., Flores, R. A., de Almeida, H. J., Moda, L. R. & de Souza Junior, J. P. (2015). Growth, yield and nutrition of sugarcane ratoon as affected by potassium in a mechanized harvesting system. *Australian Journal of Crop Science*, 9(10), 915–924.
- Pembengo, W., Handoko & Suwanto. (2012). Efisiensi penggunaan cahaya matahari oleh tebu pada berbagai tingkat pemupukan nitrogen dan fosfor. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 40(3), 211–217. DOI: <https://doi.org/10.24831/jai.v40i3.6828>.
- Pusdatin. (2017). Outlook Komoditas Pertanian Sub Sektor Perkebunan Tebu. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian.
- Rahman, M. E., Sinaga, B. M., Harianto, N. & Susilowati, S. H. (2019). Kebijakan dukungan domestik untuk menetralsir dampak negatif penurunan tarif impor terhadap industri gula Indonesia. *Jurnal Agro Ekonomi*, 36(2), 91. DOI: <https://doi.org/10.21082/jae.v36n2.2018.91-112>.

- Rerkasem, B. & Jamjod, S. (2004). Boron deficiency in wheat: A review. *Field Crops Research*, 89 (2–3), 173–186. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.01.022>.
- Rhodes, R., Miles, N. & Hughes, J. C. (2018). Interactions between potassium, calcium and magnesium in sugarcane grown on two contrasting soils in South Africa. *Field Crops Research*, 223, 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.001>.
- Rice, R. W., Gilbert, R. A., & McCray, J. M. (2010). Nutritional requirements for Florida sugarcane 1. *Edis*, 2, 1–8.
- Richardson, A. E., Barea, J. M., McNeill, A. M. & Prigent-Combaret, C. (2009). Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. *Plant and Soil*, 321(1–2), 305–339. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-009-9895-2>
- Saleem, M. A., Ghaffar, A., Anjum, S. A., Cheema, M. & Bilal, M. F. (2012). Effect of nitrogen on growth and yield of sugarcane. *Journal American Society of Sugar Cane Technologists*, 32, 75–93.
- Snyman, S. J., Baker, C., Hockett, B. I., McFarlane, S. A., Van Antwerpen, T., Berry, S., Omarjee, J., Rutherford, R. S. & Watt, D. A. (2008). South African sugarcane research institute: embracing biotechnology for crop improvement research. *Sugar Tech*, 10(1), 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12355-008-0001-5>.
- Subiyakto. (2017). Analisis keragaman parameter penentu rendemen gula kristal putih pada pabrik gula BUMN. *M.P.I*, 11, 1–10.
- Susila & Sinaga, B. M. (2005). Pengembangan industri gula Indonesia yang kompetitif pada situasi persaingan yang adil. *Jurnal Litbang Pertanian*, 24(1), 1–9.
- Thamrin, M., Susanto, S., Susila, A. D. & Sutandi, A. (2016). Hubungan konsentrasi hara nitrogen, fosfor, dan kalium daun dengan produksi buah sebelumnya pada tanaman jeruk Pamelo. *Jurnal Hortikultura*, 23(3), 225. DOI: <https://doi.org/10.21082/jhort.v23n3.2013.p225-234>.
- Tunjungsari, R. (2014). Analisis produksi tebu di Jawa Tengah, JEJAK, *Jurnal of Economics and Policy*, 7(2), 121-133. DOI: [10.15294/jejak.v7i1.3596](https://doi.org/10.15294/jejak.v7i1.3596).
- Wibowo, E. (2013). Pola kemitraan antara petani tebu rakyat kredit dan mandiri dengan pabrik gula Modjopanggoong Tulungagung. *Jurnal Manajemen Agribisnis*, 13(1), 1–12.
- Xu, N., Bhadha, J. H., Rabbany, A., Swanson, S., McCray, J. M., Li, Y. C., Strauss, S. L. & Mylavara, R. (2021). Crop nutrition and yield response of bagasse application on sugarcane grown on a mineral soil. *Agronomy*, 11(8), 1–15. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11081526>.