

Pemupukan Terpadu Anorganik dan Organik Berbasis Asam Humat-Fulvat ada Lahan Marginal

Nur Indah Mansyur, M Naim Eiddieansyah

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan

nurindah.ubt@borneo.ac.id

Abstrak

Konsep pemupukan terpadu adalah pemberian sejumlah pupuk untuk menjamin keseimbangan unsur hara dan optimum dalam tanah. Pemupukan terpadu organik dan anorganik memberikan dampak yang sangat baik bagi pertumbuhan, produksi tanaman dan keberlanjutan ekosistem. Pupuk organik pada pemupukan terpadu berperan ganda yaitu sebagai sumber unsur hara sekaligus pembenah tanah. Penelitian bertujuan mengevaluasi penerapan pemupukan terpadu organik dan anorganik berbasis asam humat dan fulvat pada lahan marginal. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan 7 perlakuan pupuk terpadu urea dan pupuk organik (B), yaitu: B0 (urea 300 kg/ ha); B1 (225 kg/ha+kotoran ayam 40 t/ha); B2 (225 kg/ha+kotoran ayam 80 t/ha); B3 (225 kg/ha+kotoran sapi 40 t/ha); B4 (225 kg/ha+kotoran sapi 80 t/ha); B5 (225 kg/ha+limbah udang 40 t/ha); B6 (225 kg/ha+limbah udang 80 t/ha). Aplikasi pupuk terpadu 3 kali yaitu sebelum tanaman, pada saat tanam, dan setelah tanam pada MT 1. Pada setiap perlakuan juga diberikan SP-36 dan KCl sebanyak 150 kg/ha SP-36 dan 50 kg/ha KCl, bersamaan pada aplikasi pertama. Hasil penelitian ini menunjukkan aplikasi pupuk terpadu organik dan anorganik mampu meningkatkan pH, C-organik, N-total, asam humat dan fulvat tanah marginal, pertumbuhan dan produksi jagung. Setiap pupuk organik mengandung asam humat dan asam fulvat yang berbeda yang menjadi residu baik bagi perbaikan kesuburan tanah dan produksi jagung pada MT 2. Produksi jagung akibat aplikasi pupuk terpadu organik dan anorganik pada MT 2 lebih tinggi daripada MT 1, produksi tertinggi diperoleh pada aplikasi pupuk terpadu urea 225 kg/ha + kotoran sapi sebesar 14,2 t/ha.

Kata Kunci :Pemupukan terpadu, asam humat, asam fulvat, tanah marginal

Abstract

The concept of integrated fertilization is the provision of a number of fertilizers to ensure the balance of nutrients and the optimum in the soil. Integrated organic and inorganic fertilization has a very good impact on growth, crop production and ecosystem sustainability. Organic fertilizers in integrated fertilization have a dual role, namely as a source of nutrients as well as a soil amendment. The aim of the study was to evaluate the application of integrated organic and inorganic fertilization based on humic and fulvic acids on marginal land. This study used a randomized block design with 7 treatments of integrated fertilizers of urea and organic fertilizers (B), namely: B0 (urea 300 kg/ha); B1 (225 kg/ha+chicken manure 40 t/ha); B2 (225 kg/ha+chicken manure 80 t/ha); B3 (225 kg/ha+40 t/ha cow manure); B4 (225 kg/ha+cow manure 80 t/ha); B5 (225 kg/ha+shrimp waste 40 t/ha); B6 (225 kg/ha+shrimp waste 80 t/ha). Integrated fertilizer application 3 times, namely before planting, at planting, and after planting at MT 1. In each treatment SP-36 and KCl were also given as much as 150 kg/ha SP-36 and 50 kg/ha KCl, together in the first application. The results of this study indicate that the application of integrated organic and inorganic fertilizers can increase of pH, OC, N-total, humic and fulvic acids in marginal soils, growth and production of maize. Each organic fertilizer contains different humic and fulvic acids which are good residues for improving soil fertility and corn production in MT 2. Maize production due to the application of integrated organic and inorganic fertilizers in MT 2 is higher than MT 1, the highest production is obtained in the application of fertilizers integrated urea 225 kg/ha + cow manure of 14.2 t/ha.

Keywords: Integrated fertilization, humic acid, fulvic acid, marginal soil

PENDAHULUAN

Optimalisasi pemanfaatan lahan marginal merupakan strategi peningkatan kemampuan sektor pertanian untuk menjamin penyediaan pangan bagi masyarakat. Lahan marginal memiliki keterbatasan dalam pengelolaannya, seperti tingkat kemasaman tanah yang rendah, miskin unsur hara, dan ketersediaan air yang terbatas. [1, 2] menunjukkan beberapa karakteristik tanah pada wilayah yang memiliki curah hujan dan suhu tinggi antara lain pH tergolong masam (4,1-4,9), N total sangat rendah (0,06%), kandungan P total tinggi (0,81%), K total sangat rendah (0,06%), karbon organik sangat rendah (0,08–0,11%), KPK rendah (12,5 cmol.kg⁻¹), dan Al-dd tergolong sangat tinggi (43%). Karakteristik tanah seperti itu tidak dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara normal, dan upaya peningkatan produktifitas lahan memerlukan teknologi yang spesifik sesuai dengan karakteristik lahan.

Selama ini pemupukan anorganik (Urea, SP-36/TSP, NPK, dan KCl) dan pengapuran menjadi salah satu upaya yang dilakukan oleh petani untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman. Tentunya intervensi pemupukan menjadi sangat tinggi, disisi lain kebutuhan pupuk sering tidak mampu terpenuhi. Hal ini disebabkan oleh ketersediaan pupuk anorganik yang terbatas dipasar, dan aplikasi pupuk memiliki efisiensi serapan yang rendah. [3] menyatakan bahwa pada wilayah dengan curah hujan dan suhu yang tinggi, efisiensi serapan unsur hara (Nitrogen) dari aplikasi pupuk anorganik (urea) hanya sekitar 16-27%, akibat dari proses pencucian, denitrifikasi, dan penguapan yang sangat tinggi.

Teknologi pemupukan terpadu adalah salah satu strategi pemenuhan kebutuhan pupuk bagi tanaman dan untuk meningkatkan kualitas lahan marginal. Teknologi pemupukan secara terpadu adalah metode pemupukan dengan memadukan berbagai jenis pupuk anorganik dan organik yang sangat baik untuk memperbaiki sifat tanah, menjamin terjadinya keseimbangan unsur hara dalam tanah, menyediakan hara secara bertahap, dan menjaga habitat biomassa tanah. Efisien pemupukan tercapai apabila diperoleh output maksimal melalui suatu perangkat input, yaitu apabila berbagai sumberdaya dapat dikombinasikan secara optimal sehingga menghasilkan keuntungan maksimal [4]. Penggunaan limbah udang sebagai pupuk organik

dan biochar sebagai pembenah tanah mampu memperbaiki sifat kimia dan serapan hara N oleh jagung pada tanah marginal [5].

Ada banyak potensi bahan kombinasi pemupukan terpadu yang dapat direkayasa. [1] menggunakan biochar cangkang sawit dan limbah udang bersama urea dalam rekayasa pupuk lepas lambat menunjukkan efisiensi yang tinggi sekitar 56-76% dibandingkan urea tanpa biochar dan limbah udang. [6] mengatakan bahwa penerapan pada sistem jajar legowo 25% pupuk anorganik (NPK 75 kg ha⁻¹ dan Urea 75 kg/ha) + 75% pupuk organik (POC 1,5 l/ha dan kompos 7,5 t/ha) dapat meningkatkan hasil tanaman jagung manis yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan 100% pupuk anorganik dan perlakuan 100% pupuk organik.

Peranan pupuk organik dalam rekayasa pemupukan terpadu sangat ditentukan oleh sumber dan bahan susunannya [7]. Indikator pupuk organik yang sangat baik dan layak dikombinasikan dengan pupuk anorganik adalah yang telah mengalami proses dekomposisi [8] dengan hasil akhirnya asam humat dan fulvat. [9] menyatakan bahwa asam humat dan fulvat adalah bagian dari pupuk organik yang berperan sangat penting, karena memiliki gugus fungsional karboksil (COOH) dan hidroksil (COH) yang mampu meningkatkan kapasitas tukar ion (KPK) tanah, meningkatkan asupan nitrogen oleh tanaman, dan berperan sebagai agen pengkelat logam. [10, 11] menyatakan bahwa keberadaan asam humat dan fulvat mampu menstimulasi dan meningkatkan produksi enzim, serta meningkatkan proses laju fotosintesis.

Setiap jenis pupuk organik mengandung asam humat-fulvat dengan jumlah yang berbeda jumlah, dan tentu akan memberikan pengaruh yang berbeda pula terhadap pertumbuhan, perkembangan dan produksi tanaman. [12] menyatakan bahwa terdapat perbedaan kandungan asam humat pada bahan organik pupuk kandang kambing dan pupuk kandang ayam. Selama ini kajian peranan pupuk organik dari aspek kimiawi tanah lebih banyak pada kemampuan menyediakan unsur hara pada satu masam tanam, disisi lain pupuk organik mampu menjadi pembenah tanah yang jangka panjang. Karena mengandung asam humat dan fulvat.

Efektifitas pemupukan terpadu anorganik dan organik tergantung pada susunan senyawa yang dikandung pupuk organik. Oleh karena peranan asam humat dan fulvat yang dikandung pupuk organik sangat penting dalam rekayasa pemupukan, maka kajian potensi pupuk organik sebagai sumber asam humat dan fulvat dalam pemupukan terpadu, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung sangat penting dilakukan.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada lahan marginal di Tarakan Kalimantan Utara mulai Maret sampai November 2022, yang dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu : 1) Pengujian sifat kimia, asam humat dan fulvat tanah dan pupuk organik yang digunakan, dan 2) Aplikasi pemupukan terpadu organik dan anorganik pada jagung pada 2 kali masa tanam. Pengujian sifat kimia, asam humat dan asam fulvat tanah dan pupuk organik dilaksanakan di laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UBT. Penelitian dilaksanakan dilahan percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan faktor perlakuan aplikasi pupuk terpadu urea dan pupuk organik (B), yaitu: B0 (kontrol, urea rekomendasi jagung 300 kg/ ha); B1 (urea 225 kg/ha + pupuk kotoran ayam 40 t/ha); B2 (urea 225 kg/ha + pupuk kotoran ayam 80 t/ha); B3 (urea 225 kg/ha + pupuk kotoran sapi 40 t/ha); B4 (urea 225 kg/ha + pupuk kotoran sapi 80 t/ha); B5 : urea 225 kg/ha + pupuk kulit udang 40 t/ha; B6 (urea 225 kg/ha + pupuk kulit udang 80 t/ha).

Setiap perlakuan percobaan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh sebanyak 21 petak percobaan, ukuran setiap petak 2 m x 1,5 m. Sebagai tanaman indikator pada penelitian ini adalah jagung yang di dibudidayakan selama 2 musim tanam. Sebelum percobaan dilakukan analisis sifat kimia tanah dan pupuk organik berupa pH dengan pH meter, kandungan karbon organik metode Walkley and Black dan N-total metode Kjeldahl [5] , serta kandungan asam humat dan fulvat metode pendendapan [12, 13].

Aplikasi pupuk terpadu dilakukan pada musim tanam ke-1 sebanyak 3 kali yaitu 2 minggu sebelum tanaman, pada saat setelah tanam, dan 2 minggu setelah tanam. Selain aplikasi perlakuan, pada setiap petak juga diberikan SP-36 dan KCl dengan takaran yang sama, yaitu 150 kg/ha SP-36 dan 50 kg/ha KCl, diberikan bersamaan pada aplikasi pertama. Pada musim tanam ke-2, setiap

petak di berikan pupuk organik yang sama dengan musim tanam ke-1 dengan takaran yang sama yaitu 20 t/ha. Parameter yang diamati adalah: 1) sifat kimia tanah berupa pH, C-organik, N-total, asam humat dan asam fulvat tanah, terhadap sampel tanah yang diambil setelah perlakuan dan setelah panen; 2) pertumbuhan dan produksi jagung berupa tinggi tanaman dan jumlah daun, serta bobot total buah perpetak dan hektar, yang diambil pada musim tanam 1 dan 2.

Data dianalisis menggunakan Analisis Of Varian. Jika hasil analisis menunjukkan perbedaan antara perlakuan, maka perlu dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji DMRT pada taraf 5%.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah dan Bahan Organik

Tanah digunakan bersifat sangat masam dengan nilai pH sekitar 3,9, mengandung karbon organik yang sangat yaitu sekitar 0,80%, kandungan N total tanah tergolong rendah sekitar 0,20%, serta kandungan asam humat dan fulvat sekitar 0,099% dan 0,143% (Tabel 1). Karakteristik tanah tersebut menunjukkan tingkat kesuburan yang rendah dan tergolong marginal. [1] menyatakan bahwa untuk mengoptimalkan pemanfaatan lahan marginal dapat dilakukan dengan teknologi pemupukan dan pembenah tanah. Pengelolaan dan pemanfaatan lahan dengan kesuburan yang rendah pada tingkat petani umumnya dengan penambahan pupuk, bahan organik dan kapur sebagai pembenah tanah. [14] menyatakan bahwa pemberian pupuk anorganik baik sendiri maupun dikombinasikan dengan pupuk organik mampu memperbaiki dan meningkatkan kesuburan tanah dan tanaman hortikultura, namun pengaruh pupuk organik yang diberikan dapat berbeda tergantung pada komposisi penyusunnya.

Tabel 1. Sifat Kimia Tanah Dan Bahan Organik

Sifat kimia	Satuan	Nilai			
		Tanah ^a	Kotoran ayam	Kotoran sapi	Limbah udang
pH	-	3,9 m	8,6 al	7,8	8,1
C-org	%	0,80 sr	22,7	10,9	14,54
N-tot	%	0,20 r	0,61	0,41	1,66
As. humat	%	0,099	0,850	2,494	0,323

As. Fulvat	%	0,143	0,088	0,098	0,014
---------------	---	-------	-------	-------	-------

Sumber: Hasil penelitian (2022); ^akriteria berdasarkan Balai Penelitian Tanah (2009).
Keterangan : m: masam; al: alkalis; sr: sangat rendah; r: rendah

Hasil analisis kimia pupuk organik yang digunakan menunjukkan bahwa pH dan C-organik pupuk kotoran ayam lebih tinggi dari kotoran sapi dan limbah udang. Kandungan N-total limbah udang lebih tinggi dari kotoran ayam dan kotoran sapi, kandungan asam humat dan fulvat kotoran sapi tinggi dari kotoran ayam dan limbah udang.

Perubahan sifat kimia tanah marginal akibat aplikasi beberapa kombinasi pupuk terpadu

Perubahan sifat kimia tanah akibat pemberian pupuk terpadu organik dan anorganik disajikan pada Tabel 2 dan 3. Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik baik pupuk kandang sapi, limbah udang dan pupuk kandang ayam signifikan meningkatkan nilai dari sifat kimia tanah yang diamati, baik pada pengamatan pertama maupun pada pengamatan ke-2. Secara umum nilai sifat kimia tanah pada pengamatan ke-2 lebih tinggi dari pada pengamatan ke-1.

Kandungan C-organik tanah pada semua perlakuan berbeda nyata antara yang satu dengan yang lainnya, kecuali pada pemberian pupuk terpadu B2 (urea + pupuk kotoran ayam 80 t/ha), dan B4 (urea + pupuk kotoran sapi 80 t/ha). Pemberian pupuk terpadu B5 dan B6 (urea + limbah udang baik 40 t/ha maupun 80 t/ha) menghasilkan kandungan C-organik yang tertinggi dari pupuk terpadu lainnya. Pemberian pupuk terpadu B6 menghasilkan C-organik tertinggi yaitu 1,67% pada pengamatan ke-1, dan 2,71% pada pengamatan ke-2.

Tabel 2. Rerata pH, C-organik, dan N-total

Pupuk terpadu	pH		N-total (%)		C-Organik (%)		Asam humat (%)		Asam fulvat (%)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
B0	3,6a	3,8a	0,92a	0,98a	6,82a	16,46a	0,054b	0,166a	0,050d	0,080a
B1	3,9b	4,2bc	1,44d	2,60cd	7,91e	43,97f	0,075d	0,521f	0,045c	0,863f
B2	3,9b	4,3c	1,67e	2,71d	8,89f	63,04g	0,182g	1,014g	0,086e	1,566g
B3	3,6a	3,9a	0,95a	1,16ab	6,98b	19,19b	0,031a	0,176b	0,022a	0,101b
B4	3,7a	4,0ab	1,26c	1,75b	7,50c	22,17c	0,061c	0,209c	0,034b	0,214c
B5	3,9b	4,1b	1,15b	2,38c	10,24g	30,89d	0,078e	0,322d	0,140f	0,437d
B6	4,1c	4,3c	1,26c	2,41c	7,64d	39,82e	0,135f	0,325e	0,084e	0,794e

Aplikasi pupuk terpadu anorganik dan organik mampu meningkatkan pH dan kandungan N-total tanah. Semakin banyak takaran pupuk organik dalam komposisi pupuk terpadu yang diberikan maka pH dan kandungan N tanah semakin meningkat. Secara umum pupuk terpadu dengan takaran pupuk organik 80 t/ha baik pupuk kandang sapi, pupuk kandang ayam maupun limbah udang memiliki pH dan kandungan N tanah yang lebih tinggi daripada takaran 40 t/ha. Pemberian pupuk terpadu B5 (urea + limbah udang 60 t/ha) menghasilkan pH tanah yang lebih tinggi dari pada pupuk terpadu B1 dan B3. Pada pengamatan 1 aplikasi pupuk terpadu B2 menghasilkan nilai pH tanah tertinggi dan signifikan dengan perlakuan lainnya, yaitu 4,9, sedangkan pada pengamatan ke-2 nilai pH tanah tertinggi diperoleh pada pemberian pupuk terpadu B2 dan B6, dengan nilai yang sama yaitu 4,27.

Aplikasi pupuk terpadu urea + limbah udang 40 t/ha (B5) menghasilkan nilai N-total tanah yang lebih tinggi dari pada pupuk terpadu urea + kotoran ayam 40 t/ha (B1) dan kotoran sapi (B3). Pada pengamatan ke-1 pemberian pupuk terpadu B1 menghasilkan nilai N-total tanah tertinggi dan signifikan dengan perlakuan lainnya, yaitu 10,24%, sedangkan pada pengamatan ke-2 nilai pH tanah tertinggi diperoleh pada pemberian pupuk terpadu B6 yaitu 63,04 %.

Keterangan: angka yang dikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%. 1 : pengamatan setelah perlakuan; 2 : pengamatan setelah panen.

B0 : Kontrol, urea 180 kg/ha; B1 : urea 225 kg/ha + limbah udang 40 t/ha; B2 : urea 225 kg/ha + limbah udang 80 t/ha; B3 urea 225 kg/ha + kotoran sapi 40 t/ha; B4 : urea 225 kg/ha + kotoran sapi 80 t/ha; B5 : urea 225 kg/ha + kotoran ayam 40 t/ha; B6 : urea 225 kg/ha + kotoran ayam 80 t/ha

Tabel 3. Rerata Nilai Asam Humat dan Fulvat Tanah

Pupuk terpadu	Asam humat (%)		Asam fulvat (%)	
	1	2	1	2
B0	0,054b	0,166a	0,050d	0,080a
B1	0,075d	0,521f	0,045c	0,863f
B2	0,182g	1,014g	0,086e	1,566g
B3	0,031a	0,176b	0,022a	0,101b
B4	0,061c	0,209c	0,034b	0,214c
B5	0,078e	0,322d	0,140f	0,437d
B6	0,135f	0,325e	0,084e	0,794e

Keterangan: angka yang dikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%. 1 : pengamatan setelah perlakuan; 2 : pengamatan setelah panen.

Aplikasi pupuk terpadu organik dan anorganik mampu meningkatkan kandungan asam humat dan fulvat tanah. Hasil pengamatan 1 dan 2 menunjukkan terjadi peningkatan asam humat dan fulvat tanah akibat peningkatan takaran pupuk organik dalam pupuk terpadu. Secara umum aplikasi pupuk terpadu dengan takaran pupuk organik 80 t/ha baik pupuk kotoran ayam, kotoran sapi, maupun limbah udang memiliki kandungan asam humat dan fulvat tanah yang lebih tinggi daripada 40 t/ha pupuk organik. Pada pengamatan 1, aplikasi pupuk terpadu urea + limbah udang 80 t/ha (B6) menghasilkan kandungan asam humat tertinggi yaitu 0,182%, sedangkan asam fulvat tertinggi dihasilkan pada aplikasi pupuk terpadu urea + kotoran ayam 40 t/ha (B5) sekitar 0,140%. Pada pengamatan 2, kandungan asam humat dan fulvat tertinggi dan signifikan diperoleh pada aplikasi pupuk terpadu urea + limbah udang 80 t/ha (B2) berturut-turut 1,041 dan 1,566%.

Aplikasi pupuk organik yang berbeda baik jenis maupun jumlah pada pupuk terpadu memberikan pengaruh yang berbeda terhadap sifat tanah karena memiliki karakteristik kimia penyusun yang berbeda. Menurut [12] perbedaan komposisi bahan pembenah tanah akan mempengaruhi proses dan hasil dekomposisi, selanjutnya setelah diaplikasikan akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap tanah dan tanaman. Terjadinya peningkatan C-organik tanah akibat peningkatan pupuk organik diduga perbedaan jumlah C-organik yang dikandung, sehingga pupuk organik dengan takaran sampai 80 t/ha meningkatkan C-organik yang lebih tinggi daripada 40 t/ha.

Setelah aplikasi perlakuan, pH tanah pada pengamatan 1 mengalami penurunan namun tidak terlalu berbeda dari pH tanah awal. Perubahan nilai pH tanah erat kaitannya dengan jenis dan takaran pupuk organik dalam pupuk terpadu yang diberikan. Penambahan pupuk organik dapat menambah asam-asam organik sederhana sebagai hasil dekomposisi yang mampu menyumbangkan ion hidrogen sebagai sumber kemasaman tanah. [15] menjelaskan bahwa lambatnya peningkatan pH tanah dapat disebabkan oleh penambahan bahan organik yang masih belum terdekomposisi dengan baik dan masih melepaskan asam-asam organik (H_2CO_3) yang menyebabkan menurunnya pH tanah.

Peningkatan pH tanah pada pengamatan dapat diduga karena menurunnya kelarutan Al dan Fe dalam tanah yang merupakan sumber kemasaman tanah. Hal ini erat kaitannya dengan keberadaan asam humat dan asam fulvat tanah sebagai hasil dekomposisi bahan organik yang berfungsi sebagai pengkhat bagi Al dan Fe. Aplikasi pupuk terpadu dengan pupuk organik 80 t/ha mampu meningkatkan pH tanah yang lebih tinggi dari 40 t/ha akibat adanya anion pengkhat yang disumbangkan lebih banyak untuk membentuk kelat Fe-organik yang kuat. [16] menyatakan bahwa asam organik yang dihasilkan dari proses dekomposisi bahan organik (humus) adalah gugus fungsional yang dapat berinteraksi dengan Al membentuk Al-organo kompleks yang bersifat tidak larut sehingga menurunkan konsentrasi Al di dalam tanah.

Aplikasi pupuk terpadu organik dan anorganik mampu meningkatkan N-total tanah bila dibandingkan dengan pemberian urea 100%. Hal ini disebabkan oleh terjadinya pengikatan hara

sementara oleh gugus fungsional yang dimiliki pupuk organik yang berperan memegang unsur hara sehingga menurunkan pencucian hara tersebut. [17] menyatakan bahwa pupuk organik memiliki gugus-gugus fungsional aromatik dan fenol yang bertanggung jawab dalam memegang nitrogen. Gugus fungsional bahan karbositat dari kelompok fenolat memiliki kapasitas yang cukup besar dalam menjerap hara nitrogen. Pupuk organik dapat bertindak sebagai pelepas lambat N, mekanisme lepas lambat terjadi karena N terikat secara organik dalam struktur molekul organik. pelepasan ini menjadikan pelepasan N dari bahan organik terkesan lambat dan terus menerus [5].

Aplikasi pupuk organik yang berbeda mengakibatkan kandungan asam humat dan fulvat tanah yang berbeda. Hal ini berkaitan dengan komposisi dan tingkat dekomposisi bahan organik, aplikasi kotoran sapi memberikan nilai kandungan asam humat dan fulvat tanah yang lebih rendah dibandingkan kotoran ayam dan limbah udang, hal ini diduga kotoran sapi yang digunakan masih akan mengalami proses dekomposisi karena kotoran sapi memiliki kandungan serat yang banyak sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama untuk terurai [18]. Menurut [19, 17] bahwa kotoran sapi mengandung 22.59% selulosa, 18.32% hemiselulosa, dan 10.20% lignin. sehingga untuk menghasilkan humus diperlukan waktu dekomposisi yang lama. Hal ini dapat dilihat dengan menurunnya kadar asam humat pada aplikasi pupuk terpadu kotoran sapi sebagaimana dijelaskan oleh [12] bahwa proses humifikasi akan menurunkan kadar asam humat dan meningkatkan kadar asam fulvat.

Pertumbuhan dan produksi jagung pada musim tanam 1 dan 2 (MT 1 dan MT 2)

Tabel 4 menunjukkan pertumbuhan tinggi dan jumlah daun jagung pada musim tanam 1 (MT 1). Secara umum semakin tinggi takaran pupuk organik dalam pupuk terpadu yang diberikan maka pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun jagung juga meningkat, dan semakin meningkat sejalan dengan umur pertumbuhan. Pada semua perlakuan, pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun meningkat signifikan pada umur 4 dan 6 MST. Pada umur 4 dan 6 MST menunjukkan aplikasi pupuk terpadu urea + 80 t/ha pupuk organik (baik pupuk kotoran ayam, limbah udang maupun pupuk kotoran sapi) memiliki tinggi tanaman jagung lebih tinggi bila

dibandingkan dengan pemberian 40 t/ha pupuk organik. Aplikasi pupuk terpadu urea + limbah udang 80 t/ha (B2) memiliki tinggi tanaman tertinggi pada pengamatan 1 dan 2, yaitu berturut-turut 68,33 dan 158,95 cm. Jumlah daun tanaman jagung tertinggi pada umur 4 dan 6 MST diperoleh pada aplikasi pupuk terpadu urea + limbah udang 80 t/ha (B2) yaitu 8.55 dan 17,37 lembar.

Tabel 4. Rerata tinggi tanaman dan jumlah daun akibat aplikasi pupuk terpadu anorganik dan organik

Pupuk terpadu	Rata-rata tinggi tanaman (cm)			Rata-Rata jumlah daun (lembar)		
	2M ST	4M ST	6MS T	2M ST	4M ST	6M ST
B0	16, 43 a	13, 10 a	10,4 9 a	2,9 2 a	3,0 2 a	2,8 5 a
B1	21, 54 b	56, 04 d	152, 82 e	3,8 7 cd	7,9 2 cd	12, 00 e
B2	18, 81 ab	68, 33 e	158, 95 e	4,2 2 d	8,5 5 d	12, 17 e
B3	16, 69 a	26, 85 b	53,1 9 b	3,0 7 ab	5,5 0 b	7,3 7 b
B4	18, 10 ab	37, 86 c	91,1 2 c	3,1 7 ab	6,2 5 b	9,0 7 c
B5	19, 81 ab	52, 35 d	130, 87 d	3,5 5 bc	7,5 5 c	10, 65 d
B6	20, 92 ab	52, 57 d	147, 10 de	3,5 5 bc	7,6 2 c	11, 75 e

Keterangan: angka yang dikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%. MST : minggu setelah tanam

Parameter produksi tanaman berupa berat buah jagung diambil pada musim tanam 1 dan 2. Berat buah pada MT 1 adalah pengaruh dari perlakuan, sedangkan pada MT 2 adalah pengaruh residu perlakuan pada MT 1. Pada Tabel 5 tampak bahwa berat buah pada semua perlakuan pada MT1 lebih rendah daripada MT2. Pada MT 1 rata-rata berat buah aplikasi pupuk terpadu urea + limbah udang menghasilkan berat buah yang tertinggi sekitar 7,55 t/ha dan signifikan dari aplikasi pupuk terpadu lainnya, sedangkan aplikasi

pupuk terpadu urea + kotoran sapi menghasilkan bobot buah terendah dari aplikasi pupuk terpadu lainnya yaitu sekitar 5,05 t/ha.

Tabel 5. Rerata berat buah jagung tanpa kelobot pada aplikasi pupuk terpadu organik dan anorganik

Pupuk terpadu	Berat 5 buah (Kg)		Berat per petak (kg)	
	M1	M2	M1	M2
B1	0,86c	1,2a	10,32c	14,88 a
B2	0,78bc	1,2a	9,36bc	14,4 a
B3	0,51a	1,5b	6,12a	18,6 c
B4	0,58a	1,4b	6,96ab	18,48 c
B5	0,56a	1,2a	6,72ab	16,8 b
B6	0,64b	1,1a	7,68b	15,4 ab

Keterangan: angka yang dikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%. 1 : pengamatan setelah perlakuan; 2 : pengamatan setelah panen.

Peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung erat kaitannya dengan dukungan faktor tumbuh tanaman terutama ketersediaan unsur hara di dalam tanah. Pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun dan berat buah pada musim tanam 1 secara signifikan meningkat pada aplikasi pupuk terpadu urea+limbah udang karena mengandung unsur hara nitrogen yang lebih tinggi dari pupuk terpadu lainnya, baik dari urea maupun dari limbah udang yang mengandung sekitar 1,66% N. Selain itu limbah udang memiliki kemampuan menyediakan unsur hara nitrogen secara lambat dan bertahap. [5] menyatakan bahwa ketersediaan hara nitrogen meningkat melalui retensi hara nitrogen oleh gugus fungsional organik dan aktivitas biologis, dalam jangka waktu tertentu akan dilepaskan secara bertahap untuk memenuhi kebutuhan tanaman jagung merupakan fungsi sinergi antara urea + limbah udang. Kemampuan limbah udang sebagai penjerap unsur hara nitrogen. dapat mengurangi jumlah pupuk nitrogen anorganik yang diberikan.

Ketersediaan nitrogen yang optimal akan meningkatkan laju pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah daun. Daun merupakan organ tanaman yang penting dalam pertumbuhan, serta mempengaruhi proses pertumbuhan dan hasil tanaman, karena daun merupakan tempat terjadinya proses fotosintesis untuk menghasilkan energi yang diperlukan untuk proses pertumbuhan tanaman baik vegetatif maupun

generatif. Pada MT 1 pengaruh aplikasi pupuk terpadu urea + kotoran ayam dan urea + kotoran sapi terhadap berat buah lebih rendah dari urea + limbah udang diduga belum mampu mendukung ketersediaan hara yang cukup bagi tanaman jagung karena pada saat tersebut kotoran ayam dan sapi masih dalam tahap dekomposisi. Pada tahap ini kotoran ayam dan kotoran sapi berperan sebagai pembenah tanah. [14] menyatakan bahwa aplikasi bahan organik sebagai pembenah pada tanah marginal akan terlihat pada waktu yang relatif lama sesuai dengan berakhirnya tahap dekomposisi, dan dipengaruhi oleh bahan penyusunnya.

Hal tersebut yang ditunjukkan oleh data berat buah pada MT 2 bahwa aplikasi pupuk terpadu urea + kotoran sapi menghasilkan berat buah yang lebih tinggi dari pupuk terpadu lainnya. Pengaruh tersebut diduga akibat peranannya sebagai pembenah tanah pada MT 1. Perbaikan sifat tanah yang menyeluruh baik sifat fisika, kimia dan biologi akan memberikan hasil yang optimal terhadap produksi jagung. Peranan kotoran sapi sebagai pembenah tanah adalah fungsi dari asam humat dan asam fulvat yang terkandung didalamnya. Sebagai pembenah tanah, pemberian kotoran sapi tidak hanya mampu meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman namun juga memperbaiki sifat kimia tanah marginal. Hasil penelitian [20] menunjukkan bahwa asam humat dan fulvat mampu meningkatkan pH, kandungan C-organik, dan populasi mikroorganisme tanah marginal Humic Dystrudept. Lebih lanjut asam humat yang yang dikombinasi mampu meningkatkan tinggi dan bobot kering bibit kakao.

Struktur asam humat tersusun dari rantai karbon alipatik dan aromatic, mempunyai banyak gugus dari golongan karboksil (COOH) dan hidroksil (COH) dan bersifat lebih rekatif; kapasitas tukar kaion (CEC) tinggi [21, 9, 10]. [3] menjelaskan bahwa gugus fungsional aromatik dan fenol yang bertanggung jawab dalam memengang hara salah satunya adalah hara nitrogen, kandungan gugus fungsional bahan karbosilat dari kelompok fenolat memiliki kapasitas yang cukup besar dalam menjerap hara nitrogen. Lebih lanjut dijelaskan bahwa bahan organik dapat bertindak sebagai pelepas lambat N, mekanisme lepas lambat terjadi karena N terikat secara organik dalam stuktur molekul organik. Pelepasan ini menjadikan pelepasan N dari bahan organik terkesan lambat dan terus

menerus dan hal tersebut menguntungkan bagi pertumbuhan dan produksi tanaman.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk terpadu urea + kotoran sapi mampu memaksimalkan ketersediaan unsur hara secara berkesinambungan selama masa 2 kali musim tanam, sehingga tanaman jagung mendapatkan suplai unsur hara dalam jumlah yang cukup selama masa pertumbuhan pada MT 2. Selain mampu memperbaiki sifat kimia tanah, asam humat juga berperan dalam memperbaiki sifat fisika dan biologi tanah, seperti meningkatkan kapasitas tanah memegang air, mengurangi resiko erosi, sebagai granulator dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatnya populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah, dan asam humat dan fulvat juga digunakan oleh mikroorganisme sebagai penyusun tubuh dan sumber energinya. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi pupuk terpadu organik dan anorganik pada lahan marginal akan menunjukkan hasil pada musim tanam berikutnya setelah aplikasi. Formulasi pupuk terpadu urea 225 kg/ha + kotoran sapi mampu mengoptimalkan pengelolaan nitrogen pada budidaya jagung berkelanjutan, dan mampu menghasilkan berat jagung sekitar 14,2 ton/ha.

Asam humat dan asam fulvat juga berperan penting dalam pada lepasnya pengikatan Al dan Fe sehingga P yang semula terjerap Al dan Fe menjadi tersedia bagi tanaman [22]. Al dan Fe menjadi tidak aktif apabila berinteraksi dengan asam humat dan fulvat sehingga pengikatan P dapat berkurang, dengan demikian ketersediaan P dalam tanah menjadi meningkat dan dapat diserap oleh tanaman [16, 23].

SIMPULAN

Aplikasi pupuk terpadu organik dan anorganik mampu meningkatkan pH tanah, kandungan C-organik, N-total, asam humat dan asam fulvat tanah, meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung pada tanah marginal. Setiap jenis pupuk organik mengandung asam humat dan asam fulvat yang berbeda sehingga pengaruhnya terhadap perbaikan kesuburan tanah, pertumbuhan dan produksi buah jagung berbeda. Produksi jagung akibat aplikasi pupuk terpadu organik dan anorganik pada MT 1 lebih rendah daripada MT 2 Produksi tertinggi pada MT 1 diperoleh pada aplikasi

pupuk terpadu urea + limbah udang sekitar 7,05 ton/ha, sedangkan pada MT 2 diperoleh pada aplikasi pupuk terpadu urea + kotoran sapi sekitar 14, 2 ton/ha. Aplikasi pupuk terpadu dengan pupuk organik kotoran sapi dapat berperan sebagai pembenah tanah pada MT 1 untuk mendukung ketersediaan hara pada MT 2.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Universitas Borneo Tarakan atas dukungan moril dan material yang diberikan dalam publikasi hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mansyur N.I, E Hanudin, B.H Purwanto, S.N.H Utami. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 393 (2019) 012083. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/393/1/012083., 2019 (1-9)
- [2] Suharta N. Jurnal Litbang Pertanian 29 (4), 2010, 139–146
- [3] Mansyur NI. Disertasi Tidak diterbitkan. Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta, 2019
- [4] Tjahjana B.E., U. Daras, dan N. Heryana. Buletin RISTRI 3 (3), 20122, 39-244
- [5] Mansyur N.I, Hanudin E, Purwanto B.H, dan Utami S.N.H. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 748., 2021, 012013, p. 1-8, IOP Publishing, doi:10.1088/1755-1315/748/1/012013
- [6] Pamandungan Y., DS. Runtuuwu, R. Mamarimbing, dan J. Najooan. (2016). Eugenia Volume 22 No. 1., 2016, 38-48. <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/eugenia/article/view/15105>
- [7] Rasdi. Skripsi, Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian. Universitas Borneo Tarakan, 2020
- [8] Simanungkalit RDM., Suriadikarta DA., Saraswati R., Setyorini D., dan Hartatik W. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, 2006.

- [9] Suwahyono U. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 12(1)., 2016, 55. <https://doi.org/10.29122/jtl.v12i1.1262>
- [10] Wawan. Universitas Riau, 2017, p. 134
- [11] Victolika H., dan Ginting, YC. J. *Agrotek Tropika*, 2(2)., 2014, 297–301
- [12] Hartatik W., dan Sarmah. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 37(2)., 2013, 79–86. <https://doi.org/10.2017/jti.v37n2.2013.79-86>
- [13] Yati BY, dan Christi LN. *Al-Kimia*, 4(1)., 2016, 43–53
- [14] Mansyur NI, dan Rasdi. *Prosiding Seminar Nasional Hukum dan Pembangunan Yang Berkelanjutan*, Vol 2, 68-76, September 2021. ISSN. 2655-5913; E- ISSN. 2807-9264
- [15] Afandi FN, Siswanto B, dan Nuraini Y. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*. 2 (2)., 2017, 237–244
- [16] Kusumastuti A. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 14(3)., 2014.
- [17] Mansyur NI, Pudjiwati EH, Murtilaksono A. *Buku*. ISBN: 978-623-264-326-0 ISBN: 978-623-264-327-7 (PDF), 2021.
- [18] Balai Penelitian Tanah. <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/pupuk/index.php/publikasi/102-pengertian-pemupukan-berimbang>, diakses tanggal 14 Februari 2022
- [19] Mindari W., Sassongko P E., dan Syekhfani. *Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur*, 2022
- [20] Santi L.P. *Dystrudept*, 40(2)., 2016, 87–94. <https://doi.org/10.2017/jti.v40i2.5542>
- [21] Wahyudi I. *Buana Sains*, 7(2)., 2017, 123-130
- [22] Wahyuningsih, W., Proklamasiningsih, E., dan Dwiati, M. *Majalah Ilmiah Biologi BIOSFERA: A Scientific Journal* 33(2)., 2017, 66–70
- [23] Ariyanto DP. 2009. *Buku*. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret. 2009, 1–13