

## EFISIENSI RELATIF PEMUPUKAN METODE BENAM (*POCKET*) TERHADAP METODE TEBAR (*BROADCAST*) DI PERKEBUNAN KELAPA SAWIT

Eko Noviandi Ginting, Suroso Rahutomo dan Edy Sigit Sutarta

**Abstrak** - Metode tebar (*broadcast*) dan metode benam (*pocket*) merupakan metode pemupukan yang umum digunakan di perkebunan kelapa sawit. Terdapat perbedaan pendapat di kalangan pekebun sawit mengenai metode yang lebih baik di antara kedua metode tersebut untuk diterapkan pada skala luas. Sebagian pekebun lebih memilih metode benam dengan alasan untuk meminimalisir kehilangan pupuk melalui *runoff* dan penguapan. Di sisi lain, sebagian pekebun memilih metode tebar dengan alasan pupuk lebih terdistribusi merata di bidang cakupan akar sehingga serapan hara oleh tanaman lebih maksimal. Untuk mengkaji kedua pendapat tersebut telah dilakukan telaah terhadap penelitian-penelitian terdahulu guna menggali data besarnya kehilangan hara dari masing-masing metode pemupukan. Hasil telaah tersebut digunakan sebagai dasar untuk menghitung nilai efisiensi relatif pemupukan pada kedua metode. Hasil penghitungan menunjukkan bahwa efisiensi relatif aplikasi pupuk menggunakan metode benam terhadap metode tebar untuk hara N, P, K, dan Mg berturut-turut adalah sebesar 10,16%; 0,29%; 6,71%; dan 4,83%. Hal tersebut berarti jumlah hara N, P, K, dan Mg yang hilang dari pupuk yang diaplikasikan pada metode benam lebih kecil sekitar 22% dibanding hara yang hilang jika pemupukan dilakukan dengan metode tebar. Selanjutnya hasil simulasi menunjukkan bahwa biaya pemupukan menggunakan metode benam lebih rendah sekitar 10% dibanding biaya aplikasi pupuk metode tebar.

**Kata kunci:** metode benam, efisiensi relatif, pupuk, metode tebar

### PENDAHULUAN

Kelapa sawit membutuhkan pasokan hara dalam jumlah yang besar dan rutin untuk dapat berproduksi dengan baik (Comte et al., 2012; Foong et al., 2019), terutama jika diusahakan pada jenis tanah yang memiliki kesuburan rendah (Pauli et al., 2014; Pirker et al., 2016; Suprihatin & Waluyo, 2015). Karena itu, biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan pemupukan di perkebunan kelapa sawit sangat besar mencapai 40 - 70 % dari total biaya pemeliharaan tanaman di lapangan (Bessou et al., 2017; Comte et al., 2013; Melisa et al., 2019; Pardon et al., 2016; Silalertruksa et al., 2012). Di sisi lain, tingkat efisiensi pemupukan sejauh ini tergolong rendah, sehingga selain menyebabkan kerugian secara ekonomis juga berpotensi menyebabkan pencemaran lingkungan

*Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit*

Eko Noviandi Ginting (✉)  
Pusat Penelitian Kelapa Sawit  
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia

Email: eko.novandy@gmail.com

yang dapat mengancam biodiversitas (Azeem et al., 2014; Darras et al., 2019; Eghbali Babadi et al., 2015; Hassler et al., 2017; Kurniawan, Corre, Matson, et al., 2018; Kuscu et al., 2014; Nelson et al., 2011; Rashidzadeh & Olad, 2014). Kondisi tersebut mendorong praktisi perkebunan kelapa sawit untuk terus melakukan berbagai usaha demi meningkatkan efektivitas dan efisiensi pemupukan untuk memperoleh produksi yang tinggi (Hoffmann et al., 2017; Tao et al., 2017, 2018), termasuk pemilihan metode pemupukan yang tepat.

Terdapat dua metode pemupukan yang umum di perkebunan kelapa sawit, yaitu sistem tebar/*broadcast system* dan sistem benam/*pocket system* (Khalida & Lontoh, 2019). Pada sistem tebar, pupuk umumnya ditebar merata di permukaan tanah pada area piringan pohon, meskipun ada juga yang menebarkan pupuk pada area di gawangan mati (*inter row*). Pada sistem benam, pupuk dimasukkan dalam beberapa lubang yang dibuat di area piringan pohon dan selanjutnya ditutup dengan tanah. Terdapat perbedaan di kalangan pekebun sawit mengenai metode yang lebih

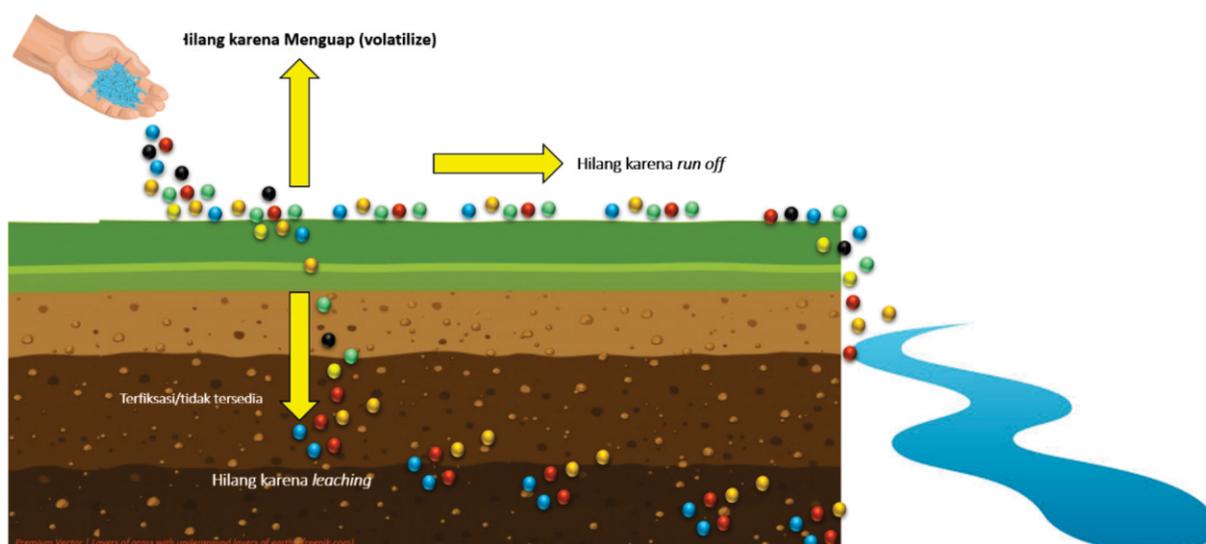
baik di antara kedua metode tersebut. Sebagian praktisi perkebunan berpendapat bahwa aplikasi pupuk metode benam lebih efektif karena dapat meminimalisir kehilangan pupuk melalui *runoff* dan penguapan. Di pihak lain, sebagian praktisi berpendapat metode tebar lebih baik dengan alasan metode benam menyebabkan pupuk tidak terdistribusi merata di area cakupan akar tanaman sehingga serapan hara oleh tanaman menjadi terbatas dan produksi dikhawatirkan menjadi tidak optimal. Salah satu alasan yang mendukung pendapat ini adalah penelitian Murdi et al. (2011) yang melaporkan bahwa dalam suatu percobaan yang dilakukan selama tujuh tahun, perlakuan aplikasi pemupukan metode benam menghasilkan tandan buah segar (TBS) 13% lebih rendah dibandingkan metode tebar.

Berlatar belakang permasalahan tersebut, telah dilakukan kajian untuk membandingkan efektivitas dan efisiensi pemupukan yang dilakukan dengan menggunakan metode benam dan metode tebar. Data yang digunakan dalam kajian ini dikumpulkan melalui telaah terhadap penelitian-penelitian terdahulu. Selain itu dilakukan juga simulasi perhitungan biaya

pemupukan untuk membandingkan biaya pemupukan antara metode benam dan metode tebar. Kajian ini diharapkan dapat memperkaya informasi praktisi perkebunan kelapa sawit serta dapat digunakan sebagai salah satu dasar pertimbangan dalam menerapkan sistem pemupukan yang tepat di perkebunan kelapa sawit dalam skala luas.

### MEKANISME KEHILANGAN HARA DARI PEMUPUKAN

Ketika pupuk diaplikasikan ke tanah, sebagian hara dari pupuk tersebut akan diserap tanaman dan sebagian lainnya akan hilang dari sistem tanah-tanaman sehingga tidak dapat diserap tanaman. Jin et al. (2011) memperkirakan jumlah hara yang hilang dari pupuk yang diaplikasikan antara 30-70% tergantung metode aplikasi dan kondisi tanah. Seperti pada Gambar 1, secara umum ada 3 mekanisme kehilangan hara dari pupuk yang diaplikasikan di lapangan yaitu: (1) aliran permukaan (*runoff*); (2) penguapan (*volatilize*), dan (3) pencucian (*leaching*).



Gambar 1. Ilustrasi mekanisme hilangnya hara dari pupuk yang diaplikasikan

Mekanisme pertama hilangnya hara dari pupuk yang diaplikasikan adalah melalui *runoff* atau aliran permukaan baik bersama air maupun bersama tanah di permukaan yang tererosi. Kehilangan hara melalui mekanisme ini terutama banyak terjadi pada jenis hara yang mudah larut seperti nitrogen dan kalium (Meena

et al., 2017). Namun demikian kehilangan hara melalui *run off* juga dapat terjadi pada jenis hara yang tidak mudah larut seperti fosfor yaitu dengan cara terikut bersama tanah di permukaan yang hilang tererosi (Corley & Tinker, 2015). Besarnya hara yang hilang dari mekanisme *run off* ini tentu saja dipengaruhi oleh

banyak faktor. Menurut (Shan et al. (2015) kehilangan hara melalui mekanisme run off sangat dipengaruhi oleh topografi areal, tutupan permukaan tanah, dan intensitas hujan. Artinya kombinasi areal yang miring dan tutupan permukaan tanah yang minim serta curah hujan yang tinggi memiliki resiko kehilangan hara yang besar. Zhang (2016) menyatakan bahwa semakin tinggi curah hujan pada suatu areal akan menyebabkan semakin besar hara yang hilang melalui runoff. Lebih lanjut menambahkan, potensi hilangnya hara melalui *runoff* akan lebih besar apabila terjadi hujan yang cukup tinggi sesaat setelah pupuk diaplikasikan.

Beberapa penelitian sudah dilakukan untuk mengestimasi besarnya hara dari pupuk yang hilang melalui mekanisme *runoff*. Hasil penelitian (Bah et al. (2014) memperlihatkan bahwa pada aplikasi pupuk kimia dengan cara tebar merata di bawah kanopi pohon kelapa sawit jumlah hara yang hilang akibat *runoff* (curah hujan 2700 mm dan kemiringan lereng 10%) adalah masing-masing sebesar 6,97%; 3,74%; 13,37%; dan 14,76% dari hara yang diaplikasikan lewat pupuk untuk hara N, P, K, dan Mg. Lebih lanjut Maene et al., (1979) juga mengemukakan bahwa pada areal dengan kemiringan lereng sebesar 9% dan curah hujan sebesar 1426 mm, sebesar 11% N, 3% P, 5% K, 6% Mg, dan 5% Ca dari pupuk yang diaplikasikan hilang akibat runoff. Selanjutnya Kee dan Chew (1996) juga menyatakan bahwa dari pupuk yang diaplikasikan besarnya hara yang hilang melalui *runoff* dan erosi permukaan tanah adalah 5-8% N; 0,8 - 1,6% P; 9,8 - 15,3 K; 4,1 - 7,6% Mg tergantung pada iklim.

Mekanisme hilangnya hara dari pupuk yang diaplikasikan selanjutnya adalah melalui penguapan (*volatilize*). Jenis pupuk yang seringkali hilang melalui mekanisme penguapan adalah pupuk yang memiliki higroskopisitas yang tinggi seperti pupuk urea. Menurut Bouwman et al. (2002) secara rata-rata kehilangan nitrogen melalui mekanisme penguapan antara 10 - 40% dari pupuk kimia yang diaplikasikan. Hasil penelitian Pan et al. (2016) memperlihatkan bahwa kehilangan hara nitrogen dari pupuk urea banyak terjadi akibat penguapan dalam bentuk ammonia atau  $NH_3$ . Selanjutnya Singh et al. (2013) menyatakan bahwa lebih dari 40% nitrogen yang diaplikasikan pada lahan pertanian akan hilang melalui penguapan ammonia. Lebih lanjut Zhang et al. (2011) memperkirakan besarnya

nitrogen yang hilang akibat menguap dalam bentuk ammonia dari pupuk urea yang diaplikasikan adalah sebesar 13,23%. Rochette et al. (2009) melaporkan bahwa sebesar 20% nitrogen dalam bentuk ammonia hilang melalui penguapan setelah 2 hari pupuk urea diaplikasikan ke permukaan tanah. Prasertsak et al. (2002) juga melaporkan bahwa kehilangan hara nitrogen melalui penguapan ketika pupuk urea diaplikasikan dengan cara ditebar dipermukaan tanah adalah sekitar 37% dari hara yang diaplikasikan. Berdasarkan beberapa hasil penelitian terdahulu tersebut, besarnya hara nitrogen melalui mekanisme penguapan sangat bervariasi yang dipengaruhi oleh banyak faktor termasuk faktor iklim (curah hujan) dan faktor lahan atau jenis tanah.

Selanjutnya, kehilangan hara juga dapat terjadi melalui mekanisme tercuci atau *leaching*, yaitu hilangnya hara akibat pergerakan hara ke lapisan tanah yang lebih dalam bersama air perkolasi sehingga hara tidak dapat dijangkau oleh akar tanaman. Hasil penelitian Ginting et al. (2018) memperlihatkan bahwa jumlah hara yang hilang tercuci dari pupuk kimia yang diaplikasikan secara tebar sebesar 7% N, 0,1% P, 4% K, dan 72% Mg dari pupuk yang diaplikasikan. Selanjutnya Omoti et al. (1983) juga melaporkan bahwa besarnya hara yang hilang melalui mekanisme tercuci rata-rata adalah 11 kg N (34%), 10 kg K (18%) pada areal tanaman muda dan dewasa. Sementara itu Foong (1993) melaporkan bahwa hilangnya hara akibat *leaching* masing-masing sebesar 2,1% N; 1,55% P; 2,7% K; dan 13,5% Mg dari pupuk yang diaplikasikan di areal tanaman kelapa sawit. Pardon et al., (2017) menyatakan bahwa resiko kehilangan hara melalui mekanisme *leaching* dari pupuk yang diaplikasikan sangat tinggi pada areal dengan jenis tanah yang mengandung fraksi pasir yang tinggi, apalagi pada daerah yang memiliki curah hujan yang tinggi.

#### **EFISIENSI RELATIF APLIKASI PUPUK METODE TEBAR TERHADAP APLIKASI PUPUK METODE BENAM**

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu diketahui bahwa jumlah dan mekanisme kehilangan hara dari pemupukan berbeda-beda tergantung pada jenis hara dan metode aplikasi pupuk. Sebagai contoh, potensi kehilangan N dapat terjadi melalui mekanisme *runoff* dan

penguapan ketika pupuk urea diaplikasikan dengan cara ditebar. Potensi kehilangan N melalui *run off* dan penguapan tersebut lebih kecil ketika urea dialikasikan dengan metode benam, namun sebagai konsekuensinya potensi kehilangan N melalui pencucian menjadi tinggi. Hal ini telah dilaporkan oleh Prasertsak et al., (2002) bahwa kehilangan N melalui penguapan akan tetap terjadi meskipun urea diaplikasikan dengan cara dibenam, pembedanya adalah jumlahnya lebih kecil yaitu

sekitar 5,5% dibandingkan kehilangan nitrogen jika pupuk diaplikasikan secara tebar yang dapat mencapai 37,3%. Sementara itu, potensi kehilangan hara melalui mekanisme tercuci pada aplikasi metode benam menjadi meningkat, dari sekitar 21,8% jika pupuk ditebar menjadi 40,1% jika pupuk dibenam. Perbandingan besarnya hara yang hilang dari ketiga mekanisme yang telah dijelaskan sebelumnya antara aplikasi pupuk metode benam dan metode tebar disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kehilangan hara dari aplikasi pupuk metode tebar dan metode benam

Metode Aplikasi Pupuk	Mekanisme Kehilangan Hara	Kehilangan hara (dari yang diaplikasikan lewat pupuk) dari setiap jenis Hara (%)				Referensi
		N	P	K	Mg	
Tebar Merata di Permukaan Tanah ( <i>Broadcast</i> )	Aliran Permukaan ( <i>Runoff</i> )	6.67	3.74	13.37	14.76	Bah et al., (2014)
		11.10	2.80	5.00	5.60	Maene et al., (1979)
		7.20	0.80	15.40	7.60	Kee and Chew (1996)
		11.10	2.80	5.00	5.60	Maene et al., (1979)
	<b>Rerata</b>	<b>9.02</b>	<b>2.54</b>	<b>9.69</b>	<b>8.39</b>	
	Penguapan ( <i>Volatilize</i> )	40.00	-	-	-	Bowman (2002); Singh et al (2013)
		13.23	-	-	-	Zhang et al., (2011)
		20.00	-	-	-	Rochette (2009)
		37.30	-	-	-	Prasertsak et al., (2002)
	<b>Rerata</b>	<b>27.63</b>				
	Tercuci ( <i>Leaching</i> )	21.80	-	-	-	Prasertsak et al., (2002)
		1.60	-	5.30	-	(Tung et al., 2009)
		7.00	0.10	4.00	72.00	Ginting et al (2018)
		34.00	-	18.00	-	Omoti et al., (1983)
		26.00	0.90	14.00	28.00	(Kurniawan, Corre, Utami, et al., 2018)
		47.00	-	-	-	(Banabas et al., 2008)
	<b>Rerata</b>	<b>22.90</b>	<b>0.50</b>	<b>10.33</b>	<b>50.00</b>	

(continued)

<b>Total Hara Hilang Dengan Metode Tebar</b>		<b>59.55</b>	<b>3.04</b>	<b>20.02</b>	<b>58.39</b>	
Benam (Pocket)	Aliran Permukaan (Runoff)	-	-	-	-	
	Penguapan (Volatilize)	5.50	-	-	-	Prasetsak et al., (2002)
	Tercuci (Leaching)	2.10	1.55	2.70	13.50	Foong (1993)
		40.10	-	-	-	Prasetsak et al., (2002)
	Rerata	21.10	-	-	-	
<b>Total Hara Hilang Dengan Metode Benam (%)</b>		<b>26.60</b>	<b>1.55</b>	<b>2.70</b>	<b>13.50</b>	
<b>Besarnya kehilangan hara yang dapat diminimalisir (reduce) pupuk dibenam terhadap pupuk ditebar (%)</b>		<b>(32.95)<sup>a)</sup></b>	<b>(1.49)<sup>b)</sup></b>	<b>(17.32)<sup>c)</sup></b>	<b>(48.22)<sup>d)</sup></b>	

Keterangan: a); b); c); d) merupakan besarnya hara N, P, K, Mg yang dapat diminimalisir kehilangannya melalui metode benam. Angka tersebut digunakan dalam perhitungan efisiensi relatif (ER)

Pada Tabel 1 dapat dilihat bahwa total kehilangan hara melalui mekanisme *runoff*, penguapan, dan *leaching* pada aplikasi pupuk metode tebar masing-masing adalah sebesar 59,55% untuk hara N, 3,04% untuk hara P, 20,02% untuk hara K, dan 58,39% untuk hara Mg. Sementara aplikasi pupuk metode benam, total kehilangan hara adalah sebesar 26,60% untuk hara N, 1,55% untuk hara P, 2,70% untuk hara K, dan 13,50% untuk hara Mg. Pada aplikasi pupuk metode benam mekanisme kehilangan hara melalui aliran permukaan atau *runoff* tidak terjadi. Dengan demikian, apabila dilakukan perbandingan persentase kehilangan hara antara aplikasi pupuk metode benam dengan metode tebar maka metode benam dapat memperkecil jumlah hara yang hilang yaitu masing-masing sebesar 32,95% untuk hara N, 1,49 % untuk hara P, 17,32% untuk hara K dan 44,89% untuk hara Mg. Pada Tabel 1 juga terlihat bahwa metode benam dapat menghindarkan kehilangan hara melalui *runoff* dan mengurangi kehilangan hara melalui penguapan

terutama untuk N sebesar 22% (dari sekitar 27,63% jika pupuk ditebar, menjadi sekitar 5,50% jika pupuk dibenam).

Untuk menghitung nilai efisiensi relatif aplikasi pupuk metode benam terhadap metode tabur maka diperlukan data dosis dan jenis pupuk yang diaplikasikan pada tanaman kelapa sawit. Oleh karenanya dalam kajian ini dosis dan jenis pupuk yang digunakan adalah dosis pupuk standar untuk tanaman menghasilkan yang dikeluarkan oleh PPKS (Tabel 2). Dosis pupuk yang digunakan adalah dosis rerata/pokok/tahun selama satu siklus budidaya kelapa sawit. Dari Tabel 2 diketahui bahwa rerata dosis nitrogen, fosfor, kalium, dan magnesium untuk setiap pokok selama satu tahun adalah 1,27; 0,81; 1,59; dan 0,44 kg. Menggunakan data dari Tabel 1 dan 2, dapat dihitung efisiensi relatif aplikasi pupuk metode benam terhadap aplikasi pupuk metode tebar. Efisiensi relatif menggambarkan besarnya jumlah total kehilangan hara yang dapat

diminimalisir jika pupuk diaplikasikan dengan metode benam dibanding jika pupuk diaplikasikan dengan metode tebar. Efisiensi relatif dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$ER (\%) = [(a \times 1) + (b \times 2) + (c \times 3) + (d \times 4)] / 100 \dots\dots\dots(1)$$

dimana a, b, c, d, adalah besarnya hara N, P, K,

dan Mg yang hilang dari aplikasi pupuk metode tebar dikurangi besarnya kehilangan hara N, P, K, dan Mg dari aplikasi pupuk metode tebar (Tabel 1). Sementara 1, 2, 3, dan 4 adalah komposisi hara N, P, K, dan Mg dari rerata dosis pupuk standar untuk tanaman kelapa sawit (Tabel 2).

Tabel 2. Dosis pupuk standar untuk tanaman kelapa sawit menghasilkan

Umur Tanaman (tahun)	Dosis Setahun (kg/pohon)				
	Urea (46% N)	TSP (46% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	MoP (60% K <sub>2</sub> O)	Dolomit (18% MgO)	Total
3 - 4 Tahun	2.50	1.50	2.50	2.25	8.75
5 - 8 Tahun	2.75	1.75	2.75	2.50	9.75
9 - 15 Tahun	3.25	2.00	3.00	2.75	11.00
16 - 20 Tahun	2.75	1.75	2.75	2.50	9.75
> 20 Tahun	2.50	1.75	2.25	2.25	8.75
<b>Rerata</b>	<b>2.75</b>	<b>1.75</b>	<b>2.65</b>	<b>2.45</b>	<b>9.60</b>
<b>Total Hara/Pohon (Kg)</b>	<b>1.27 (N)</b>	<b>0.81 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	<b>1.59 (K<sub>2</sub>O)</b>	<b>0.44 (MgO)</b>	<b>4.10</b>
<b>Komposisi Setiap Jenis Hara Terhadap Total Hara</b>	<b>30,85% <sup>1)</sup></b>	<b>19,63% <sup>2)</sup></b>	<b>38,77% <sup>3)</sup></b>	<b>10,75% <sup>4)</sup></b>	<b>100%</b>

Sumber: PPKS (2020)

Keterangan: <sup>1)</sup>; <sup>2)</sup>; <sup>3)</sup>; <sup>4)</sup> merupakan komposisi hara N, P, K, Mg (dalam %) dari total hara, nilai tersebut digunakan untuk menghitung efisiensi relatif aplikasi pupuk metode benam terhadap aplikasi pupuk metode tebar.

Tabel 3. Efisiensi relatif masing-masing jenis hara pada aplikasi pupuk metode benam terhadap metode tebar.

Uraian	Total hara yang hilang (%)			
	N	P	K	Mg
Metode Tebar ( <i>Broadcast</i> )	59.55 %	3.04 %	20.02 %	58.39 %
Metode Benam ( <i>Pocket</i> )	26.60 %	1.55 %	2.70 %	13.50 %
Jumlah hara hilang metode benam - metode tebar	32.95 %	1.49 %	17.32 %	44.89 %
<b>Efisiensi Relatif masing-masing hara pada metode benam terhadap metode tebar</b>	<b>10.16 %</b>	<b>0.29 %</b>	<b>6.71 %</b>	<b>4.83 %</b>
<b>Efisiensi Relatif hara N,P,K,metode benam terhadap metode tebar</b>	<b>17,16%</b>			
<b>Efisiensi Relatif total hara (N,P,K,Mg) metode benam terhadap metode tebar</b>	<b>22.00 %</b>			

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan (1) maka diperoleh nilai efisiensi relatif aplikasi pupuk metode benam terhadap aplikasi pupuk metode tebar sebesar 22%. Artinya, melalui aplikasi pupuk metode benam total hara (N, P, K, Mg) yang hilang lebih kecil 22% dibanding jika pupuk diaplikasikan dengan metode tebar. Efisiensi relatif masing-masing jenis hara pada aplikasi pupuk metode benam terhadap metode tebar disajikan pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa kehilangan N melalui mekanisme *runoff*, penguapan, dan *leaching* adalah 59,55% pada metode tebar dan 26,60% pada metode benam. Dengan kata lain aplikasi pupuk metode benam dapat mencegah kehilangan N sebesar 32,95%, sehingga efisiensi relatif aplikasi pupuk metode benam terhadap metode tebar untuk N adalah sebesar 10,16%. Untuk hara P, K, dan Mg efisiensi relatif metode benam terhadap metode tebar berturut-turut sebesar 0,29%; 6,71%; dan 4,83%. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa aplikasi pupuk metode benam lebih efisien dibanding aplikasi pupuk metode tebar terutama dalam menekan kehilangan N melalui *runoff* dan penguapan.

### SIMULASI PERBANDINGAN BIAYA ANTARA APLIKASI PUPUK METODE BENAM DAN METODE TEBAR

Biaya pemupukan adalah faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam menentukan pilihan metode aplikasi pupuk. Simulasi perbandingan biaya yang diperlukan untuk aplikasi pupuk metode benam dan metode tabur disajikan pada Tabel 4 dan 5. Asumsi yang digunakan dalam simulasi ini adalah (i) Biaya upah mengikuti standar upah minimum regional/UMR propinsi Sumatera Utara tahun 2021 yaitu sebesar Rp. 3.329.867,-; (ii) Upah harian kerja/HK sebesar Rp. 133.195,-; (iii) kerapatan tanaman per hektar adalah 136 pohon; (iv) norma kerja aplikasi pupuk adalah 1 HK per hektar; (v) pembuatan lubang pupuk dilakukan secara manual menggunakan cangkul sebanyak 6 lubang per pohon dengan norma kerja 1 HK per hektar; (vi) dosis pupuk untuk metode benam adalah 82,84%, yang diperoleh dari nilai efisiensi relatif hara N, P, K pada aplikasi metode benam terhadap metode tebar (Tabel 3); (vii) jenis pupuk dolomit diaplikasikan dengan metode tebar; dan (viii) frekuensi pemupukan 2 kali setahun.

Tabel 4. Jenis dan dosis pupuk serta kebutuhan tenaga kerja pada aplikasi pupuk metode benam dan metode tebar

Jenis Pupuk	Dosis/pohon (kg)	Total Pupuk/ha (kg)	Norma Aplikasi Pupuk (HK/Ha/tahun)	Norma Membuat Lubang (HK/Ha/tahun)
NPK 15.8.24 + 0,65 B (Tebar)	7.00	952	2	-
NPK 15.8.24 + 0,65 B (Benam)*	5.80	789	2	2
Dolomit**	2.00	272	2	-

Tabel 4 dan 5 menunjukkan bahwa total biaya pemupukan pada aplikasi pupuk metode benam lebih rendah sekitar 10% dibanding biaya pemupukan metode tebar. Total biaya pemupukan per hektar areal kelapa sawit pada pemupukan metode tebar mencapai Rp. 5.782.379,- sementara pada metode benam sebesar Rp. 5.199.279,- atau terdapat selisih sebesar Rp. 583.099,-. Upah tenaga kerja pada metode benam memang 1,5 kali lebih besar dibanding pada metode

tebar, namun dosis pupuk pada metode benam lebih rendah sekitar 17,16% dibanding pada metode tebar. Dosis yang lebih rendah tersebut didasarkan pada nilai efisiensi relatif hara N, P, K pada aplikasi metode benam terhadap metode tebar yang terdapat pada Tabel 3. Besarnya biaya pemupukan seperti disampaikan dalam simulasi ini bersifat fleksibel tergantung kapasitas kerja yang dapat diperoleh pada pembuatan lubang pupuk dan aplikasi pupuk di

lapangan. Sebagai contoh, hasil penghitungan biaya mungkin akan berbeda ketika digunakan mesin bor untuk membuat lubang pada metode benam atau

mesin penebar pada metode tebar sehingga merubah kapasitas kerja serta menambah biaya untuk investasi dan pemeliharaan mesin tersebut.

Tabel 5. Perbandingan biaya pemupukan antara aplikasi metode benam dan metode tebar

Metode Aplikasi	Uraian	Harga Pupuk/Ha	Upah Aplikasi	Upah Membuat Lubang Pupuk
<b>Tebar</b> <i>(Broadcast)</i>	NPK 15.8.24.+0,65 B	Rp 4,950,400	Rp 266,389	-
	Dolomit	Rp 299,200	Rp 266,389	-
	<b>Sub-Total</b>	Rp 5,249,600	Rp 532,779	-
<b>Total Biaya</b>		<b>Rp 5,782,379</b>		
<b>Benam</b> <i>(Pocket)</i>	NPK 15.8.24.+0,65 B	Rp 4,100,911	Rp 266,389	Rp 266,389
	Dolomit	Rp 299,200	Rp 266,389	
	<b>Sub-Total</b>	Rp 4,400,111	Rp 532,779	Rp 266,389
<b>Total Biaya</b>		<b>Rp 5,199,279</b>		

## PENUTUP

Aplikasi pupuk metode benam dinilai lebih efisien dibanding aplikasi metode tebar. Metode benam dapat menekan kehilangan hara dari pupuk yang diaplikasikan lewat *runoff* dan penguapan terutama untuk pupuk urea (sumber hara nitrogen) yang memiliki higroskopisitas dan kelarutan tinggi. Berdasarkan hasil kajian, pemupukan metode benam memiliki efisiensi relatif sekitar 17,16% untuk hara N, P, dan K dibanding pemupukan dengan metode tebar. Artinya jumlah hara N, P, K yang hilang dari pupuk yang diaplikasikan pada metode benam lebih kecil sekitar 17,16% dibanding hara yang hilang jika pemupukan dilakukan dengan metode tebar. Berdasarkan hasil simulasi perhitungan biaya pemupukan, biaya per hektar yang dikeluarkan pada aplikasi pupuk metode benam lebih rendah sekitar 10% dibanding biaya pemupukan pada aplikasi metode tebar. Efektivitas pemupukan pada metode benam akan lebih tinggi jika lahan memiliki berbagai faktor yang dapat memperbesar potensi kehilangan hara seperti lahan dengan topografi berbukit dengan bangunan konservasi tanah dan iar yang tidak standar, lahan dengan curah hujan yang tinggi, maupun lahan rendahan yang sering tergenang. Dengan kata lain,

semakin tinggi potensi kehilangan hara pada suatu lahan maka semakin efektif pelaksanaan pemupukan metode benam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Azeem, B., Kushaari, K., Man, Z. B., Basit, A., & Thanh, T. H. (2014). Review on materials & methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *Journal of Controlled Release*, 181(1), 11–21. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.02.020>
- Bah, A., Husni, M. A. ., Teh, C. B. S., Rafii, M. Y., & Omar, S. R. (2014). Editorial Board. In I. Ahmad & N. A. Adam (Eds.), *Nutrients loss by surface runoff in an immature oil palm field under controlled-release and soluble conventional mixed fertilizer* (Issue 1, pp. 41–44). <https://doi.org/10.2458/56.17927>
- Banabas, M., Turner, M. A., Scotter, D. R., & Nelson, P. N. (2008). Losses of nitrogen fertiliser under oil palm in Papua New Guinea: 1. Water balance, and nitrogen in soil solution and runoff. *Austrilian Journal of Soil Research*, 46, 332–339. <https://doi.org/10.1071/SR07171> 0004-

- 9573/08/040332
- Bessou, C., Verwilghen, A., Beaudoin-Ollivier, L., Marichal, R., Ollivier, J., Baron, V., Bonneau, X., Carron, M. P., Snoeck, D., Naim, M., Aryawan, A. A. K., Raoul, F., Giraudoux, P., Surya, E., Sihombing, E., & Caliman, J. P. (2017). Agroecological practices in oil palm plantations: Examples from the field. *OCL - Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 24(3). <https://doi.org/10.1051/ocl/2017024>
- Bouwman, A. F., Boumans, L. J. M., & Batjes, N. H. (2002). Estimation of global NH<sub>3</sub> volatilization loss from synthetic fertilizers and animal manure applied to arable lands and grasslands. *Global Biogeochemical Cycles*, 16(2). <https://doi.org/10.1029/2000gb001389>
- Comte, I., Colin, F., Grünberger, O., Follain, S., Whalen, J. K., & Caliman, J. P. (2013). Landscape-scale assessment of soil response to long-term organic and mineral fertilizer application in an industrial oil palm plantation, Indonesia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 169, 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.02.010>
- Comte, I., Colin, F., Whalen, J. K., Grünberger, O., & Caliman, J.-P. (2012). Agricultural Practices in Oil Palm Plantations and Their Impact on Hydrological Changes, Nutrient Fluxes and Water Quality in Indonesia: A Review. In *Advances in Agronomy* (Vol. 116, pp. 71–124). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394277-7.00003-8>
- Corley, R. H. ., & Tinker, P. . (2015). *The Oil Palm* (5th ed.). Wiley Blackwell.
- Darras, K. F. A., Corre, M. D., Formaglio, G., Tjoa, A., Potapov, A., Brambach, F., Sibhatu, K. T., Grass, I., Rubiano, A. A., Buchori, D., Drescher, J., Fardiansah, R., Hölscher, D., Irawan, B., Kneib, T., Krashevskaya, V., Krause, A., Kreft, H., Li, K., ... Veldkamp, E. (2019). Reducing Fertilizer and Avoiding Herbicides in Oil Palm Plantations—Ecological and Economic Valuations. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2 ( November ). <https://doi.org/10.3389/ffgc.2019.00065>
- Eghbali Babadi, F., Yunus, R., Abdul Rashid, S., Mohd Salleh, M. A., & Ali, S. (2015). New coating formulation for the slow release of urea using a mixture of gypsum and dolomitic limestone. *Particuology*, 23, 62–67. <https://doi.org/10.1016/j.partic.2014.12.011>
- Foong S.F. (1993). Potential evapotranspiration, potential yield and leaching losses of oil palm. In: Proc. 1991 PORIM Int. Palm Oil Conf. Agriculture (Ed. by Y. Basiron et al.), pp. 105–119, Palm Oil Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur.
- Foong, S. Z. Y., Goh, C. K. M., Supramaniam, C. V., & Ng, D. K. S. (2019). Input–output optimisation model for sustainable oil palm plantation development. *Sustainable Production and Consumption*, 17 (xxxx), 31–46. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.08.010>
- Ginting, E. N., Rahutomo, S., & Sutarta, E. S. (2018). Efisiensi Serapan Hara Beberapa Jenis Pupuk Pada Bibit Kelapa Sawit Nutrients Use Efficiency of Several Types of Fertilizers on the Oil Palm Seedling. 26(2), 79–90.
- Hassler, E., Corre, M. D., Kurniawan, S., & Veldkamp, E. (2017). Soil nitrogen oxide fluxes from lowland forests converted to smallholder rubber and oil palm plantations in Sumatra, Indonesia. *Biogeosciences*, 14(11), 2781–2798. <https://doi.org/10.5194/bg-14-2781-2017>
- Hoffmann, M. P., Donough, C. R., Cook, S. E., Fisher, M. J., Lim, C. H., Lim, Y. L., Cock, J., Kam, S. P., Mohanaraj, S. N., Indrasuara, K., Tittinutchanon, P., & Oberthür, T. (2017). Yield gap analysis in oil palm: Framework development and application in commercial operations in Southeast Asia. *Agricultural Systems*, 151, 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2016.11.005>
- Jin, S., Yue, G., Feng, L., Han, Y., Yu, X., & Zhang, Z. (2011). Preparation and properties of a coated slow-release and water-retention biuret phosphoramidate fertilizer with superabsorbent. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 ( 1 ) , 322 – 327 . <https://doi.org/10.1021/jf1032137>
- Kee KK, Chew PS. (1996). Nutrient Losses through Surface Runoff and Erosion- Implications for Improved Fertilizer Efficiency in mature Oil Palm,” Applied Agricultural Research Sdn.Bhd., Locked Bag no. 212
- Khalida, R., & Lontoh, A. P. (2019). Manajemen

- Pemupukan Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.), Studi Kasus pada Kebun Sungai Sagu, Riau. *Buletin Agrohorti*, 7(2), 238–245. <https://doi.org/10.29244/agrob.7.2.238-245>
- Kurniawan, S., Corre, M. D., Matson, A. L., Schulte-Bisping, H., Utami, S. R., Van Straaten, O., & Veldkamp, E. (2018). Conversion of tropical forests to smallholder rubber and oil palm plantations impacts nutrient leaching losses and nutrient retention efficiency in highly weathered soils. *Biogeosciences*, 15(16), 5131–5154. <https://doi.org/10.5194/bg-15-5131-2018>
- Kurniawan, S., Corre, M. D., Utami, S. R., & Veldkamp, E. (2018). Soil biochemical properties and nutrient leaching from smallholder oil palm plantations, Sumatra-Indonesia. *Agrivita*, 40(2), 257–266. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v40i2.1723>
- Kuscu, H., Turhan, A., Ozmen, N., Aydinol, P., & Demir, A. O. (2014). Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Horticulture Environment and Biotechnology*, 55(2), 103–114. <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0180-9>
- Maene LM, Tong KC, Ong TS, Mokhtaruddin AM. (1979). "Surface wash under mature oil palm," in *Proceedings of the Symposium on Water in Malaysian Agriculture*, pp. 203–216, MSSS, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Meena, N. K., Gautam, R., & Tiwari, P. (2017). Nutrient losses in soil due to erosion. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1009–1011. <http://www.phytojournal.com/archives/2017/vol6issue6S/PartX/SP-6-6-239.pdf>
- Melisa, M., Putra, E. T. S., & Hanudin, E. (2019). Effects of Urease Inhibitor and Nitrification Inhibitor on the Nitrogen Losses, Physiological Activity, and Oil Palm Yield on Red-Yellow Podzolic. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 3(3), 127. <https://doi.org/10.22146/ipas.37291>
- Murdi, A. A., Hashim, Z., & Mohammed, A. T. (2011). Effective placement of Fertilizers for Mature Oil Palm Planted on Alluvial SoilS. In *MPOB Information Series* (No. 551; MPOB TT No. 478). [www.mpob.gov.my](http://www.mpob.gov.my)
- Nelson, P. N., Rhebergen, T., Berthelsen, S., Webb, M. J., Banabas, M., Oberthür, T., Donough, C. R., Indrasuara, K., & Lubis, A. (2011). Soil Acidification under Oil Palm: Rates and Effects on Yield. In *Better Crops* (Vol. 95, Issue 4).
- Omoti, U., Ataga, D. O., & Isenmila, A. E. (1983). Leaching losses of nutrients in oil palm plantations determined by tension lysimeters. *Plant and Soil*, 73(3), 365–376. <https://doi.org/10.1007/BF02184313>
- Pan, B., Lam, S. K., Mosier, A., Luo, Y., & Chen, D. (2016). Ammonia volatilization from synthetic fertilizers and its mitigation strategies: A global synthesis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 232, 283–289. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.019>
- Pardon, L., Bessou, C., Nelson, P. N., Dubos, B., Ollivier, J., Marichal, R., Caliman, J. P., & Gabrielle, B. (2016). Key unknowns in nitrogen budget for oil palm plantations. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0353-2>
- Pardon, L., Ian, N., Netelenbos, P., Banabas, M., & Gabrielle, B. (2017). Yield and nitrogen losses in oil palm plantations: Main drivers and management trade-offs determined using simulation. *Field Crops Research*, 210(May), 20–32. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.05.016>
- Pauli, N., Donough, C., Oberthür, T., Cock, J., Verdooren, R., Abdurrohman, G., Indrasuara, K., Lubis, A., Dolong, T., & Pasuquin, J. M. (2014). Agriculture, Ecosystems and Environment Changes in soil quality indicators under oil palm plantations following application of 'best management practices' in a four-year field trial. "Agriculture, Ecosystems and Environment," 195, 98–111. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.05.005>
- Pirker, J., Mosnier, A., Kraxner, F., Havlík, P., & Obersteiner, M. (2016). What are the limits to oil palm expansion? *Global Environmental Change*,

- 40, 73–81.  
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.007>
- Prasertsak, P., Freney, J. ., Denmead, O. ., Saffigna, P. ., Prove, B. ., & Reghenzani, J. . (2002). Optimal portfolio choice under a liability constraint. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 62(1–4), 229–239. <https://doi.org/10.1023/A>
- Rashidzadeh, A., & Olad, A. (2014). Slow-released NPK fertilizer encapsulated by NaAlg-g-poly(AA-co-AAm)/MMT superabsorbent nanocomposite. *Carbohydrate Polymers*, 114, 269–278. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.08.010>
- Rochette, P., Angers, D. A., Chantigny, M. H., MacDonald, J. D., Bissonnette, N., & Bertrand, N. (2009). Ammonia volatilization following surface application of urea to tilled and no-till soils: A laboratory comparison. *Soil and Tillage Research*, 103(2), 310–315. <https://doi.org/10.1016/j.still.2008.10.028>
- Shan, L., He, Y., Chen, J., Huang, Q., Lian, X., Wang, H., & Liu, Y. (2015). Nitrogen surface runoff losses from a Chinese cabbage field under different nitrogen treatments in the Taihu Lake Basin, China. *Agricultural Water Management*, 159, 255–263. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.06.008>
- Silalertruksa, T., Bonnet, S., & Gheewala, S. H. (2012). Life cycle costing and externalities of palm oil biodiesel in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 28, 225–232. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.022>
- Singh, J., Kunhikrishnan, A., Bolan, N. S., & Saggarr, S. (2013). Impact of urease inhibitor on ammonia and nitrous oxide emissions from temperate pasture soil cores receiving urea fertilizer and cattle urine. In *Science of the Total Environment* (Vol. 465, pp. 56–63). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.02.018>
- Suprihatin, A., & Waluyo. (2015). Kebutuhan Hara Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan Di Lahan Kering Masam Sumatera Selatan Nutrient Needs of Producing Oil Palm Crops In Sour Dry Land Of South Sumatra Agus Suprihatin dan Waluyo. *Prosiding Seminar Nasional Swasembada Pangan, April*, 337–342.
- Tao, H. H., Donough, C., Gerendas, J., Hoffmann, M. P., Cahyo, A., Sugianto, H., Wandri, R., Rahim, G. A., Fisher, M., Rötter, R. P., Dittert, K., Pardon, L., & Oberthür, T. (2018). Fertilizer management effects on oil palm yield and nutrient use efficiency on sandy soils with limited water supply in Central Kalimantan. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 112(3), 317–333. <https://doi.org/10.1007/s10705-018-9948-0>
- Tao, H. H., Donough, C., Ho, M. P., Lim, Y. L., Hendra, S., Abdurrohman, G., Indrasuara, K., Lubis, A., Dolong, T., & Oberthür, T. (2017). Effects of best management practices on dry matter production and fruit production efficiency of oil palm. *European Journal of Agronomy*, 90(July), 209–215.  
<https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.07.008>
- Tung, P. G. A., Yusoff, M. K., Majid, N. M., Joo, G. K., & Huang, G. H. (2009). Effect of N and K fertilizers on nutrient leaching and groundwater quality under mature oil palm in Sabah during the monsoon period. *American Journal of Applied Sciences*, 6(10), 1788–1799. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2009.1788.1799>
- Wallace, C. B., Burton, M. G., Hefner, S. G., & DeWitt, T. A. (2013). Effect of preceding rainfall on sediment, nutrients, and bacteria in runoff from biosolids and mineral fertilizer applied to a hayfield in a mountainous region. In *Agricultural Water Management* (Vol. 130, pp. 113–118). <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.006>
- Zhang, G. (2016). Characteristics of Runoff Nutrient Loss and Particle Size Distribution of Eroded Sediment under Varied Rainfall Intensities. 4th International Conference on Machinery, Materials and Computing Technology (ICMMCT 2016), 588–596. <https://doi.org/10.2991/icmct-16.2016.119>
- Zhang, Y., Luan, S., Chen, L., & Shao, M. (2011). Estimating the volatilization of ammonia from synthetic nitrogenous fertilizers used in China. *Journal of Environmental Management*, 92(3), 480–493. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.09.018>

