

PENGARUH PENGGUNAAN BATUBARA SEBAGAI PUPUK TERHADAP PERTUMBUHAN TANAMAN

August Suryaputra^{a, 1)}, Edy Nursanto^{a, 2,*)}, Eddy Winarno^{a, 3)}, Shofa Rijalul Haq^{a, 4)}

^{a)} Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Yogyakarta, 55283, Indonesia

^{1, 2, 3, 4)} august.suryaputra@gmail.com; edynursanto@upnyk.ac.id; eddywinarno@upnyk.ac.id;

shofa.haq@upnyk.ac.id

^{*)} edynursanto@upnyk.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh pupuk dengan campuran batubara terhadap pertumbuhan tanaman. *Review* dilakukan terhadap beberapa penelitian sejenis terdahulu. Campuran pupuk yang digunakan antara lain adalah *brown coal* dengan urea, *brown coal* dengan urea yang dilapisi dengan biochar, pupuk organik dengan batubara, yang dibandingkan dengan hasil pertumbuhan dengan pupuk kimia dan pupuk organik. Hasil dari *review* menyimpulkan bahwa campuran batubara dengan pupuk berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tanaman. Dengan tinggi tanaman hasil dari penelitian Biplob K. Saha adalah $46 \pm 1,7$ a cm tanaman silver beet dengan perlakuan BCU 1 – 100, penelitian Marzena Mikos-Szymańska adalah 57 cm tanaman gandum dengan perlakuan T3, penelitian Minwal adalah 205,88 cm tanaman jagung dengan perlakuan P5, dan penelitian Syafrullah adalah 117,18 cm tanaman padi dengan perlakuan P2.

Kata kunci: batubara; pupuk; Nitrogen; tanaman; pertumbuhan

EFFECT OF COAL USED AS FERTILIZER FOR PLANT GROWTH – LITERATUR REVIEW

ABSTRACT

This research was conducted to see the effect of fertilizer with a mixture of coal for plant growth. A review was carried out on several previous similar research. The mixture of fertilizers used included brown coal with urea, brown coal with urea coated with biochar, organic fertilizer with coal, which was compared with the results of growth with chemical fertilizers and organic fertilizers. The results of the review concluded that the mixture of coal and fertilizer had a good effect for plant growth. The plant height from Biplob K. Saha's study was 46 ± 1.7 a cm silver beet plants with BCU 1 – 100 treatment, Marzena Mikos-Szymańska's study was 57 cm wheat plants with T3 treatment, Minwal's study was 205,88 cm plants corn with P5 treatment, and Syafrullah's research was 117,18 cm of rice plants with P2 treatment.

Keywords: coal; fertilizer; Nitrogen; plant; growth

PENDAHULUAN

Batubara halus adalah batubara dengan ukuran kurang dari setengah milimeter (Speight, 2005). Sama halnya dengan ketentuan pada Peraturan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara No. 480K/30/DJB/2014 tentang Tata Cara Penetapan Harga Patokan Batubara Jenis Tertentu dan Batubara untuk Keperluan Tertentu, bahwa *fine coal* atau batubara halus merupakan batubara produk samping yang berasal dari kegiatan penambangan batubara dengan diameter kurang dari 2 (dua) milimeter yang dijual secara terpisah. Batubara halus berasal dari tumpukan batubara baik *raw material* maupun hasil pengolahan peremukan dan/atau pencucian batubara di *stockpile* yang tersedimentasi ke *settling pond* atau yang berasal dari guguran pada saat pengangkutan menggunakan *belt conveyor*.

Batubara halus jika tidak dikelola dengan baik, dapat mengakibatkan permasalahan lingkungan. Di area pertambangan, batubara halus dapat dijumpai di area penumpukan batubara (*stockpile*), area peremukan batubara (*coal crushing plant*) termasuk di sekitar sabuk berjalan (*belt conveyor*), atau di area muka kerja (*front*) tambang batubara. Penurunan kualitas udara di area pertambangan mengakibatkan tingginya penyakit ISPA (Infeksi Saluran Pernafasan Akut) (Sukana, 2013). Tumpukan batubara termasuk batubara halus yang berada di *stockpile* yang terkena air hujan maupun air limpasan akan mengakibatkan terbentuknya limbah cair yang mengandung asam (Rusdianasari, 2013). Sedangkan untuk tanah (Maryuningsih, 2015) terdapat pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan tanaman tergantung media tanahnya.

Batubara adalah batuan sedimen organik yang mengandung beberapa unsur kimia diantaranya adalah karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen, dan belerang serta sejumlah kecil mineral lainnya (Speight, 2004). Salah satu analisis batubara yaitu analisis ultimate bertujuan untuk mengukur unsur kimia berupa karbon, hidrogen, belerang, nitrogen, dan oksigen. Unsur – unsur esensial (unsur hara yang penting untuk tanaman) sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman yang optimal (Utomo, 2018). Unsur-unsur esensial dibagi menjadi dua kelompok yaitu unsur hara makro yang terdiri dari karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), Nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Kelompok kedua adalah unsur hara mikro yaitu boron (B), klor (Cl), tembaga (Cu), besi (Fe), mangan (Mn), molibdenum (Mo), dan seng (Zn). Salah satu unsur yang berperan penting untuk pertumbuhan tanaman adalah unsur Nitrogen (N), dimana unsur N ditemukan juga pada batubara.

Pemanfaatan batubara khususnya batubara halus merupakan upaya mendukung konservasi sumber daya alam yaitu dengan memanfaatkan batubara yang tidak terjual serta perlindungan lingkungan dengan meminimalisir potensi pencemaran akibat penumpukan batubara halus. Salah satu pemanfaatan batubara halus adalah sebagai campuran pupuk tanaman. Pupuk berperan penting dalam menentukan kesuburan tanah. Kandungan Nitrogen (N) pada pupuk berfungsi meningkatkan hasil panen (Nuraeni, 2019). Pencampuran batubara halus pada pupuk tanaman bertujuan untuk mengoptimalkan penyerapan N oleh tanaman. Pemanfaatan batubara atau batubara halus baik untuk kualitas pertumbuhan tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah helai daun, berat tongkol jagung, jumlah gabah padi, dan sebagainya. Artikel ini dibuat untuk sebagai rujukan dalam penelitian mengenai pengaruh Nitrogen yang berasal dari batubara terhadap pertumbuhan tanaman. Tinjauan dilakukan terhadap artikel yang telah dipublikasikan dengan topik mengenai penggunaan batubara sebagai campuran pupuk tanaman diantaranya adalah Biplob K. Saha, et.al pada tahun 2018, Marzena Mikos-Szymańska, et.al. pada tahun 2018, Minwal dan Syafrullah pada tahun 2017, dan Syafrullah pada tahun 2016.

Berdasarkan tinjauan literatur, akan dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan batubara halus sebagai campuran pupuk tanaman. Dari hasil penelitian terdahulu, diperkirakan penggunaan batubara halus sebagai campuran pupuk tanaman akan berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tanaman termasuk serapan Nitrogen pada tanaman.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penulisan artikel ini adalah *literatur review*. *Literatur review* merupakan kegiatan meninjau kembali literatur publikasi peneliti sebelumnya terkait topik yang akan diteliti. Kegiatan *literatur review* antara lain mencari, membaca, menelaah, mengenai teori dari hasil penelitian dan bahan pustaka (Muhyi, 2018). Pencarian artikel menggunakan kata kunci “*fine coal for fertilizer*” dan “*coal for fertilizer*” pada database artikel publikasi antara lain Google Scholar, Science Direct, MDPI, dan Springer. Artikel penelitian yang diulas dapat dilihat pada Tabel 1. Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif. Penelitian dengan metode kuantitatif bertujuan untuk mengetahui hubungan antar variable, menguji teori, dan mencari generalisasi yang mempunyai nilai prediktif (Hardani, 2020). Dari tinjauan literatur ini, akan dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan batubara halus sebagai campuran pupuk tanaman. Penelitian akan menggunakan metode eksperimen dimana penelitian dilakukan dengan cara mengontrol, mengendalikan, atau mengeliminir faktor-faktor yang berpengaruh yang pada umumnya bersifat laboratories (Hardani, 2020). Komposisi pupuk dan campuran batubara halus akan dibuat beberapa perbandingan. Campuran pupuk dengan batubara halus diaplikasikan pada media tanam dan pengamatan pertumbuhan tanaman berupa tinggi dan jumlah daun dilakukan setiap periode tertentu sampai dengan panen. Nilai Nitrogen pupuk campuran batubara halus dan tanaman hasil panen akan diuji untuk menghitung dan menganalisis efektivitas nilai serapan Nitrogen. Hasil dari percobaan akan dianalisa antar variabel, yaitu hasil pertumbuhan tanaman termasuk nilai Nitrogen dengan perlakuan komposisi campuran pupuk yang digunakan. Hubungan antar variabel akan dianalisis apakah bersifat positif, negatif, atau tidak ada hubungan sama sekali.

Tabel 1. Artikel Pemanfaatan Batubara sebagai Campuran Pupuk Tanaman

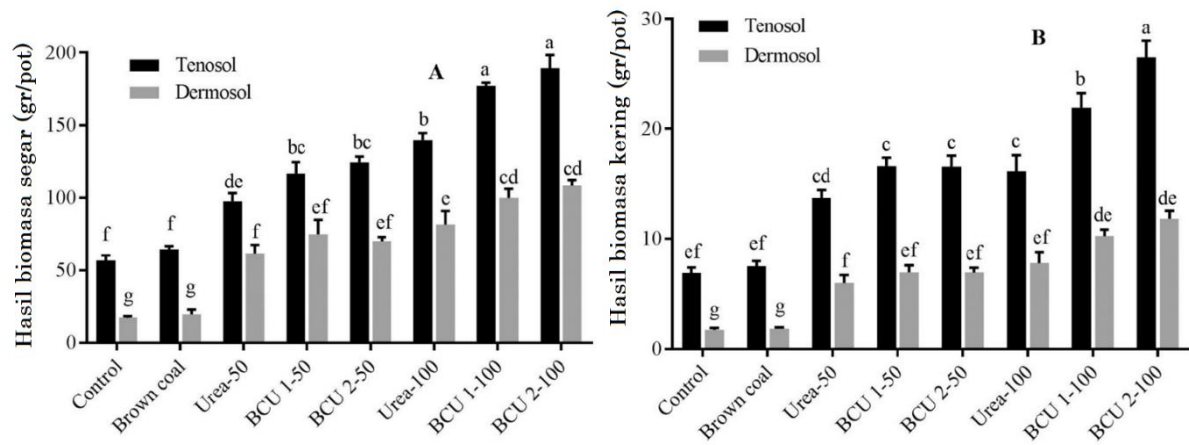
Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian
Biplob K. Saha, Michael T. Rose, Vanessa N.L.Wong, Timothy R.	2018	<i>A slow release brown coal-urea fertiliser reduced gaseous N loss from soil and increased silver beet</i>

Nama Peneliti	Tahun	Judul Penelitian
Cavagnaro, dan Antonio F. Patti		<i>yield and N uptake</i>
Marzena Mikos-Szymańska, Sebastian Schab, Piotr Rusek, Krzysztof Borowik, Paulina Bogusz, dan Marta Wyzińska	2018	<i>Preliminary study of a method for obtaining brown coal and biochar based granular compound fertilizer</i>
Minwal dan Syafrullah	2017	Aplikasi pupuk organik plus batubara terhadap respon pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis (<i>Zea mays saccharata</i> Sturt)
Syafrullah	2016	Pemanfaatan batubara dan sumber daya lokal pedesaan sebagai pupuk batubara plus dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi System of Rice Intensification (SRI) di lahan pasang surut

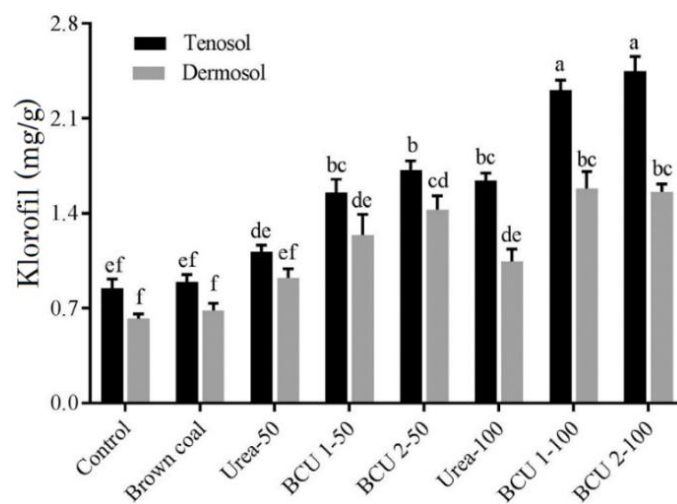
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahun 2018, Biplob K. Saha melakukan penelitian tentang penggunaan pupuk campuran *Brown coal* – Urea (BCU) dan menganalisis pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil biomasa, kandungan klorofil, konsentrasi karbon (C) dan nitrogen (N) pada pucuk dan akar, peningkatan N pada tanaman silver beet, emisi N₂O dari tanah, volatilisasi NH₃ dari tanah, kandungan pH, amonium-N, nitrat-N, potensi mineralisasi nitrogen (PMN), total N dan C pada tanah setelah panen, serta efisiensi penggunaan nitrogen (NUE) dan efisiensi penggunaan pupuk nitrogen (FNUE). Penggunaan BCU ke tanah mempengaruhi pertumbuhan dan hasil biomasa silver bit. Pertumbuhan dan hasil biomasa signifikan pada tanah yang diberi campuran BCU. Efek penggunaan BCU terhadap silver beet dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1. Kandungan klorofil daun lebih tinggi pada tanaman yang dipupuk menggunakan BCU seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kandungan N pada pucuk dan akar silver beet berbeda antara dua jenis tanah, namun N lebih tinggi pada tanaman dengan penggunaan BCU namun tidak perubahan yang signifikan terhadap kandungan C pada pucuk dan akar yang dapat dilihat pada Tabel 3. Serapan N pada tanaman silver beet secara nyata dipengaruhi oleh adanya penambahan pupuk BCU dibandingkan hanya dengan penambahan urea saja seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Penggunaan pupuk urea maupun BCU akan meningkatkan emisi N₂O pada tanah dibandingkan dengan tanah yang tidak diberi pupuk seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Hilangnya NH₃ melalui penguapan terjadi pada tanah yang diberikan pupuk. Penggunaan BCU menghasilkan penguapan NH₃ yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan urea seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

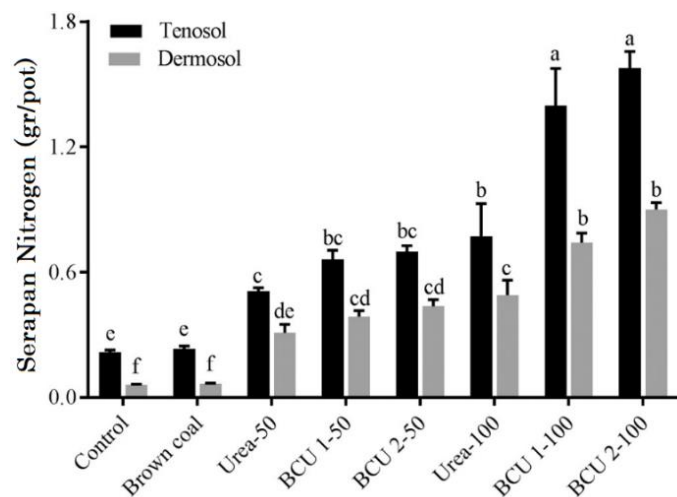
Jumlah amonium-N, nitrat-N dan PMN (Potensi Mineralisasi Nitrogen) yang lebih tinggi diukur pada tanah yang dipupuk dengan urea dan butiran BCU dibandingkan dengan perlakuan BC dan kontrol (hanya tanah) seperti ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 6. NUE (efisiensi serapan N) dan FNUE (efisiensi serapan N dari pupuk) dipengaruhi oleh penggunaan pupuk N. Dari kedua tanah yang digunakan, NUE jauh lebih rendah pada tingkat penggunaan N yang lebih tinggi. Berdasarkan perhitungan NUE dan FNUE lebih tinggi untuk tanaman yang menggunakan pupuk N pada BCU dibandingkan dengan tanaman yang menggunakan pupuk N pada urea seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



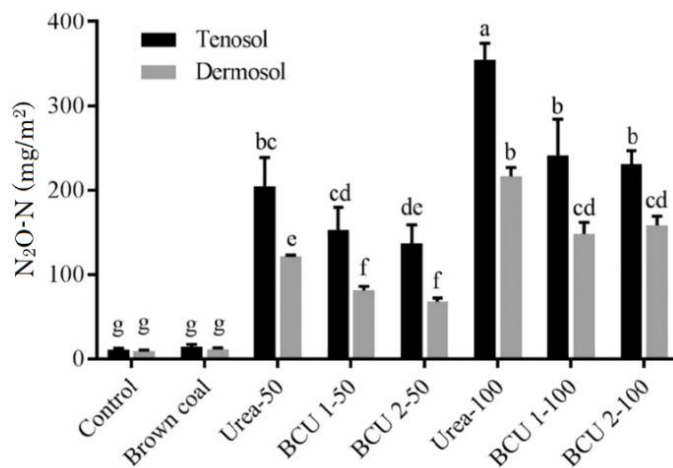
Gambar 1. Efek penambahan BCU terhadap hasil biomasa tanaman segar dan tanaman kering (Saha, 2018)



Gambar 2. Pengaruh BCU dan Urea Terhadap Kandungan Klorofil Daun Silver Beet (Saha, 2018)



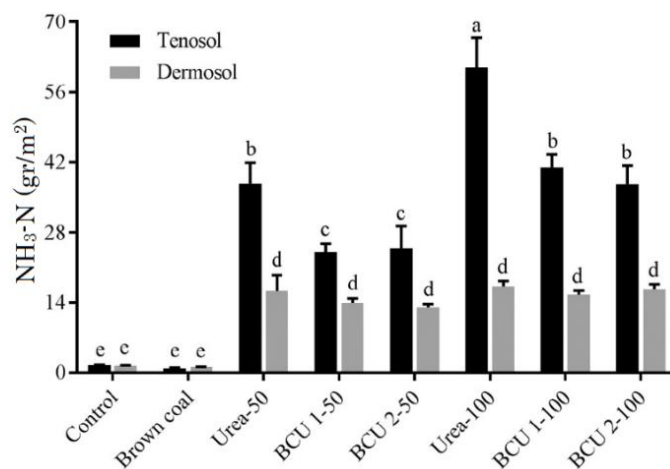
Gambar 3. Efek BCU terhadap serapan Nitrogen pada tanaman silver beet (Saha, 2018)



Gambar 4. Efek BCU terhadap emisi N₂O dari tanah (Saha, 2018)

Tabel 2. Efek BCU pada Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, Berat Segar dan Kering Akar Silver Beet (Saha, 2018)

Tipe tanah	Perlakuan pupuk	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah daun	Berat segar akar (gr)	Berat kering akar (gr)
Tipe Ternosol	Kontrol	33 ± 1,6 d	7 ± 0,3 cde	21 ± 1,6 efg	3,1 ± 0,2 cd
	<i>Brown coal</i>	34 ± 1,2 cd	7,2 ± 0,7 cde	22 ± 1,2 efg	3,2 ± 0,3 cd
	Urea - 50	39 ± 1,3 bcd	7,8 ± 0,6 cde	34 ± 1,2 cde	5,7 ± 0,4 bcd
	BCU 1 - 50	40 ± 1,8 abc	9,6 ± 0,4 abcd	42 ± 4,4 cd	8,1 ± 0,7 bc
	BCU 2 - 50	41 ± 0,8 abc	9,4 ± 0,6 abcd	47 ± 3,2 bc	8,4 ± 0,4 bc
	Urea - 100	44 ± 2,6 ab	8,8 ± 0,4 bcde	56 ± 7,1 b	10,3 ± 1,2 b
	BCU 1 - 100	46 ± 1,7 a	11 ± 0,8 abc	96 ± 8,2 a	19,4 ± 1,4 a
	BCU 2 - 100	44 ± 0,9 ab	12 ± 0,6 a	85 ± 3,2 a	17,8 ± 1,1 a
Tipe Dermosol	Kontrol	23 ± 2,0 e	6,8 ± 0,5 cde	2,2 ± 0,2 h	0,6 ± 0,1 e
	<i>Brown coal</i>	23 ± 1,8 e	6 ± 0,4 e	2,6 ± 0,2 gh	0,5 ± 0,1 e
	Urea - 50	37 ± 1,7 bcd	9,2 ± 0,5 abcd	11,2 ± 1,5 efgh	2,4 ± 0,4 cde
	BCU 1 - 50	33 ± 3,1 d	8,8 ± 0,6 bcde	13,4 ± 1,1 efgh	3,2 ± 0,4 cd
	BCU 2 - 50	38 ± 1,4 bcd	10,6 ± 0,7 abc	17,1 ± 1,6 efg	3,8 ± 0,6 cd
	Urea - 100	38 ± 1,3 bcd	8,6 ± 0,7 bcde	21,9 ± 2,1 efg	4,5 ± 0,9 cd
	BCU 1 - 100	42 ± 1,9 ab	10,6 ± 0,5 abc	25,7 ± 2,5 efg	4,2 ± 0,7 cd
	BCU 2 - 100	41 ± 1,1 abc	11,6 ± 1,2 ab	25,3 ± 1,2 efg	5,5 ± 0,5 bcd



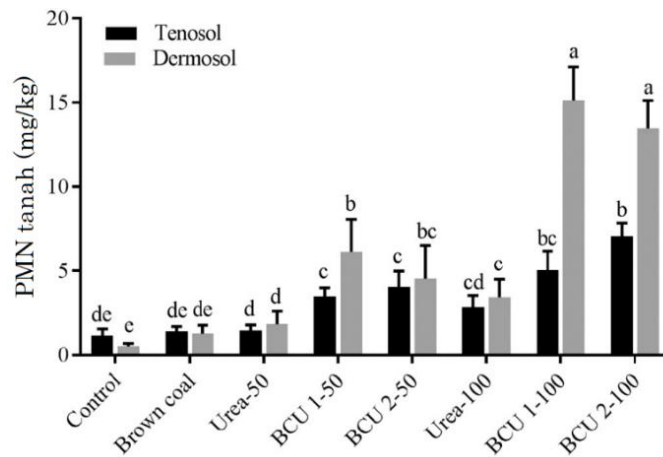
Gambar 5. Efek BCU terhadap emisi NH₃-N dari tanah (Saha, 2018)

Tabel 3. Efek BCU Terhadap Konsentrasi N dan C Pucuk dan Akar Silver Beet (Saha, 2018)

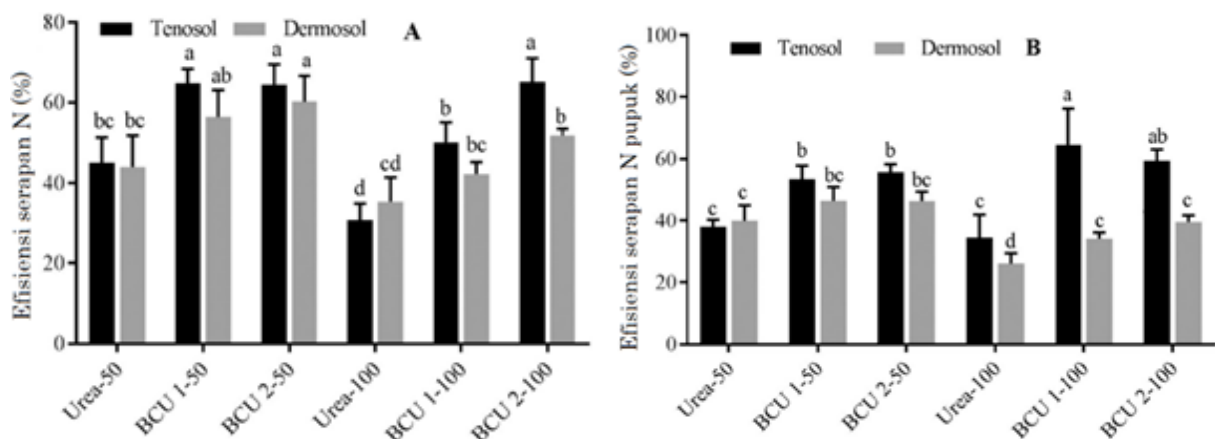
Tipe tanah	Perlakuan pupuk	N pucuk (%)	C pucuk (%)	N akar (%)	C akar (%)
Tipe Ternosol	Kontrol	1,8 ± 0,1 f	34,2 ± 0,2 a	1,4 ± 0,1 de	27,8 ± 1,6 a
	<i>Brown coal</i>	1,9 ± 0,1 f	34,1 ± 0,5 a	1,4 ± 0,1 de	27 ± 0,8 a
	Urea - 50	2,4 ± 0,1 ef	36,3 ± 0,5 a	1,6 ± 0,1 cd	28,6 ± 0,5 a
	BCU 1 - 50	2,4 ± 0,1 e	36,6 ± 0,7 a	1,6 ± 0,1 cd	29,5 ± 0,5 a
	BCU 2 - 50	2,5 ± 0,1 e	35,9 ± 0,3 a	1,7 ± 0,1 bc	29,1 ± 0,2 a
	Urea - 100	2,7 ± 0,2 de	35,4 ± 1,0 a	1,6 ± 0,1 cd	28,4 ± 0,5 a
	BCU 1 - 100	3,4 ± 0,2 c	36,5 ± 0,5 a	1,7 ± 0,1 bc	28,5 ± 0,4 a
	BCU 2 - 100	3,7 ± 0,1 c	36,5 ± 0,5 a	1,7 ± 0,1 bc	29,6 ± 2,5 a
Tipe Dermosol	Kontrol	2,7 ± 0,1 d	35,5 ± 0,3 a	1,3 ± 0,1 f	27,6 ± 0,7 a
	<i>Brown coal</i>	2,9 ± 0,1 d	35,4 ± 0,5 a	1,4 ± 0,1 ef	27,8 ± 0,3 a
	Urea - 50	4 ± 0,1 c	36,1 ± 0,2 a	1,4 ± 0,1 de	27,1 ± 0,8 a
	BCU 1 - 50	4,2 ± 0,1 b	35,4 ± 0,4 a	1,5 ± 0,1 de	27,5 ± 0,7 a
	BCU 2 - 50	4,1 ± 0,1 b	36,2 ± 0,3 a	2 ± 0,1 a	28,7 ± 1,3 a
	Urea - 100	4,3 ± 0,2 b	35,7 ± 0,5 a	1,7 ± 0,1 bc	27,2 ± 0,4 a
	BCU 1 - 100	5,7 ± 0,2 a	36,8 ± 0,5 a	1,9 ± 0,1 ab	27,7 ± 1,2 a
	BCU 2 - 100	5,8 ± 0,2 a	35,9 ± 0,5 a	2 ± 0,1 a	28,3 ± 0,7 a

Tabel 4. Efek BCU terhadap pH, Amonium-N, Nitrat-N, N total, dan C Tanah setelah Panen (Saha, 2018)

Tipe tanah	Perlakuan pupuk	Amonium - N (mg per kg)	Nitrat - N (mg per kg)	Total N (%)	Total C (%)	pH
Tipe Ternosol	Kontrol	1,22 ± 0,1 d	0,92 ± 0,3 c	0,14 ± 0,01 a	0,90 ± 0,1 f	7,33 ± 0,1 a
	<i>Brown coal</i>	1,49 ± 0,2 d	1,16 ± 0,5 c	0,15 ± 0,01 a	1,85 ± 0,1 cd	6,91 ± 0,1 b
	Urea-50	2,42 ± 0,2 cd	2,75 ± 0,5 bc	0,16 ± 0,01 a	0,99 ± 0,1 f	7,06 ± 0,1 ab
	BCU 1- 50	2,79 ± 0,4 cd	3,74 ± 0,4 bc	0,19 ± 0,01 a	1,21 ± 0,1 ef	7,03 ± 0,1 ab
	BCU 2- 50	3,03 ± 0,3 cd	3,44 ± 0,3 bc	0,19 ± 0,01 a	1,29 ± 0,1 ef	7,18 ± 0,1 ab
	Urea-100	3,59 ± 0,5 cd	4,06 ± 1,2 bc	0,18 ± 0,01 a	0,93 ± 0,1 f	7,06 ± 0,1 ab
	BCU 1- 100	3,97 ± 0,4 cd	5,46 ± 0,9 bc	0,19 ± 0,01 a	2,12 ± 0,1 bc	6,96 ± 0,1 b
	BCU 2- 100	5,54 ± 0,3 ab	8,61 ± 1,2 bc	0,20 ± 0,01 a	2,27 ± 0,2 bc	6,90 ± 0,1 b
Tipe Dermosol	Kontrol	1,65 ± 0,1 d	0,94 ± 0,2 c	0,11 ± 0,01 a	1,22 ± 0,1 ef	5,44 ± 0,1 c
	<i>Brown coal</i>	1,81 ± 0,2 d	1,54 ± 0,4 c	0,12 ± 0,01 a	2,47 ± 0,1 ab	5,18 ± 0,1 c
	Urea-50	2,49 ± 0,6 cd	2,44 ± 0,4 bc	0,13 ± 0,01 a	1,15 ± 0,1 ef	5,33 ± 0,1 c
	BCU 1- 50	3,21 ± 0,6 cd	6,98 ± 2,1 bc	0,15 ± 0,01 a	1,75 ± 0,1 cd	5,28 ± 0,1 c
	BCU 2- 50	4,15 ± 1,1 bc	3,32 ± 0,6 bc	0,15 ± 0,01 a	1,69 ± 0,2 cd	5,28 ± 0,1 c
	Urea-100	2,95 ± 0,4 cd	7,99 ± 2,1 bc	0,16 ± 0,01 a	1,27 ± 0,1 ef	5,26 ± 0,1 c
	BCU 1- 100	6,55 ± 0,8 ab	16,32 ± 2,2 a	0,17 ± 0,01 a	2,17 ± 0,1 bc	5,19 ± 0,1 c
	BCU 2- 100	7,37 ± 0,9 a	13,25 ± 1,3 ab	0,17 ± 0,01 a	2,60 ± 0,2 a	5,29 ± 0,1 c



Gambar 6. Efek BCU terhadap potensi mineralisasi Nitrogen (PMN) (Saha, 2018)



Gambar 7. Efek BCU terhadap NUE dan FNUE Silver Beet (Saha, 2018)

Paramater pengamatan yang dilakukan Saha terdiri dari pertumbuhan tanaman dan hasil biomasa, kandungan klorofil, konsentrasi C dan N pada pucuk dan akar, serapan N, emisi N_2O dari tanah, volatilisasi NH_3 dari tanah, pH tanah setelah panen, amonium-N tanah setelah panen, nitrat-N tanah setelah panen, potensi mineralisasi Nitrogen (PMN), kandungan N dan C total dalam tanah setelah panen, efisiensi serapan N (NUE) dan efisiensi serapan pupuk N (FNUE). Namun kandungan Nitrogen pada batubara yang digunakan sebagai campuran pupuk tidak dilakukan pengujian. Kesimpulan dari penelitian Saha ini adalah adanya perbedaan hasil dari dua jenis tanah yang berbeda terhadap pertumbuhan, hasil biomassa, serapan N, efisiensi serapan N, dan kesehatan tanah.

Marzena Mikos-Szymańska pada tahun 2018 melakukan penelitian mengenai hasil dari pemupukan menggunakan campuran *brown coal* dan biochar. Penelitian yang dilakukan pada skala laboratorium ini menghasilkan data mengenai karakter produk pupuk dan percobaan pertumbuhan tanaman gandum. Kadar air dan pH produk pupuk ligint yang dibuat menggunakan pan granulator dapat dilihat pada Tabel 5. Nilai pH produk pupuk terlalu rendah untuk digunakan dalam percobaan pot karena akan berdampak negatif pada perkembangannya sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan nilai pH.

Penggunaan bahan baku untuk percobaan pembuatan pupuk granular *brown coal* dapat dilihat pada Tabel 6 dengan hasil kekerasan partikel dan persentase kelemahan granular pada Tabel 7. Sifat kimia dari bahan dasar *brown coal* sebagai pupuk granular dapat dilihat pada Tabel 8. Higroskopi atau kemampuan produk pupuk untuk menyerap kelembaban dari lingkungan sekitar dapat dilihat pada Gambar 8.

Tabel 5. Kadar Air dan Nilai pH Pupuk Berbahan Dasar *Brown Coal* (Pan Granulator Laboratorium) (Mikos-Szymańska, 2018)

Parameter	Unit	Hasil
Kadar air	wt%	30,2
pH sampel air-dried	-	2,4
pH sampel kering 105 °C	-	3,7

Keterangan: wt weight percent

Tabel 6. Penggunaan Bahan Baku Pupuk *Brown Coal* (Mikos-Szymańska, 2018)

Percobaan	Bahan baku (wt%)							
	<i>Brown coal</i> (BC), DM	Urea	Fosforit	H ₂ SO ₄ , 100%	Dolomit (D)	Caustic magnesia (M)	H ₂ O	NH ₃ (g)
1	50,0	22,8	16,8	10,4	–	–	2,7	–
2	45,5	20,8	15,3	9,4	9,0	–	2,5	–
3	50,0	22,8	16,8	10,4	–	–	2,7	+
4	47,5	21,7	16,0	9,9	–	5,0	2,6	–

Keterangan: DM dry matter

Tabel 7. Kekerasan Partikel dan Persentase Kelemahan Granular (Mikos-Szymańska, 2018)

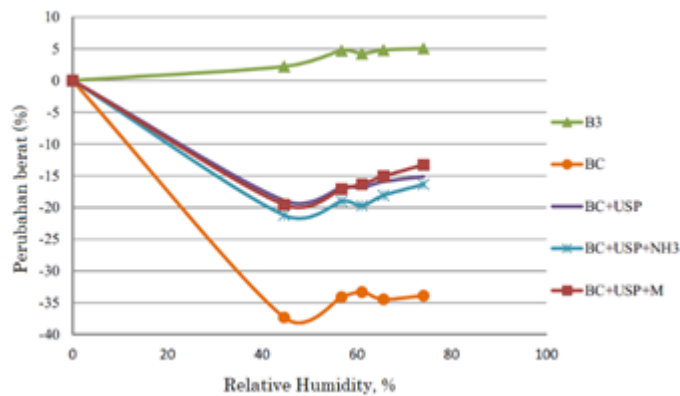
Parameter	Unit	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4
Ukuran rata-rata granular	Mm	4,04	3,94	4,04	3,90
Kekerasan rata-rata partikel	N	23,30	18,18	20,05	15,80
Persentase kelemahan granular	%	10	20	25	30
Kekerasan rata-rata partikel kecuali kelemahan granular	N	24,89	21,12	23,38	19,62

Keterangan: N Newton

Tabel 8. Kandungan Kimia Pupuk *Brown Coal* (Mikos-Szymańska, 2018)

Parameter	Unit	Percobaan 1 BC+USP	Percobaan 2 BC+USP+D	Percobaan 3 BC+USP+NH _{3(g)}	Percobaan 4 BC+USP+M
Kadar air (105°; 3 h)	wt %	29	25,7	-	-
Kadar air (90°; 1 h)	wt %	-	-	9,3	8,3
pH		2,6	3,3	5,4	6,2
N total	wt %	9,85	9,83	9,58	8,26
P ₂ O ₅ total	wt %	4,39	3,76	3,85	3,67
NAC+H ₂ O soluble P ₂ O ₅	wt %	3,72	3,21	3,03	2,86
H ₂ O larut P ₂ O ₅	wt %	2,60	2,33	1,77	0,69
Mg	wt %	0,11	1,18	0,11	1,63
Ca	wt %	6,28	8,37	5,20	5,37
Kandungan zat yang hilang (LOI)					
105 °C	wt%	31,32	28,70	31,50	30,20
400 °C	wt%	72,54	64,55	74,53	70,67
1000 °C	wt%	81,91	73,98	82,61	77,64

Keterangan: USP urea superphosphate



Gambar 8. Pengukuran Higroskopi Biochar, *Brown Coal*, dan Pupuk *Brown Coal* terhadap Perubahan Berat (%) dan Kelembaban Relatif (%) (Mikos-Szymańska, 2018)

Nilai kekerasan dan ketahanan abrasi dari produk pupuk berlapis biochar dapat dilihat pada Tabel 9. Uji coba pertumbuhan tanaman gandum dilakukan dengan beberapa perlakuan pemberian pupuk yaitu T0: 2.36 g MAP (NP 10–55), 3.7 g K₂SO₄, 10.4 g (NH₄)₂SO₄; T1: 11.48 g urea superfosfat (NP 21–9), 0.54 g KH₂PO₄, 3.35 g K₂SO₄; T2: 5.88 g pupuk komersial NPK(S) 6-12-34-(10), 1.09 g MAP, 9.33 g (NH₄)₂SO₄; T3: 25.06 g pupuk *brown coal* dan amonia (BC + USP + NH₃), 0.65 g KH₂PO₄, 3.29 g K₂SO₄; T4: 29.06 g pupuk *brown coal* dan magnesit (BC + USP + M), 0.49 g KH₂PO₄, 3.39 g K₂SO₄; T5: 13.50 g biochar tanaman obat berlapis urea superfosfat, 0.54 g KH₂PO₄, 3.35 g K₂SO₄; T6: 13.50 g biochar tanaman willow berlapis urea superfosfat, 0.54 g KH₂PO₄, 3.35 g K₂SO₄; and T7: 13.50 g biochar serpihan kayu berlapis urea superfosfat, 0.54 g KH₂PO₄, 3.35 g K₂SO₄. Hasil pertumbuhan dapat dilihat pada Tabel 10. Berdasarkan analisis statistik, hasil gabah gandum tertinggi per tanaman pada pupuk biochar serpihan kayu berlapis USP (T7) dibandingkan dengan pupuk komersial (T2) dan pupuk biochar tanaman obat berlapis USP (T5).

Tabel 9. Kekerasan Partikel dan Ketahanan Abrasi dari Pupuk Berlapis Biochar (Mikos-Szymańska, 2018)

Parameter	Unit	USP	B1	B2	B3
Ukuran rata-rata granular	Mm	4,46	4,46	4,16	4,28
Kekerasan rata-rata partikel	N	61,90	41,65	45,20	49,50
Ketahanan abrasi	%	0,7	2,5	6,1	7,8

Keterangan: B1 biochar hasil ekstraksi tanaman obat; B2 biochar dari tanaman willow; B3 biochar dari serpihan kayu

Tabel 10. Hasil panen gandum (Mikos-Szymańska, 2018)

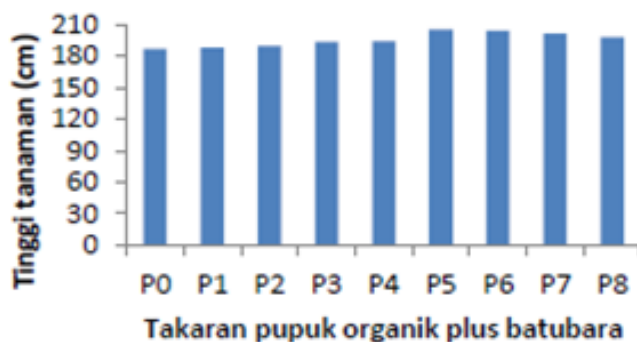
Perlakuan	Hasil gabah gandum per tanaman (gr)	Jumlah malai gandum per tanaman (buah)	Tinggi tanaman (cm)
T ₀	4,36 ab	3,9	51
T ₁	3,39 abc	2,5	50
T ₂	2,94 bc	2,5	50
T ₃	3,90 abc	3,0	57
T ₄	3,73 abc	2,8	56
T ₅	2,62 c	2,5	55
T ₆	3,71 abc	2,5	53
T ₇	4,56 a	3,3	52
Least Significant Difference 0,05	1,59	n.s.	n.s.

Keterangan: n.s not significant pada 0,05

Mikos-Szymańska melakukan pengujian dan pengamatan terhadap karakteristik bahan baku, kadar air dan pH pupuk berbahan dasar *brown coal*, kekerasan partikel dan persentase butiran lemah,

sifat kimia pupuk berbahan dasar *brown coal*, kekerasan partikel dan ketahanan abrasi dari pupuk berlapis biochar, berat gabah per tanaman, jumlah bulir per tanaman, serta tinggi tanaman. Pada penelitian ini, kandungan Nitrogen pada batubara diuji namun serapan pada tanaman tidak dilakukan pengujian. Hasil dari percobaan pemupukan pada tanaman gandum pada fasilitas rumah kaca menunjukkan respon yang positif.

Pada tahun 2017, Minwal melakukan penelitian mengenai pengaruh penggunaan pupuk organik plus batubara terhadap pertumbuhan jagung manis. Faktor perlakuan dosis pupuk organik plus batubara yang digunakan yaitu P0 = kontrol (pupuk kimia takaran anjuran), P1 = 250 kg per ha, P2 = 500 kg per ha, P3 = 750 kg per ha, P4 = 1.000 kg per ha, P5 = 1.250 kg per ha, P6 = 1.500 kg per ha, P7 = 1.750 kg per ha, dan P8 = 2.000 kg per ha. Hasil pertumbuhan berupa tinggi tanaman dapat dilihat pada Gambar 9. Pengaruh pupuk organik plus batubara pada jumlah daun dan diameter tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 11. Selain itu, pengaruh pupuk organik plus batubara terhadap panjang tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 10 dan terhadap berat tongkol jagung dapat dilihat pada Gambar 11.

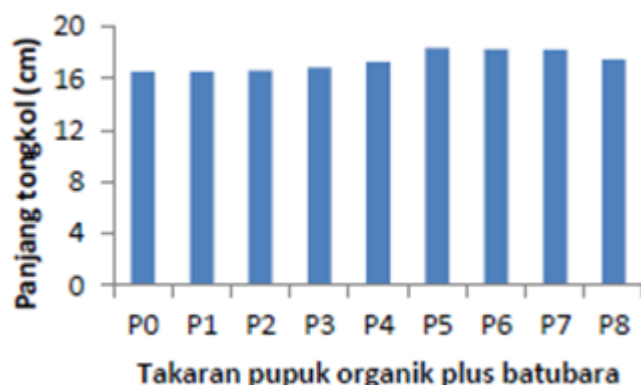


Gambar 9. Pengaruh Pupuk Organik Plus Batubara terhadap Tinggi Tanaman Jagung (Minwal, 2017)

Tabel 11. Jumlah daun dan diameter tongkol jagung hasil pupuk organik plus batubara (Minwal, 2017)

Perlakuan	Rata-rata jumlah daun (helai)	Rata-rata diameter tongkol (cm)
P ₀	8,57	4,17
P ₁	8,63	4,28
P ₂	8,70	4,30
P ₃	8,83	4,43
P ₄	8,83	4,84
P ₅	9,20	5,25
P ₆	9,13	5,00
P ₇	9,07	4,99
P ₈	9,00	4,97

Penelitian Minwal di tahun 2017, melakukan pengujian Nitrogen pada batubara sebagai campuran pupuk tanaman tidak dilakukan. Serapan Nitrogen pada tanaman jagung yang digunakan sebagai bahan pengamatan tidak dilakukan. Hasil dari penelitian menunjukkan pertumbuhan dan produksi tanaman jagung terbukti meningkat akibat pengaruh penggunaan pupuk organik plus batubara. Pengamatan dilakukan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, panjang tongkol, diameter tongkol, dan berat tongkol per tanaman.



Gambar 10. Pengaruh pupuk organik plus batubara terhadap panjang tongkol jagung (Minwal, 2017)



Gambar 11. Berat tongkol jagung hasil pupuk organik plus batubara (Minwal, 2017)

Syafrullah pada tahun 2016 melakukan penelitian mengenai pemanfaatan batubara sebagai pupuk dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi dengan perlakuan terdiri dari P0 = pupuk kimia dosis petani lokal, P1 = pupuk limbah tanaman dosis 5 ton per ha, dan P2 = pupuk batubara plus dosis 750 kg per ha yang diaplikasikan terhadap tanaman padi dengan varietas antara lain V1 = Mentik Wangi, V2 = Gogo Aromatik, dan V3 = Beras Merah. Berdasarkan uji BNJ, penggunaan pupuk batubara plus (P2) menunjukkan pertumbuhan tanaman padi dan hasil panen tanaman padi yang baik dibandingkan dengan pupuk kimia (P0) dan pupuk limbah tanaman (P1). Hasil pemupukan menggunakan pupuk batubara plus dapat dilihat pada Tabel 12. Dari tiga varietas yang dilakukan percobaan, berdasarkan uji BNJ pada varietas padi Gogo Aromatik menunjukkan hasil pertumbuhan tanaman padi dan produksi panen terbaik dibandingkan dengan dua varietas lainnya. Hasil pemupukan P2 terhadap varietas V2 dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 12. Hasil Pemupukan Pupuk Batubara Plus (Syafurullah, 2016)

Parameter	Nilai
Rata-rata tinggi tanaman (cm)	111,90
Rata-rata jumlah anakan (anakan)	45,56
Rata-rata jumlah anakan produktif (anakan)	33,38
Rata-rata berat 1000 butir (gram)	30,05
Rata-rata jumlah gabah per malai (gram)	171,08
Rata-rata produksi per petak (gram)	4.333,50

Tabel 13. Hasil Pemupukan Pupuk Batubara Plus terhadap Varietas Gogo Aromatik (Syafurullah, 2016)

Parameter	Nilai
Rata-rata tinggi tanaman (cm)	117,18
Rata-rata jumlah gabah per malai (butir)	164,37
Rata-rata persentase gabah hampa (%)	4,61
Rata-rata berat 1000 butir (gram)	31,39
Produksi (gram)	4.178,30

Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Syafurullah pada tahun 2016. Parameter pengamatan hanya dilakukan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman padi. Sedangkan kandungan Nitrogen pada batubara dan serapan Nitrogen pada tanaman tidak dilakukan pengujian. Hasil pengamatan menunjukkan pertumbuhan dan produksi yang baik terhadap padi varietas gogo aromatik hasil pemupukan pupuk organik plus batubara.

Penelitian yang dilakukan Saha pada tahun 2018, tidak menjelaskan spesifikasi atau kualitas batubara yang digunakan dalam pembuatan pupuk namun hanya menjelaskan jika batubara yang digunakan adalah jenis *brown coal*. Sama halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Mikos-Szymańska pada tahun 2018, hanya menyebutkan penggunaan *brown coal* tanpa menjelaskan kualitas batubara yang digunakan. Begitupula dengan penelitian Minwal di tahun 2017 dan Syafurullah di tahun 2016 tidak menjelaskan jenis dan spesifikasi atau kualitas batubara yang digunakan sebagai campuran pupuk tanaman.

Penggunaan *brown coal* sebagai campuran pupuk pada penelitian Saha di tahun 2018, menunjukkan tinggi tanaman, jumlah daun, berat segar akar, dan berat kering akar tanaman silver beet lebih baik dibandingkan dengan pupuk yang tidak dicampur dengan batubara. Mikos-Szymańska pada tahun 2018 yang menggunakan *brown coal* pada pupuk yang berlapis biochar serpihan kayu, menunjukkan hasil panen dan tinggi tanaman gandum yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan pupuk yang lain. Sama halnya dengan penelitian Minwal pada tahun 2017, pupuk organik plus batubara berpengaruh baik terhadap tinggi tanaman jagung, jumlah daun jagung, diameter tongkol jagung, panjang tongkol jagung, dan berat tongkol jagung dari hasil panen tanaman jagung manis. Begitu pula dengan penelitian Syafurullah di tahun 2016, dimana pemupukan menggunakan pupuk batubara plus berpengaruh baik terhadap hasil panen padi varietas Gogo Aromatik.

Dari empat tinjauan terhadap literatur, hanya penelitian Mikos-Szymańska pada tahun 2018 yang melakukan pengujian terhadap Nitrogen batubara sedangkan yang lain tidak melakukan pengujian Nitrogen batubara. Untuk pengujian Nitrogen terhadap pupuk campuran batubara, hanya penelitian Minwal pada tahun 2017 yang tidak melakukan pengujian Nitrogen pupuk campuran batubara. Parameter pengamatan pada penelitian Saha pada tahun 2018 dan Mikos-Szymańska pada tahun 2018 lebih banyak dibandingkan dengan pengamatan yang dilakukan oleh Minwal pada tahun 2017 dan Syafurullah pada tahun 2016, dimana Minwal dan Syafurullah hanya melakukan pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Pengamatan yang dilakukan oleh Saha dan Mikos-Szymańska lebih kompleks berupa sifat fisik dan kimia tanah, campuran pupuk dengan batubara, serta hasil panen. Bahkan Saha melakukan perhitungan serapan Nitrogen pada tanaman untuk melihat apakah penggunaan campuran pupuk dan batubara lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan pupuk tanpa campuran batubara. Hal ini baik dilakukan untuk melihat apakah penggunaan batubara pada campuran pupuk berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tanaman.

Pada proses pembentukan batubara di tahap gambut menjadi *brown coal*, terdapat tiga proses transformasi tanaman yaitu peatifikasi, humifikasi, dan gelifikasi. Terdapat dua jaringan sebagai pelopor proses humifikasi yaitu selulosa dan lignin. Nitrogen yang berasal dari NH_4 akan mengurai selulosa dan lignin. Penguraian lignin lebih lambat dari pada penguraian selulosa sehingga penting sebagai bahan pembentukan humus dari batubara (Renton dan Repine, 2016). Nitrogen pada batubara merupakan senyawa organik yang berasal dari protein bahan tanaman asalnya (Aulia, 2021). Nitrogen (N) merupakan unsur hara makro (Utomo, 2018). Untuk mengetahui mengenai pertumbuhan tanaman terdapat beberapa parameter untuk menentukannya diantaranya adalah dari berat tanaman, panjang akar, luas daun, jumlah daun, dan tinggi tanaman (Sitompul, 1995).

Nitrogen merupakan salah satu nutrisi penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Penting untuk diketahui kandungan Nitrogen dari pupuk yang diaplikasikan pada media tanam dan kandungan Nitrogen yang ada pada tanaman untuk menghitung efisiensi serapan Nitrogen pada tanaman.

Tabel 14. Hasil Tinjauan Literatur

Penelitian	Tanaman	Nitrogen batubara	Nitrogen Pupuk	Parameter Pengamatan	Kesimpulan
Saha, 2018	<i>Silver beet</i>	-	Diuji	Pertumbuhan tanaman dan hasil biomasa, kandungan klorofil, konsentrasi C dan N pada pucuk dan akar, serapan N, emisi N ₂ O dari tanah, volatilisasi NH ₃ dari tanah, pH tanah setelah panen, amonium-N tanah setelah panen, nitrat-N tanah setelah panen, potensi mineralisasi Nitrogen (PMN), kandungan N dan C total dalam tanah setelah panen, efisiensi serapan N (NUE) dan efisiensi serapan pupuk N (FNUE)	Penggunaan BCU pada silver beet pada dua jenis tanah yang berbeda menunjukkan perbedaan pertumbuhan, hasil biomassa, serapan N, efisiensi serapan N, dan kesehatan tanah. Dibandingkan dengan urea, BCU menurunkan emisi N ₂ O dan NH ₃ dan mempertahankan N yang tersedia untuk tanaman dan N yang dapat termineralisasi lebih tinggi di dalam tanah. Jumlah N yang tersedia dari BCU lebih besar dengan waktu penyerapan yang lebih lama dibandingkan dengan pupuk urea. Penggabungan ekstra C pada BCU membantu meningkatkan kandungan organik dalam tanah.
Mikos-Szymańska, 2018	Gandum	Diuji	Diuji	Karakteristik bahan baku, kadar air dan pH pupuk berbahan dasar <i>brown coal</i> , kekerasan partikel dan persentase butiran lemah, sifat kimia pupuk berbahan dasar <i>brown coal</i> , kekerasan partikel dan ketahanan abrasi dari pupuk berlapis biochar, berat gabah per tanaman, jumlah bulir per tanaman, dan tinggi tanaman	<i>Brown coal</i> dan biochar dapat digunakan sebagai bahan baku produksi pupuk. <i>Brown coal</i> mengandung asam humat dan biochar mengandung zat yang mirip dengan humat. Hasil percobaan pot di rumah kaca menunjukkan bahwa gandum merespon positif terhadap tanah yang diberi pupuk berbahan dasar <i>brown coal</i> berlapis biochar.
Minwal, 2017	Jagung	-	Tidak diuji	Tinggi tanaman, jumlah daun, panjang tongkol,	Penggunaan pupuk organik tambahan batubara dengan dosis

Penelitian	Tanaman	Nitrogen batubara	Nitrogen Pupuk	Parameter Pengamatan	Kesimpulan
				diameter tongkol, berat tongkol per tanaman	1.250 kg/ha memberikan hasil terbaik pada pertumbuhan dan produksi jagung. Pertumbuhan dan produksi tanaman jagung terbukti meningkat dengan menggunakan pupuk organik plus batubara.
Syafrullah, 2016	Padi	-	Diuji	Tinggi tanaman, jumlah anakan, jumlah anakan produktif, jumlah gabah per malai, berat per 1.000 butir, hasil produksi	Pertumbuhan dan produksi padi varietas gogo aromatik lebih baik menggunakan pupuk organik plus batubara dengan takaran 750 kg/ha dibandingkan pupuk lainnya dengan hasil produksi 4,45 kg/petak.

Selanjutnya akan dilakukan penelitian berupa pengamatan pertumbuhan tanaman menggunakan pupuk dengan campuran batubara halus. Parameter pengamatan pertumbuhan berupa tinggi dan berat tanaman serta jumlah daun. Selain itu juga akan dilakukan pengujian Nitrogen tanaman untuk mengetahui serapan Nitrogen pada tanaman. Tanaman yang akan digunakan pada penelitian selanjutnya adalah kangkung darat dimana keunggulannya dibandingkan dengan tanaman lain adalah jangka waktu panen yang relatif cepat sekitar 30 (tiga puluh) hari. Selain itu kangkung darat relatif tahan terhadap serangan hama sehingga dapat mengurangi penggunaan pestisida. Media kangkung darat berupa tanah sehingga lebih mudah dalam penanaman dan perawatan. Namun pertumbuhan tanaman kangkung dapat bervariasi tergantung pada kondisi budidaya seperti kesuburan tanah, asupan air dan sinar matahari, iklim, serta pengaruh gangguan seperti penyakit, hama, dan gulma.

KESIMPULAN

Dari proses review terhadap beberapa literatur, campuran batubara dan pupuk berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Kandungan Nitrogen (N) maupun asam humat yang ada pada batubara bermanfaat bagi kesuburan tanah dan baik untuk pertumbuhan tanaman. Akan dilakukan penelitian tentang pemanfaatan batubara halus sebagai campuran pupuk tanaman dengan parameter pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, serta serapan Nitrogen pada tanaman kangkung darat.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, A., Farid, F., dan Zahar, W., (2021). Korelasi Parameter Analisis Proksimat dan Analisis Ultimat terhadap Nilai Kalori Batubara. *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan* Vol. 2, No.1, Juni 2021, pp. 21-30. DOI: 10.31764/jpl.v2i1.4715
- Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara. (2014). Peraturan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara Nomor 480K/30/DJB/2014 tentang Tata Cara Penetapan Harga Patokan Batubara Jenis Tertentu dan Batubara untuk Keperluan Tertentu. Jakarta.
- Hardani, Auliya, N.H., Andriani, H., Fardani, R.A., Ustiawaty, J., Utami, E.F., Sukmana, D.J., dan Istiqomah, R.R., (2020). *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif*. CV Pustaka Ilmu : Yogyakarta.
- Maryuningsih, Y., (2015). Analisis Dampak Industri Stockpile Batubara terhadap Lingkungan dan Tingkat Kesehatan Masyarakat Desa Pesisir Rawaupir Kec. Pangenan Kab. Cirebon. *Scientiae Educatia* Volume 5 Nomor 2 Tahun 2015.

- Marzena, M., Schab, S., Rusek, P., Borowik, K., Bogusz, P., dan Wyinska, M., (2018). *Preliminary Study of a Method for Obtaining Brown coal and Biochar Based Granular Compound Fertilizer*. Waste and Biomass Valorization (2019) 10:3673–3685. doi.org/10.1007/s12649-019-00655-4.
- Minwal dan Syafrullah, (2018). Aplikasi Pupuk Organik Plus Batubara Terhadap Respon Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays Saccharata* Sturt). KLOOROFIL XIII - 1 : 7 – 11, Juni 2018.
- Muhyi, M., Hartono, Budiyono, S.C., Satianingsih, R., Sumardi, Rifai, I., Zaman, A.Q., Astutik, E.P., dan Fitriati, S.R., (2018). Metodologi Penelitian. Adi Buana University Press : Surabaya.
- Nuraeni, A., Khairani, L., dan Susilawati, I., (2019). Pengaruh Tingkat Pemberian Pupuk Nitrogen terhadap Kandungan Air dan Serat Kasar *Corchorus Aestuans*. Pasutra Volume 9 Nomor 1 Tahun 2019, 32-35.
- Renton, J.J. dan Repine, T., (2016). An ntroduction to earth science : Coal Genesis. West Virginia University.
- Rusdianasari, Bow, Y., dan Taqwa, A., (2013). Pengolahan Limbah Cair Stockpile Batubara Untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang.
- Saha, B.K., Rose, M.T., Wong, V.N.L., Cavagnaro, T.R., Patti, A.F., (2018). *A slowrelease brown coal-urea fertiliser reduced gaseous N loss from soil and increased silver beet yield and N uptake*. Science of the Total Environment 649 (2019) 793–800. doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.145.
- Speight, J.G., (2005). *Handbook of Coal Analysis*. John Wiley & Sons, Inc.: New Jersey.
- Sukana, B., Lestary, H., dan Hananto., (2013). Kajian Kasus ISPA pada Lingkungan Pertambangan Batubara di Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. Jurnal Ekologi Kesehatan Vol. 12 No 3, September 2013 : 234 ± 242.
- Syafrullah, (2018). Pemanfaatan Batubara dan Sumber Daya Lokal Pedesaan sebagai Pupuk Batubara Plus dan Pengarunya Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Padi System Of Rice Intensification (SRI) di Lahan Pasang Surut. KLOOROFIL XIII - 2 : 71 – 77, Desember 2018.
- Utomo, M., Sudarsono, Rusman, B., Sabrina, T., Lumbanraja, J., dan Wawan, (2018). Ilmu Tanah – Dasar-dasar dan Pengelolaan. Prenamedia Group : Jakarta.