

NASKAH ORISINAL

Inovasi Pupuk Nano-Grafena/N/P/K Cair sebagai Upaya Pengurangan Pupuk Kimia pada Pertanian Padi di Dusun Tegal Rejo, Lembeyan Wetan, Magetan

Retno Asih^{1,*} | Haniffudin Nurdiansah² | Budhi Priyanto³ | Malik Anjelh Baqiya¹ | Mochammad Zainuri¹ | Darminto¹

¹Departemen Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

²Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

³Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Korespondensi

*Retno Asih, Departemen Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: retno.asih@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Material Maju, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia.

Abstrak

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk memperkenalkan dan mengimplementasikan inovasi pupuk nano-grafena/N/P/K cair sebagai solusi alternatif pengganti pupuk kimia dalam budidaya padi di Dusun Tegal Rejo, Desa Lembeyan Wetan, Magetan. Permasalahan utama yang dihadapi petani meliputi tingginya ketergantungan terhadap pupuk kimia akibat pertanian padi intensif mencapai 4 kali/tahun. Kegiatan ini tidak hanya berfokus pada sosialisasi, tetapi juga pelatihan pembuatan pupuk tabur berbasis sekam padi menggunakan alat pirolisis sederhana dan pembuatan katalis pembelah tanah. Pupuk nano-grafena diaplikasikan melalui metode *foliar spray* dan dikombinasikan dengan kohe tabur untuk memperkaya unsur hara tanah. Kajian awal terhadap hasil uji lapangan menunjukkan bahwa penggunaan pupuk nano-grafena mampu meningkatkan kualitas gabah (bobot 100 biji mencapai 3,14 g) dengan produktivitas sekitar 1,010 kg/m² atau setara 10 ton/hektar, tanpa tambahan pupuk kimia. Inovasi ini terbukti aplikatif dan potensial untuk mendukung pertanian berkelanjutan sekaligus mewujudkan kemandirian petani dalam memproduksi pupuk berbasis nanomaterial.

Kata Kunci:

Pupuk foliar, Nano grafena, Padi, Pertanian berkelanjutan, Ramah lingkungan.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Pertanian merupakan sektor vital dalam perekonomian Indonesia, terutama di wilayah pedesaan yang mengandalkan hasil tani sebagai sumber utama penghidupan. Namun, produktivitas pertanian nasional masih menghadapi berbagai tantangan, salah satunya adalah ketergantungan yang tinggi terhadap pupuk kimia. Penggunaan pupuk kimia secara intensif dan berkepanjangan

telah menimbulkan berbagai permasalahan, seperti penurunan kualitas tanah, pencemaran lingkungan, serta risiko kesehatan^[1]. Selain itu, lonjakan harga pupuk kimia dan terbatasnya ketersediaan di pasaran juga semakin memberatkan petani, khususnya di daerah pedesaan seperti Dusun Tegal Rejo, Desa Lembeyan Wetan, Kabupaten Magetan, Jawa Timur, dimana penanaman padi dilakukan hingga 4 kali dalam setahun. Ketergantungan terhadap pupuk konvensional bukan hanya persoalan biaya, tetapi juga menjadi tantangan dalam aspek keberlanjutan sistem pertanian.

Dusun Tegal Rejo merupakan wilayah dengan potensi pertanian yang cukup tinggi, terutama pada komoditas padi, dengan wilayah persawahan yang cukup luas. Sebagian besar masyarakat di dusun ini menggantungkan hidupnya pada sektor pertanian, dimana padi umumnya ditanam di area persawahan sedangkan lahan kebun di wilayah hutan Wonodadi ditanami jagung dan kacang tanah^[2]. Kabupaten Magetan memiliki luas panen padi sawah sebesar 28.143 hektar dengan total produksi sekitar 167.802 ton gabah kering giling pada tahun 2022^[3]. Angka ini menunjukkan bahwa sektor pertanian, khususnya tanaman padi, masih menjadi tulang punggung ekonomi lokal. Kondisi tanah yang subur dan sistem irigasi yang relatif memadai menjadikan wilayah ini sangat cocok untuk pengembangan inovasi pertanian. Namun demikian, keterbatasan akses terhadap pupuk berkualitas dan biaya produksi yang terus meningkat seringkali menjadi kendala utama dalam meningkatkan produktivitas pertanian masyarakat. Berdasarkan observasi awal dan wawancara dengan beberapa petani lokal, banyak di antara mereka yang mengeluhkan kesulitan dalam memperoleh pupuk kimia bersubsidi serta harga pupuk non-subsidi yang semakin mahal.

Dalam menjawab tantangan tersebut, dibutuhkan inovasi berbasis sains dan teknologi, salah satunya adalah pengembangan pupuk cair berbasis nano-grafena dengan kandungan unsur hara N (nitrogen), P (fosfor), dan K (kalium). Grafena, sebagai material karbon dua dimensi dengan struktur heksagonal, memiliki sifat unik seperti luas permukaan spesifik yang sangat tinggi, konduktivitas termal dan listrik yang baik, serta stabilitas kimia yang tinggi^[4, 5]. Sifat-sifat ini memungkinkan grafena untuk berperan sebagai *carrier* yang efisien bagi unsur hara penting, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi oleh tanaman dan mengurangi kehilangan nutrisi akibat penguapan atau pencucian^[6, 7].

Lebih jauh, pupuk nano-grafena juga dapat dikembangkan sebagai bagian dari teknologi *quantum fertilizer*. *Quantum fertilizer* merupakan pupuk berbasis nanomaterial yang mampu mengoptimalkan penyerapan unsur hara melalui pengaktifan molekul dan struktur partikel pada level kuantum. Pupuk jenis ini mampu masuk langsung melalui stomata pada daun tanaman, berbeda dengan pupuk konvensional yang umumnya hanya diserap melalui akar. Dengan ukuran partikel di bawah 100 nm, pupuk nano-grafena/N/P/K cair dapat diserap dengan cepat oleh jaringan tanaman, meningkatkan efisiensi fotosintesis dan pertumbuhan vegetatif secara signifikan^[6, 7]. Selain itu, aplikasinya dalam bentuk cair memungkinkan distribusi yang merata dan lebih mudah digunakan oleh petani di lapangan. Teknologi ini juga memiliki potensi untuk menurunkan frekuensi pemupukan, sehingga secara langsung berdampak pada efisiensi biaya dan pengurangan residu kimia di lingkungan.

Pupuk nano-grafena/N/P/K cair yang diusulkan dalam program ini tidak hanya bertujuan sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan terhadap pupuk kimia konvensional, tetapi juga sebagai bentuk inovasi teknologi tepat guna yang dapat diaplikasikan langsung oleh petani. Selain mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia, teknologi ini juga diharapkan dapat meningkatkan hasil panen, menurunkan biaya produksi, dan menjaga keberlanjutan sistem pertanian di tingkat lokal. Inisiatif ini selaras dengan tema program Pengabdian kepada Masyarakat yang berbasis Material Maju dan Nanoteknologi, khususnya pada bidang Pengembangan Material Cerdas untuk Pertanian dan Maritim. Program pengabdian ini juga mendukung tujuan-tujuan dalam *Sustainable Development Goals (SDGs)*, antara lain: *SDG 2 (Zero Hunger)* melalui peningkatan produktivitas pangan lokal, *SDG 9 (Industry, Innovation and Infrastructure)* melalui penerapan inovasi berbasis nanoteknologi, dan *SDG 12 (Responsible Consumption and Production)* melalui pengurangan penggunaan pupuk kimia yang tidak ramah lingkungan.

Berdasarkan uraian di atas, maka kegiatan pengabdian ini diharapkan dapat menjadi langkah nyata dalam mendorong transformasi sistem pertanian lokal menuju arah yang lebih berkelanjutan dan berdaya saing melalui pemanfaatan teknologi material maju. Keberhasilan kegiatan ini juga berpotensi untuk direplikasi di wilayah pertanian lain dengan kondisi serupa, sehingga dampaknya dapat meluas secara nasional.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

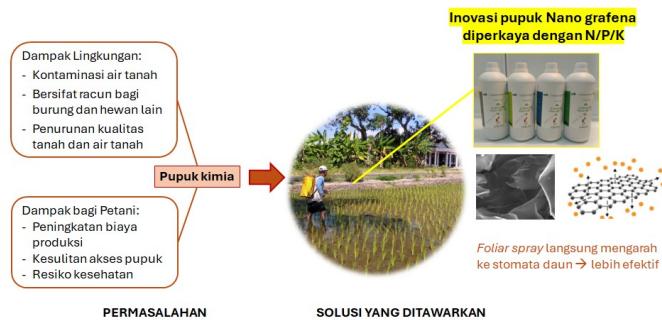
Untuk mengatasi permasalahan di atas, tim pengabdian menawarkan inovasi pupuk cair berbasis nano-grafena/N/P/K sebagai alternatif teknologi pemupukan yang efisien, ramah lingkungan, dan dapat diakses oleh petani lokal. Solusi ini merupakan bagian dari pengembangan *smart material* berbasis nanoteknologi yang mampu mendukung sektor pertanian secara lebih adaptif, presisi, dan berkelanjutan.

Pupuk ini menggabungkan nanoteknologi dengan unsur hara makro N, P, dan K, dengan grafena sebagai *carrier* yang memiliki luas permukaan besar, daya serap tinggi, dan sifat penghantar yang baik. Pupuk disusun dalam bentuk cair, sehingga dapat diaplikasikan langsung melalui metode semprot daun dan diserap secara cepat melalui stomata. Partikel berukuran nano (di bawah 100 nm) memungkinkan efisiensi penyerapan yang tinggi dan pengurangan kehilangan nutrisi akibat pencucian atau penguapan^[6, 7], serta mampu merespon kebutuhan tanaman secara lebih dinamis dan efisien, serta mempercepat proses metabolisme tanaman melalui mekanisme kerja berbasis interaksi kuantum partikel^[8]. Skema ilustrasi permasalahan dan solusi yang ditawarkan ditampilkan pada Gambar 1. Agar solusi yang ditawarkan dapat diterima dan diadopsi dengan baik oleh masyarakat mitra, maka strategi implementasi dilakukan melalui tahapan berikut: (i) edukasi dan sosialisasi teknologi nano-grafena, (ii) pelatihan dan demonstrasi langsung (*Demo Plot*), dan (iii) monitoring dan evaluasi efektivitas teknologi. Pelatihan yang diberikan tidak hanya terkait pupuk nano-grafena tetapi juga pelatihan pembuatan pupuk tabur sekam padi menggunakan alat pirolisis sederhana serta pembuatan katalis pemberah tanah.

1.3 | Target Luaran

Kegiatan pengabdian masyarakat ini ditargetkan menghasilkan luaran yang tidak hanya berdampak langsung pada peningkatan produktivitas pertanian di Dusun Tegal Rejo, Desa Lembayan Wetan, Magetan, tetapi juga memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi pertanian berkelanjutan. Adapun luaran utama dari program ini adalah:

- Edukasi dan peningkatan kapasitas petani terkait dampak pupuk kimia berlebih serta manfaat pupuk nano-grafena/N/P/K cair.
- Keterampilan baru melalui demo pembuatan pupuk tabur sekam padi, penggunaan alat pirolisis sederhana, dan aplikasi katalis pemberah tanah.
- Data evaluasi *demplot* padi sebagai data uji efektivitas aplikasi pupuk dan bahan perbaikan.
- Publikasi Ilmiah di Jurnal Sewagati ITS serta potensi pengembangan modul pelatihan bagi petani.
- Kontribusi *SDGs*, khususnya *SDG 2*, *SDG 9*, dan *SDG 12*.



Gambar 1 Skema ilustrasi permasalahan dan solusi yang ditawarkan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

2.1 | Manajemen Pemasaran

Pertanian padi di tanah asam dengan kandungan hara rendah memerlukan pendekatan pemberahan tanah dan pupuk yang efisien untuk meningkatkan produktivitas. *Biochar* dari sekam padi banyak diteliti sebagai bahan ameliorasi yang mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, seperti pH, retensi air, porositas, serta kandungan unsur hara yang tersedia. Sebagai contoh, penelitian di tanah Ultisol menunjukkan bahwa penambahan *biochar* sekam padi dan kompos pukas sapi meningkatkan ketersediaan N, P, dan K, serta pertumbuhan tanaman tomat^[9]. Penelitian lain pada *biochar* sekam padi dan jenis pupuk lain pada tanaman padi

di Inceptisol menemukan bahwa dosis *biochar* 10–20 t/ha dan aplikasi pupuk kompos/organik meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan, dan serapan fosfor (P) tanaman padi^[10].

Di sisi teknologi nano, penggunaan *nano-fertilizer* menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan efisiensi penggunaan hara tanaman, mengurangi kehilangan nutrisi akibat pencucian atau penguapan^[6, 7]. Mekanisme kerjanya mencakup ukuran partikel kecil (<100 nm) yang memungkinkan penyerapan melalui daun dan peningkatan respon metabolismik tanaman. Sebuah studi terhadap aplikasi *foliar nano* NPK pada tanaman Gobhi Sarson (*Brassica napus*) mendemonstrasikan bahwa keberadaan *nano*-pupuk meningkatkan pertumbuhan, hasil biji, dan kandungan protein serta minyak dibandingkan penggunaan pupuk konvensional saja^[11]. Selain itu, Jiang dkk. (2024) memperkenalkan “*quantum fertilizer*” berupa *silicon quantum dots (SiQD)* berukuran 2 nm yang diaplikasikan secara *foliar* pada bibit padi; hasilnya menunjukkan peningkatan pertumbuhan, penyerapan unsur, dan aktivasi jalur antioksidan melalui perubahan metabolisme nitrogen dan karbon^[12].

Walaupun terdapat banyak studi mengenai *biochar* sekam padi dan aplikasi pupuk organik, dukungan terhadap pupuk nano-grafena/N/P/K masih relatif terbatas, khususnya di konteks pertanian rakyat dengan musim tanam pendek dan intensitas tanam tinggi seperti di Magetan. Selain itu, penelitian lokal banyak fokus pada amendemen tanah dan jenis pupuk tradisional, sementara aspek penggunaan nanomaterial sebagai *carrier* unsur hara melalui aplikasi *foliar* belum banyak dieksplorasi. Oleh karena itu, kombinasi *biochar* sekam padi dan katalis pemberah tanah untuk memperbaiki struktur tanah dan retensi air, dengan pupuk *foliar* berbasis nano-grafena yang efisien dalam penyerapan hara, menawarkan peluang inovatif yang potensial untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan.

Studi ini merupakan kajian awal dalam penerapan pupuk *foliar* berbasis nano-grafena di lahan masyarakat secara langsung. Kajian lanjutan diperlukan untuk menguji efektivitas kombinasi inovasi ini dalam kondisi lapangan yang beragam, termasuk pengaruh musim, jenis tanah asam yang berbeda, pola irigasi, serta risiko lingkungan terkait akumulasi nanomaterial. Pengujian jangka panjang dengan melibatkan pengukuran produktivitas, kesehatan tanah, dan analisis biaya-manfaat bagi petani akan menjadi dasar penting dalam memastikan bahwa teknologi ini tidak hanya unggul secara ilmiah, tetapi juga layak diimplementasikan pada skala pertanian rakyat.

3 | METODE KEGIATAN

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian ini mengacu pada pendekatan *Participatory Action Research (PAR)*, yaitu pendekatan berbasis kolaborasi aktif antara tim pelaksana, mahasiswa, dan masyarakat mitra dalam setiap tahapan kegiatan. Metode ini memungkinkan masyarakat tidak hanya sebagai objek, tetapi juga sebagai subjek yang terlibat langsung dalam proses identifikasi masalah, pelatihan, implementasi teknologi, hingga evaluasi hasil. Adapun langkah-langkah kegiatan ditunjukkan pada Gambar 2 serta dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram alir kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang menampilkan tahapan pelaksanaan beserta luaran pada setiap tahap.

1. Observasi dan Identifikasi Masalah

Tim pengabdian melakukan survei awal ke lokasi mitra untuk menggali permasalahan yang dihadapi petani, khususnya terkait penggunaan pupuk konvensional. Data dikumpulkan melalui wawancara, *FGD*, dan dokumentasi lapangan.

2. Fabrikasi Pupuk Nano-Grafena/N/P/K Cair

Pupuk nano-grafena dalam bentuk cair di fabrikasi di laboratorium material maju, Dept. Fisika, ITS, menggunakan metode *bottom-up* dengan teknik dispersi *ultrasonic* dan enkapsulasi unsur hara makro (N, P, dan K). Teknik persiapan nano-grafena dari biomassa dapat ditemukan di referensi^[13].

3. Sosialisasi dan Pelatihan kepada Petani

Diselenggarakan pelatihan langsung kepada kelompok tani terkait manfaat, cara kerja, dan aplikasi pupuk nano-grafena cair. Materi disampaikan secara sederhana dan aplikatif dengan demo langsung pembuatan pupuk tabur berbasis sekam padi dan katalis pemberah tanah untuk memberikan keterampilan petani dalam mempersiapkan tanah sebelum penanaman padi.

4. Uji Aplikasi di Lahan Mitra (*Demplot*)

Kegiatan uji coba dilakukan di lahan milik salah satu petani mitra. Terdapat 3 variasi *demplot*: (i) *demplot* dengan aplikasi pupuk nano-grafena didukung dengan kohe, kascing, dan guano (*a.k.a.* tanpa kimia), (ii) *demplot* dengan aplikasi 50% pupuk kimia dan 50% pupuk nano-grafena & pendukung (*a.k.a.* 50:50), dan (iii) *demplot* dengan aplikasi pupuk kimia 100% (*a.k.a.* kimia). Luas masing-masing lahan *demplot* sekitar 160 m². Varietas padi yang ditanam adalah M70D yang umur panennya 70-85 hari, dengan usia pemberian 15 hari. Pupuk nano-grafena diaplikasikan melalui metode semprot daun dengan interval pemupukan sebagaimana dirangkum pada Tabel 1. Pemupukan dihentikan setelah padi mencapai usia 31 hari setelah tanam (*HST*).

5. Monitoring dan Pendampingan Lapangan

Perwakilan tim dosen atau mahasiswa melakukan kunjungan ke lokasi untuk memantau pertumbuhan tanaman, efektivitas pemupukan, dan kendala teknis yang dihadapi petani selama penerapan teknologi.

6. Evaluasi Hasil dan Penyusunan Laporan

Tim melakukan pengukuran hasil panen, efisiensi biaya pupuk, serta wawancara dengan petani untuk menilai persepsi dan manfaat dari inovasi ini.

Tabel 1 Rangkuman interval aplikasi pupuk nano-grafena melalui metode semprot daun.

Pemupukan ke-	Usia padi* (HST)	Jenis pupuk
1	9	Nano-grafena N dan P
2	13	Nano-grafena N dan K
3	18	Nano-grafena N, K, dan Si
4	21	Kascing, Guano dan Kohe
5	27	Nano-grafena N, K, dan Si
6	31	Nano-grafena N, K, dan Si

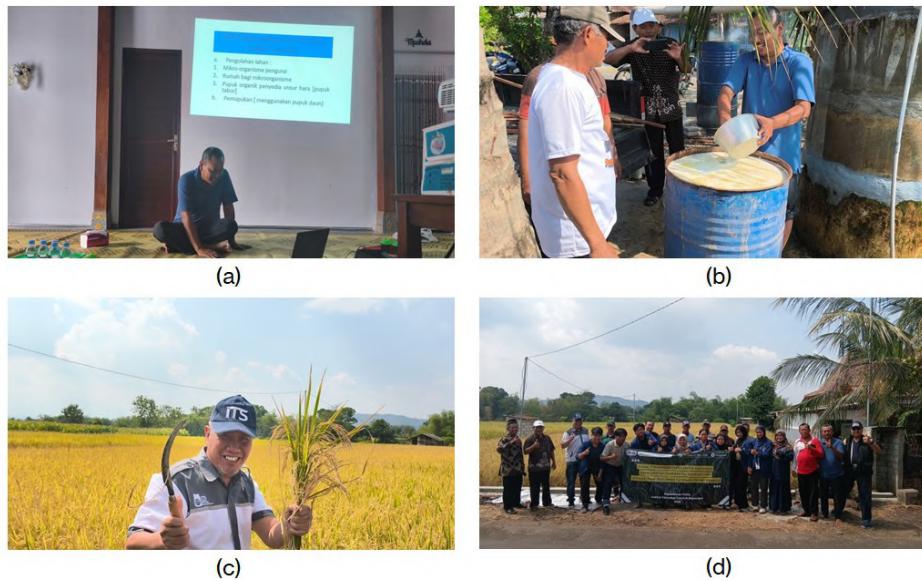
*terhitung dari masa tanam

4 | HASIL DAN DISKUSI

Gambar 3 menunjukkan *demplot* padi yang ditanam dan gambar padi dari masing-masing *demplot* pada usia 72 *HST*. *Demplot* padi tersusun dalam petak sawah dimana bagian paling atas adalah *demplot* 1 (tanpa kimia), berikutnya adalah *demplot* 2 (50:50), dan yang terbawah *demplot* 3 (kimia). Irigasi dikondisikan sedemikian rupa sehingga air dari setiap *demplot* tidak bercampur dengan *demplot* lainnya. Secara penampakan visual, pertumbuhan padi nampak serupa, meskipun pada usia 72 *HST*, *demplot* 3 tampak masih lebih hijau dibandingkan *demplot* lainnya. Padi telah siap dipanen pada usia sekitar 80 hari.



Gambar 3 (Atas) Susunan *demplot* padi dan padi berusia 7 hari setelah tanam (HST). (Bawah) Foto malai dan bulir padi berusia 72 HST dari masing-masing *demplot*.



Gambar 4 Dokumentasi kegiatan kunjungan lapangan: (a) Materi sosialisasi, (b) Pelatihan pembuatan katalis pembenah tanah dan pembuatan pupuk tabur berbasis sekam padi menggunakan alat pirolisis sederhana, (c) tim pengabdi memperlihatkan panen padi, dan (d) foto bersama tim abmas dengan kepada desa, ketua *Gapoktan*, dan perwakilan petani di Desa Lembayan Wetan, Magetan.

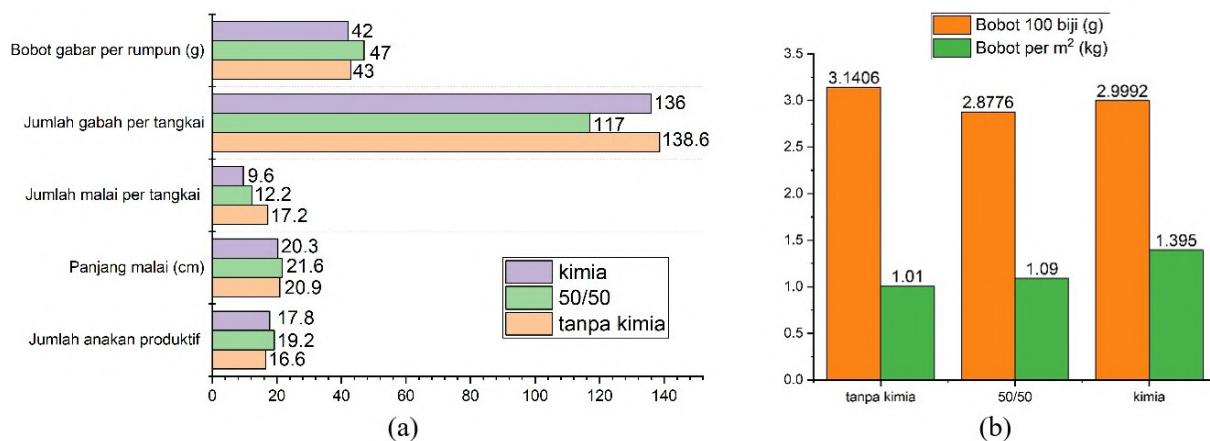
Kunjungan lapangan dilakukan pada Sabtu, 27 September 2025. Pada kunjungan ini juga dilakukan sosialisasi dan pelatihan pembuatan pupuk tabur berbasis sekam padi yang disiapkan melalui metode pirolisis menggunakan alat sederhana yang disiapkan oleh tim pengabdi. Alat ini memungkinkan untuk mengurangi oksigen selama proses pembakaran sehingga mengurangi

terbentuknya abu. Pupuk tabur ini dapat digunakan untuk membenahi tanah sebelum proses penanaman padi sebagai penyedia tambahan unsur hara dan rumah bagi mikroorganisme. Selain itu juga diberikan pelatihan pembuatan katalis pemberian tanah untuk mengembalikan kesuburan tanah dan menyediakan mikroorganisme penyubur tanah. Beberapa dokumentasi selama kegiatan kunjungan lapangan ditunjukkan pada Gambar 4. Kegiatan abmas ini mendapat sambutan dan antusias dari kepala, ketua *Gapoktan*, dan petani mitra desa Lembayan Wetan.

Evaluasi hasil panen dilakukan dengan menghitung jumlah anakan produktif pada usia 87 *HST*. Evaluasi generatif dilakukan dengan mengukur panjang malai, jumlah malai per tangkai, jumlah gabah per tangkai, dan bobot gabah per rumpun ketika usia 87 *HST*. Parameter tersebut diukur dari sampel 5 rumpun padi yang diambil secara acak pada masing-masing *demplot*. Hasil pengukuran dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2 Rangkuman evaluasi 5 sampling padi dari masing-masing *demplot* padi pada usia 87 *HST*.

Demplot	Parameter	Sampel-1	Sampel-2	Sampel-3	Sampel-4	Sampel-5
1 (tanpa kimia)	Jumlah anakan produktif	16	16	17	20	14
	Panjang malai (cm)	21	21,5	22	20,8	19,1
	Jumlah malai per tangkai	13	18	15	19	21
	Jumlah gabah per tangkai	151	129	155	138	120
	Bobot gabah per rumpun (g)	35	45	50	45	40
2 (50:50)	Jumlah anakan produktif	17	19	25	14	21
	Panjang malai (cm)	24	20	22	23	19
	Jumlah malai per tangkai	9	10	10	16	16
	Jumlah gabah per tangkai	129	102	136	136	82
	Bobot gabah per rumpun (g)	50	35	65	45	40
3 (kimia)	Jumlah anakan produktif	19	21	13	22	14
	Panjang malai (cm)	24,5	20	21	22	14
	Jumlah malai per tangkai	10	8	9	12	9
	Jumlah gabah per tangkai	158	140	154	136	92
	Bobot gabah per rumpun (g)	50	45	45	40	30



Gambar 5 (a) Rata-rata nilai parameter jumlah anakan produktif, panjang malai, jumlah malai per tangkai, jumlah gabah per tangkai dan bobot gabah per rumpun dari setiap *demplot* padi. (b) Bobot 100 biji dan bobot per m² dari masing-masing *demplot*.

Gambar 5(a) menunjukkan nilai rata-rata lima parameter pertumbuhan dan hasil padi pada tiga jenis *desplot* perlakuan. Secara umum, ketiga perlakuan menunjukkan pertumbuhan tanaman yang baik, namun terdapat variasi kinerja antar parameter. Dari hasil rata-rata, perlakuan 50:50 menunjukkan bobot gabah per rumpun tertinggi (47 g) dan panjang malai terpanjang (21,6 cm). Hal ini mengindikasikan bahwa kombinasi pupuk kimia dengan pupuk nano-grafena dan bahan organik menghasilkan efek sinergis yang meningkatkan pembentukan malai dan pengisian bulir. Perlakuan tanpa pupuk kimia menampilkan keunggulan pada jumlah gabah per tangkai (138,6) dan jumlah malai per tangkai (17,2), menunjukkan bahwa pupuk nano-grafena cair dan pupuk pendukung (kascing, guano dan kohe) mampu menggantikan peran pupuk kimia dalam merangsang pembentukan malai dan bulir padi. Sementara itu, perlakuan kimia penuh memperlihatkan performa yang stabil namun tidak unggul di semua aspek.

Secara visual, hasil ini menegaskan bahwa penerapan pupuk nano-grafena/N/P/K cair tidak hanya mampu mempertahankan pertumbuhan vegetatif yang baik, tetapi juga meningkatkan komponen hasil generatif seperti jumlah malai dan gabah per tangkai. Kombinasi 50:50 menjadi titik optimum bagi petani untuk beralih secara bertahap menuju sistem pemupukan ramah lingkungan tanpa kehilangan produktivitas.

Gambar 5(b) merupakan perbandingan bobot 100 biji gabah (g) dan bobot gabah per meter persegi (kg/m^2) dari ketiga perlakuan. Bobot 100 biji tertinggi dicapai pada perlakuan tanpa kimia (3,14 g), diikuti oleh kimia penuh (2,99 g) dan 50:50 (2,88 g). Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan pupuk nano-grafena mampu menghasilkan bulir gabah yang lebih beras dan padat, kemungkinan akibat peningkatan efisiensi penyerapan hara N, P, dan K yang didistribusikan langsung ke jaringan daun melalui mekanisme *foliar spray*. Untuk parameter bobot gabah per meter persegi, hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan kimia penuh ($1,395 \text{ kg}/\text{m}^2$), diikuti 50:50 ($1,090 \text{ kg}/\text{m}^2$), dan tanpa kimia ($1,010 \text{ kg}/\text{m}^2$). Meskipun perlakuan kimia masih memberikan hasil kuantitatif tertinggi, selisih produktivitas antara kimia dan tanpa kimia relatif kecil (sekitar 27%), sementara sistem tanpa kimia menawarkan keuntungan ekologis yang signifikan dan kualitas gabah yang lebih baik. Hasil evaluasi diatas menunjukkan bahwa pupuk nano-grafena/N/P/K cair memiliki potensi kuat sebagai alternatif berkelanjutan pengganti pupuk kimia, dengan kombinasi 50% kimia dan 50% organik sebagai strategi transisi ideal. Teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi pemupukan, menekan dampak lingkungan, serta menjaga produktivitas dan kualitas hasil panen padi di lahan pertanian intensif seperti di Desa Lembayan Wetan, Magetan.

Selain peningkatan aspek teknis, wawancara singkat dengan petani menyatakan respon positif terhadap teknologi pupuk nano-grafena, pupuk tabur berbasis sekam padi dan katalis pembenah tanah yang dinilai berpotensi mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan mendukung kemandirian melalui pemanfaatan bahan lokal. Hitungan kasar mengindikasikan potensi pengurangan biaya pembelian pupuk kimia hingga 30–50%. Namun, analisis ekonomi masih perlu dilakukan pada cakupan lahan yang lebih luas. Petani menyatakan ketertarikan untuk melanjutkan penggunaan teknologi ini, tetapi tetap membutuhkan pendampingan dan contoh keberhasilan yang nyata agar adopsi dapat berlangsung lebih luas. Dukungan kepala desa dan *Gapoktan* menjadi modal awal yang baik untuk penerapan teknologi secara berkelanjutan.

Ke depannya, masukan dari mitra ini akan menjadi pertimbangan dalam penyusunan strategi pendampingan dan evaluasi dampak yang lebih komprehensif pada musim tanam berikutnya. Penerapan teknologi pupuk nano-grafena/N/P/K cair diharapkan dapat dilakukan pada lahan pertanian yang lebih luas untuk memperoleh data produktivitas yang lebih representatif dan memastikan replikabilitas hasil. Namun, untuk mengoptimalkan potensi teknologi ini, diperlukan pembenahan tanah secara menyeluruh melalui penerapan pupuk tabur berbasis sekam padi yang diperkaya dengan kotoran hewan (kohe) serta penggunaan katalis pembenah tanah sebagai sumber mikroorganisme penyubur tanah yang dapat memperbaiki struktur dan aktivitas biologis tanah. Selain itu, pengaplikasian zat pengatur tumbuh (*ZPT*) organik perlu dipertimbangkan guna meningkatkan daya serap nutrisi dan efisiensi fotosintesis tanaman. Pendekatan terpadu ini akan mendukung sistem pertanian berkelanjutan yang tidak hanya berorientasi pada peningkatan hasil panen, tetapi juga pada kesehatan ekosistem tanah. Untuk menjamin keberlanjutan program, pendampingan kepada masyarakat harus terus dilakukan hingga petani mampu memproduksi pupuk secara mandiri, disertai pembuktian nyata terhadap peningkatan kualitas dan kuantitas padi yang dihasilkan.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang mengimplementasikan inovasi pupuk nano-grafena/N/P/K cair di Dusun Tegal Rejo, Desa Lembayan Wetan, Magetan, menunjukkan bahwa teknologi berbasis nanomaterial ini memiliki potensi tinggi sebagai alternatif berkelanjutan terhadap pupuk kimia konvensional. Tidak sekedar sosialisasi, masyarakat juga berlatih langsung

pembuatan pupuk tabur berbasis sekam padi dan katalis pemberah tanah. Hasil evaluasi *demplot* menunjukkan bahwa penggunaan pupuk nano-grafena, dikombinasikan dengan kohe, kasing dan guano, mampu meningkatkan kualitas gabah (bobot 100 biji) dengan perkiraan hasil 1,010 kg/m² atau sekitar 10 ton/hektar. Perlakuan kombinasi 50% pupuk kimia dan 50% pupuk nano-grafena memberikan hasil paling optimal pada bobot gabah per rumpun dan jumlah anakan produktif, menandakan adanya efek sinergis antara hara makro dari pupuk kimia dan kemampuan grafena dalam meningkatkan ketersediaan hara. Selain menghasilkan data empiris yang menjanjikan, kegiatan ini juga berhasil meningkatkan kapasitas dan kesadaran petani terhadap praktik pertanian ramah lingkungan berbasis teknologi nano.

Untuk pengembangan selanjutnya, aplikasi pupuk nano-grafena cair perlu diuji pada lahan pertanian dengan skala yang lebih luas guna memperoleh validasi hasil yang lebih komprehensif. Optimalisasi produktivitas juga disarankan melalui pemberahan tanah secara terpadu, yakni penggunaan pupuk tabur berbasis sekam padi yang dicampur kohe, katalis pemberah tanah sebagai sumber mikroorganisme penyubur, serta penambahan zat pengatur tumbuh (*ZPT*) organik. Pendampingan dan pelatihan kepada masyarakat perlu dilanjutkan secara berkelanjutan hingga petani benar-benar mandiri dalam memproduksi dan menerapkan pupuk berbasis nano-grafena, sehingga manfaat ekonomi, ekologis, dan sosial dari inovasi ini dapat dirasakan secara nyata dan berkelanjutan di tingkat lokal maupun regional.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui skema dana pengabdian kepada masyarakat berbasis produk dengan kontrak nomor 1990/PKS/ITS/2025. Kami mengucapkan terima kasih kepada kepala desa, ketua *GAPOKTAN* dan petani mitra di Desa Lembayan Wetan. Kegiatan abmas ini juga didukung oleh 9 mahasiswa *KKN* dari Dept. Fisika ITS: Lailatul Fitri, Muhammad, Niasari Lase, Zakia Ahmad, Rumaisyah Qurrotul A'yun, Ayu Adiningsih, Haidar Fathur Robbani, Luthfi Farha Marhadingsih, Dede Romeo Dwi Rizqy Fahrezi.

Referensi

1. Sartohadi J, Sutanto R, Darmosarkoro W. Dampak penggunaan pupuk kimia terhadap kesehatan dan lingkungan. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 2020;18(2):125–134.
2. Asih R, Nurdiansah H, Sudarsono, Anggoro D, Mubarok F, Zainuri M, et al. Rancang Bangun Mesin Terintegrasi Dual Fungsi: Penanam Benih Jagung dan Pengembur Tanah untuk Meningkatkan Efisiensi Pertanian Jagung Poktan LMPSDH Wonodadi di Desa Lembayan Wetan. *Sewagati* 2024;8(3):1749–1756.
3. Badan Pusat Statistik Kabupaten Magetan. Kabupaten Magetan dalam Angka 2023. Magetan: BPS Magetan; 2023.
4. Geim AK, Novoselov KS. The rise of graphene. *Nature Materials* 2007;6(3):183–191.
5. Darminto, Baqiya MA, Asih R. Pengembangan bahan karbon dari biomassa. Surabaya: ITS Press; 2018.
6. Khot LR, Sankaran S, Maja JM, Ehsani R, Schuster EW. Applications of nanomaterials in agricultural production and crop protection: A review. *Crop Protection* 2012;35:64–70.
7. Singh D, Kumar A, Singh S. Quantum fertilizers: A novel nano-approach to boost plant productivity. *Nanotechnology in Agriculture* 2021;11(2):89–104.
8. Yadav A, Yadav K, Abd-Elsalam KA. Nanofertilizers: Types, Delivery and Advantages in Agricultural Sustainability. *Agrochemicals* 2023;2(2):296–336.
9. Mariska R, Indrawati UC, Riduansyah R. Pengaruh kombinasi biochar sekam padi dan kompos pukan sapi terhadap ketersediaan NPK dan pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicum Esculentum L.*) di tanah ultisol. *Jurnal Sains Pertanian Equator* 2026;15(1):110–121.
10. Widijanto H, Rissanti SRN, Suntoro, Syamsiyah J. Pengaruh biochar sekam padi dan macam pupuk terhadap pertumbuhan dan serapan P padi. *Agrotechnology Research Journal* 2023;7(2):85–92.

11. Konjengbam S, Menon S. Potential of foliar applied nano fertilizer in improving the growth, yield, and quality of Gobhi Sarson (*Brassica napus*). *International Journal of Plant & Soil Science* 2024;36(6):938–945.
12. Jiang H, Wang H, Qian C, Yang Z, Yang Z, Yang D, et al. A New type of quantum fertilizer (silicon quantum dots) promotes the growth and enhances the antioxidant defense system in rice seedlings by reprogramming the nitrogen and carbon metabolism. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2024;72(5):2526–2535.
13. Asih R, Nurdiansah H, Zainuri M, Khaerudini DS, Setiawan AT, Dias AY, et al. Simple and high-yield synthesis of a thinner layer of graphenic carbon from coconut shells. *Journal of Renewable Materials* 2024;12(5):969–979.

Cara mengutip artikel ini: Asih, R., Nurdiansah, H., Priyanto, B., Baqiya, M. A., Zainuri, M., Darminto, D., (2025), Inovasi Pupuk Nano-Grafena/N/P/K Cair sebagai Upaya Pengurangan Pupuk Kimia pada Pertanian Padi di Dusun Tegal Rejo, Lembayan Wetan, Magetan, *Sewagati*, 9(6):1600–1609, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i6.9082>.