

## OPTIMASI PENGGUNAAN KEMBALI LIMBAH KARBON AKTIF INDUSTRI VETSIN SEBAGAI BIOCHAR MENGGUNAKAN TAGUCHI ORTHOGONAL ARRAY L4

### Optimising The Reuse Of Vetsin Industry Activated Carbon Waste As Biochar Using The Taguchi Orthogonal Array L4

Anggra Setiyo Irnanto<sup>1\*</sup>, Fourry Handoko<sup>2</sup>, Dimas Indra Laksana<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Magister Program Studi Teknik Industri, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang, Indonesia

<sup>2)</sup> Dosen Program Studi Teknik Industri, Program Pascasarjana, Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang, Indonesia

Diterima redaksi: 31 Agustus 2024/ Direvisi: 26 Oktober 2024/ Disetujui: 02 November 2024/

Diterbitkan online: 27 Desember 2024

DOI: 10.21111/agrotech.v10i2.12585

**Abstrak.** PT. XY merupakan perusahaan yang memproduksi vetsin dan termasuk industri pangan. Perusahaan ini memanfaatkan sumber daya material secara besar-besaran untuk pengembangan industrinya, yang berdampak pada lingkungan. Limbah karbon aktif merupakan hasil dari proses penyerapan warna larutan. Masalahnya yaitu limbah yang dihasilkan menyebabkan pencemaran pada lingkungan perusahaan dan tidak dapat di simpan lama. Limbah karbon yang dihasilkan rata-rata pada Bulan Januari sampai Desember 2023 yaitu 86.40 ton. Oleh karena itu, diperlukan pemanfaatan kembali limbah karbon aktif menjadi biochar atau pupuk karbon. Strategi pengolahan dengan melakukan eksperimen menggunakan metode taguchi. Identifikasi masalah dengan pendekatan yang mengacu pada *Responsible Waste Management Hierarchy*, serta membatasi pelaksanaan eksperimen pada prinsip *reuse* atau guna-ulang. Metode Taguchi *Orthogonal Array L4* dipilih untuk desain eksperimen karena lebih hemat biaya dibandingkan DOE lainnya serta signal noise sudah bisa diprediksi. Penelitian ini melalui metode eksperimental dengan tujuan mengetahui pengaruh media tanam biochar dari limbah karbon aktif terhadap pertumbuhan tanaman kangkung (gr) serta mendapatkan variasi komposisi yang optimal. Hasilnya, diperoleh desain optimasi dengan bahan limbah karbon basah, konsentrasi biochar 25%, kondisi cahaya terang, dengan nilai n-gain 4,49 menghasilkan kategori *improve* peningkatan tinggi. Perbandingan kualitas biochar dengan *Charcoal Powder* dari *Workplant Store* sesuai dengan standar SNI 06-3730-1995. Pada produk biochar dari limbah karbon aktif terdapat kandungan *glutamate* sebesar 0.345 g/dL yang merupakan asam amino yang baik untuk pertumbuhan tanaman.

**Kata Kunci:** Biochar, limbah karbon aktif, penggunaan kembali, taguchi,.

**Abstract.** PT XY is a company producing vetsin in the food industry. The company makes extensive use of material resources for its industrial development, which has an impact on the environment. Waste-activated carbon is the result of the color absorption process of the solution. The problem is that the waste generated causes pollution to the company's environment and cannot be stored for long. The average carbon waste generated from January to December 2023 is 86.40 tonnes. Therefore, it is necessary to reuse activated carbon waste into biochar or carbon fertilizer. Processing strategy by conducting experiments using the Taguchi method. Problem identification with an approach that refers to the *Responsible Waste Management Hierarchy*, and limits the implementation of experiments to the principle of reuse. The Taguchi *Orthogonal Array L4* method was chosen for the experimental design because it is more cost-effective than other DOEs and the signal noise is predictable. This research was conducted through experimental methods to know the effect of biochar planting media from activated carbon waste on the growth of kale plants (gr) and get optimal composition variations. As a result, an optimization design was obtained with wet carbon waste material, 25% biochar concentration, and bright light conditions, with an n-gain

# Optimasi Penggunaan Kembali Limbah Karbon Aktif Industri Vetsin Sebagai Biochar Menggunakan Taguchi Orthogonal Array L4

value of 4.49 resulting in a high improvement category. Comparison of biochar quality with Charcoal Powder from Workplant Store by SNI 06-3730-1995 standard. In biochar products from activated carbon waste, there is a glutamate content of 0.345 g/dL which is a good amino acid for plant growth.

**Keywords:** Biochar, reuse, taguchi, waste activated carbon.

Korespondensi email: anggrasasa@gmail.com

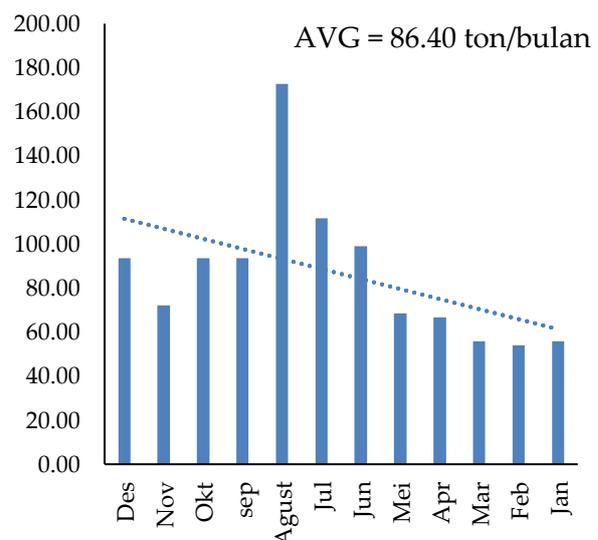
Alamat: Jl. Sigura - Gura No.2, Sumbersari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65145, Indonesia

## PENDAHULUAN

Industri pangan memiliki potensi besar untuk terus melakukan perbaikan berkelanjutan dalam berbagai aspek seperti produksi, sumber daya, energi, dan pengelolaan limbah. Tujuan dari perbaikan ini adalah untuk mencapai penghematan biaya, meningkatkan efisiensi, dan mendukung terciptanya industri hijau. Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menyatakan bahwa industri Bahan Tambahan Pangan (BTP) mencakup berbagai jenis aditif pangan, seperti pengawet (asam benzoat), pewarna (tartrazin, karoten, dan karamel), pemanis (aspartam, sakarin, sukralosa, dan stevia), perisa (monosodium glutamat (MSG), vanilin, serta ekstrak alami atau sintetis lainnya), pengemulsi (lesitin, mono-digliserida, dan polisorbitat), pengental dan penstabil (gelatin, pektin, dan guar gum), pengatur keasaman (asam sitrat, natrium bikarbonat, dan kalsium laktat), serta antioksidan (asam askorbat (vitamin C), tokoferol (vitamin E), dan BHA/BHT) (Badan POM RI, 2022).

PT. XY adalah perusahaan terbesar yang memproduksi vetsin. Salah satu limbah yang dihasilkan adalah karbon aktif, yang berasal dari sisa proses *adsorpsi* produk *inline* (*neutralizer liquor*). Tantangan yang dihadapi adalah limbah karbon dari proses produksi ini berpotensi mencemari lingkungan, ditambah dengan kapasitas *Solar Dryer* yang tidak mencukupi. Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah dapat menyebabkan pencemaran lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. PT. XY berupaya mereduksi limbah karbon dan

meningkatkan nilai tambahnya. Langkah ini juga bertujuan untuk mencapai visi global perusahaan, yaitu *Green Industry*, dengan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan melalui pemanfaatan sumber daya yang efisien dan praktik produksi yang berkelanjutan. Prinsip 3R (*Reuse, Reduce, Recycle*) mendukung visi ini dengan memanfaatkan kembali produk atau bahan (*reuse*), mendorong pengurangan limbah (*reduce*), dan mendaur ulang material (*recycle*), sehingga mengurangi konsumsi sumber daya alam dan emisi polusi yang dihasilkan oleh industri. Dengan menerapkan prinsip 3R, industri dapat menjadi lebih ramah lingkungan dan berkontribusi pada pembangunan ekonomi yang berkelanjutan. Dari jumlah limbah karbon yang dihasilkan tiap bulan pada tahun 2023 dengan rata-rata 86.40 ton, diperlihatkan pada gambar 1.



**Gambar 1.** Jumlah *waste carbon* Jan-Des 2023 (Ton) (Sumber : diolah oleh penulis)

Karbon aktif digunakan secara luas di

berbagai sektor industri, seperti untuk memisahkan dan menghilangkan zat warna serta polutan dari air limbah, serta dalam proses penyaringan air (Lubis *et al.*, 2020). Selain itu, arang aktif juga banyak dimanfaatkan dalam industri kimia, makanan dan minuman, serta farmasi. Penggunaan karbon aktif secara besar-besaran di berbagai industri pangan dapat menyebabkan penumpukan limbah karbon jika tidak dikelola dengan baik. Penelitian terkait limbah karbon telah mengkaji potensinya sebagai sumber daya dan peranannya dalam mitigasi perubahan iklim. Sebagai contoh, Ardiasyah *et al.* (2017) melakukan penelitian di PT. Petronika, sebuah perusahaan kimia yang memproduksi DOP (*Diocetyl phthalate*), dimana limbah yang dihasilkan adalah limbah karbon aktif yang tergolong berbahaya dengan kode CA dan dalam bentuk padat, mencapai sekitar 2,5-3 ton per tahun. Limbah karbon ini diolah dan dimanfaatkan sebagai bahan campuran dalam pembuatan beton ringan sebagai pengganti agregat halus. Setiawan *et al.* (2021) juga meneliti sintesis karbon aktif dari limbah lumpur aktif industri gula yang digunakan sebagai adsorben untuk limbah logam berat Cu(II). Sementara itu, Johan *et al.* (2015) dalam penelitiannya mereaktivasi arang aktif dari limbah karbon depot air minum isi ulang di Pontianak, Kalimantan Barat, menggunakan bahan pengaktif seperti Natrium Hidroksida (NaOH) 1%, Asam Klorida (HCl) 36%, Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) 10%, dan Kalium Hidroksida (KOH) 25%. Dalam pendekatan pengolahan yang memanfaatkan konsep *reuse*, karbon akan digunakan sebagai pupuk untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman. Menurut Plaza *et al.* (2016), penerapan biochar pada tanah memiliki beberapa manfaat, termasuk peningkatan kandungan karbon, peningkatan ketersediaan air tanah, retensi nutrisi yang lebih baik, peningkatan kapasitas tukar kation, koreksi terhadap keasaman tanah,

pembentukan habitat mikroba tanah, serta pengendalian patogen tanaman.

Penelitian ini menggunakan metode Taguchi, yang merupakan pendekatan dalam *Design of Experiment* (DoE) dan menjadi elemen penting untuk mencapai kualitas tinggi dengan biaya yang minimal (Nekere, 2012). *Design of Experiment* adalah proses yang melibatkan penerapan perlakuan tertentu pada suatu objek untuk memahami pengaruh perlakuan tersebut terhadap faktor lain dalam kondisi yang dikendalikan. Tujuan dari metode ini adalah untuk meningkatkan kualitas produk dan proses produksi. Menurut Bagchi (2013), metode Taguchi bertujuan untuk meningkatkan kemampuan proses dan mengurangi variasi yang terjadi dalam produksi. Metode ini mengkombinasikan hasil eksperimen dengan mengidentifikasi faktor dan level optimal, sekaligus mengurangi jumlah percobaan untuk menghemat waktu dan biaya (Muharom dan Siswadi, 2015). Hasil dari metode ini adalah kombinasi faktor dan level yang kuat terhadap gangguan atau noise (Liu *et al.*, 2019). Dengan menggunakan metode Taguchi, perusahaan dapat mencapai peningkatan kualitas yang signifikan dengan sumber daya yang lebih sedikit, serta menghasilkan produk yang lebih andal dan tahan terhadap variasi eksternal dibandingkan metode seperti faktorial penuh, faktorial parsial, desain acak lengkap, blok acak lengkap, atau *latin square*. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk mengetahui pengaruh media tanam biochar dari limbah karbon aktif terhadap pertumbuhan tanaman kangkung (gr) serta mendapatkan variasi komposisi yang optimal.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini akan menggunakan metode eksperimental. Penelitian ini akan dilakukan di area operasional PT. XY di Jawa Timur dengan tujuan mengoptimalkan pengolahan karbon limbah melalui guna-

## Optimasi Penggunaan Kembali Limbah Karbon Aktif Industri Vetsin Sebagai Biochar Menggunakan Taguchi Orthogonal Array L4

ulang menjadi biochar. Objek penelitian adalah limbah karbon aktif yang dihasilkan dari proses produksi, sementara populasi penelitian terdiri dari karbon limbah di *Solar Dryer* pada area penyimpanan.

Pengambilan sampel dimulai dengan menentukan luas area *Solar Dryer* untuk membagi beberapa titik pengambilan sampel. Teknik pengambilan sampel padatan mengikuti SNI 19-0428-1998, di mana sampel diambil dengan variasi waktu penyimpanan dari beberapa titik area dan kemudian dicampur menjadi satu sampel campuran. Sampel campuran ini kemudian dijadikan sebagai sampel primer. Dalam penelitian ini, eksperimen akan dilakukan pada sampel dalam kondisi basah dan kering. Langkah-langkah penelitian yang akan dilakukan dengan metode taguchi seperti di bawah ini.

### Pemilihan Optimasi.

Pemilihan optimasi kualitas biochar yang akan diteliti didasarkan pada standar SNI 06-3730-1995. Pendekatan *reuse* dalam perancangan ini melibatkan penggunaan kembali untuk fungsi lain. Strategi yang diterapkan adalah memanfaatkan limbah karbon menjadi pupuk karbon atau biochar. Penelitian ini berfokus pada optimasi kualitas media tanam dengan pupuk karbon untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman atau sayuran. Pertumbuhan diukur berdasarkan percepatan pertumbuhan tanaman atau sayuran dari penyemaian hingga hari ke-25 (masa panen) dengan mengukur berat tanaman. Karakteristik pertumbuhan yang diukur menunjukkan bahwa semakin tinggi, besar, atau berat tanaman, maka semakin baik hasilnya (*larger-the-better*).

### Identifikasi dan pemilihan faktor kendali karakteristik biochar.

Identifikasi dan pemilihan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi karakteristik kualitas biochar yaitu material

yang digunakan untuk menyusun pupuk karbon terdiri dari limbah karbon basah dan limbah karbon kering, dengan masing-masing faktor memiliki 2 level. Dosis yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 level faktor, yaitu 10% dan 25% dari total campuran dengan tanah. Intensitas cahaya terdiri dari dua tingkat, yaitu kondisi redup (*paranet*) dan terang. Selain itu, faktor benih yang digunakan meliputi varietas unggul dan benih yang cacat/tidak unggul, yang tidak dapat dikendalikan.

Penentuan faktor-faktor kendali (Tabel 1), faktor noise (tabel 2) serta penentuan level faktor. Pada langkah ini, ditentukan faktor-faktor yang mempengaruhi karakteristik kualitas biochar. Faktor-faktor tersebut dibagi menjadi dua kategori: faktor kendali dan faktor tak terkendali (*noise factors*). Faktor kendali yang dipertimbangkan dalam percobaan ini meliputi 1) bahan baku; 2) dosis biochar dan 3) Intensitas cahaya. Sementara itu, faktor noise yang termasuk dalam penelitian ini adalah varietas benih.

**Tabel 1.** Faktor Kendali dan Levelnya

Kode	Faktor Kendali	Lv.1	Lv.2
A	Bahan baku.	WC basah	WC kering
B	Dosis <i>biochar</i>	10%	25%
C	Intesitas cahaya	redup ( <i>paranet</i> )	terang

**Note :** WC = *waste carbon* (limbah karbon)

**Tabel 2.** Faktor Noise dan Levelnya

Kode	Faktor Noise	Lv.1	Lv.2
D	Varietas benih	Unggul	Cacat

### Pemilihan matriks ortogonal

Matriks dasar L4 (tabel 3) digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor kendali.

Tabel 3. Orthogonal Array L4 Standar

Trial No	Columns		
	1	2	3
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

### Pelaksanaan eksperimen.

Persiapkan semua bahan dan peralatan yang akan digunakan dalam percobaan. Bahan baku meliputi WC basah dan kering, serta biochar dari merk *Charcoal Powder* yang dibeli di *WorkPlant Store* sebagai pembanding. Peralatan yang digunakan mencakup sekop kecil, tray semai, wadah plastik, dan lainnya. Langkah pertama adalah menimbang semua bahan dan tanah. Dosis yang digunakan adalah 10% dan 25% biochar dari total campuran. Misalnya, dalam campuran 100 gram gunakan 10 gram biochar untuk dosis 10% dan 25 gram biochar untuk dosis 25%. Campurkan hingga merata dan tempatkan dalam *tray* semai. Benih yang digunakan adalah sayur kangkung merk Kangkung Cabut Super dari Super Benih store diperlihatkan gambar 02.



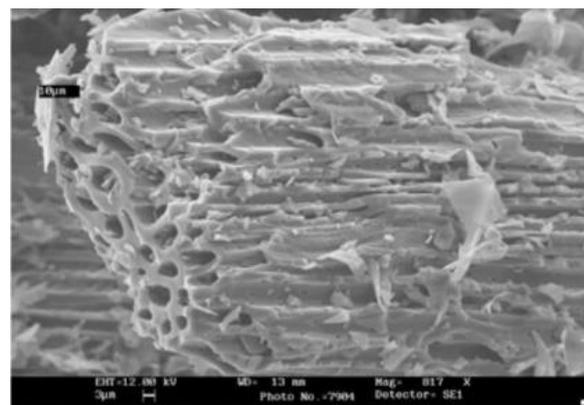
Gambar 2. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian

### Pengolahan data

Pengolahan data mencakup uji normalitas data, uji homogenitas variansi, perhitungan Analisis Varians (ANOVA) nilai rata-rata, perhitungan Analisis Varians (ANOVA) rasio sinyal terhadap Noise (SNR), prediksi nilai S/N dan S/N yang ada untuk optimasi nilai berat pertumbuhan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam pengolahan yang menggunakan pendekatan *reuse*, karbon akan dimanfaatkan sebagai pupuk untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman. Menurut Plaza *et al.* (2016), penerapan biochar pada tanah memiliki beberapa manfaat, seperti peningkatan kandungan karbon, peningkatan ketersediaan air tanah, retensi nutrisi yang lebih baik, peningkatan kapasitas tukar kation, koreksi keasaman tanah, pembentukan habitat mikroba, dan pengendalian patogen tanaman. Dalam penelitian ini, limbah karbon digunakan sebagai biochar, dengan membandingkan pertumbuhan sayuran kangkung untuk menilai apakah limbah karbon tersebut dapat berfungsi sebagai biochar atau tidak, berdasarkan aspek pertumbuhannya. Gambar mikroskop dari biochar dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Biochar dilihat dengan mikroskop

Hasil eksperimen mengenai pertumbuhan sayuran ditampilkan pada Tabel 4. Berdasarkan pernyataan Singgih Santoso (2014) dalam website

**Optimasi Penggunaan Kembali Limbah Karbon Aktif Industri Vetsin Sebagai Biochar  
Menggunakan Taguchi Orthogonal Array L4**

spssindonesia.com/2014, data dianggap berdistribusi normal (simetris) dalam uji *Shapiro-Wilk* jika nilai Sig. lebih besar dari 0.05 karena data kurang dari 50. Berdasarkan nilai berat kangkung (Tabel 5) menunjukkan bahwa setiap eksperimen dilakukan sebanyak 4 kali, yang terlihat dari nilai df dengan total 16. Nilai statistik berkisar antara 0 hingga 1, di mana nilai yang mendekati 1 menunjukkan data lebih mendekati distribusi normal. Dari keempat percobaan, nilai Sig (p-value) lebih besar dari 0,05 yang berarti H0 diterima, dan berat (gram) dari hasil penelitian berdistribusi normal.

**Tabel 4.** Data hasil eksperimen untuk variabel respon pertumbuhan sayuran

				L4 OA (Outer Array)			
				D			
L4 IA (Inner Array)			1		2		
A	B	C	Berat kangkung (gram)				
Column Number			Y1	Y2			
Ex	1	2	3				
1	1	1	1	21.3	30.4	25.6	28.4
2	1	2	2	42.2	52.6	45.2	49.2
3	2	1	2	39.8	35.9	41.3	49.2
4	2	2	1	25.3	28.6	29.1	25.3

**Tabel 5.** Output nilai berat kangkung (dalam gram) dari uji normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk*

Experiment		Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.
Hasil berat (gr)	Exp1	0.968	4	0.83
	Exp2	0.983	4	0.92
	Exp3	0.940	4	0.65
	Exp4	0.782	4	0.07

Selain itu, berdasarkan uji homogenitas variansi (tabel 6) menunjukkan bahwa Levene Statistic mencerminkan nilai statistik, dimana df1 adalah derajat kebebasan untuk pembilang, df2 adalah derajat kebebasan untuk penyebut, dan p-value atau Sig. adalah nilai probabilitas. Berdasarkan tabel tersebut, dapat disimpulkan bahwa varians antar percobaan adalah sama (homogen).

**Tabel 6.** Output berat kangkung (gram) uji homogenitas variansi

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
0.738	3	12	0.550

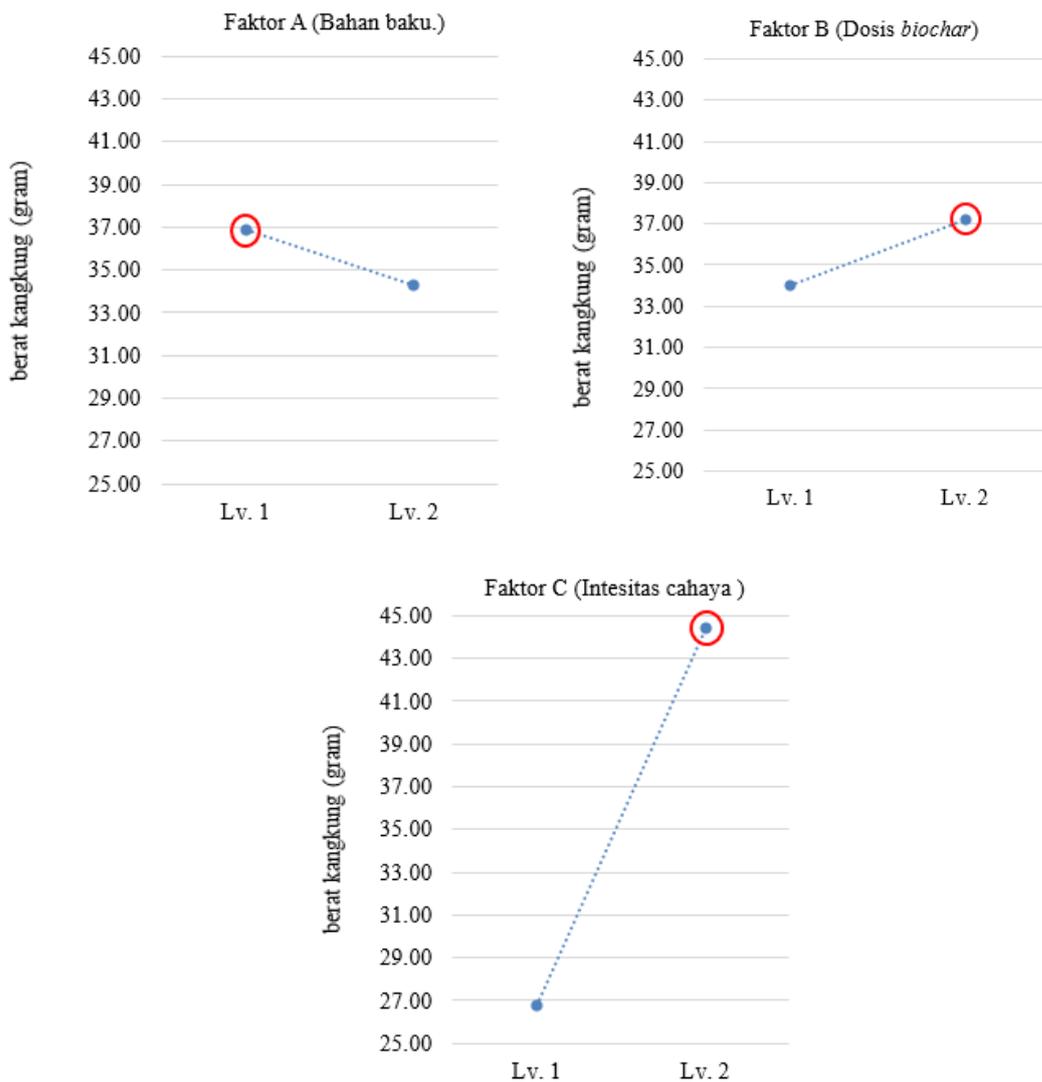
Kondisi optimal dapat dipilih berdasarkan karakteristik kualitas dengan prinsip 'larger the better', yaitu berdasarkan berat kangkung (dalam gram). Hal ini karena nilai berat kangkung (dalam gram) mencerminkan karakteristik kualitas yang ingin dicapai dalam penelitian.

**Faktor A dengan level 1 (A1) =**  $\sum$  rata-rata level 1 pada faktor A / 3

Berdasarkan data dari tabel respons (tabel 8), kombinasi level faktor yang optimal tercapai pada nilai rata-rata respons berat kangkung (gram) dengan nilai tertinggi dari setiap faktor, yaitu pada faktor C2. Grafik yang menunjukkan pengaruh faktor dapat dilihat pada gambar 4.

**Tabel 8.** Rata-rata respons data.

Faktor	A	B	C
Lv. 1	36.88	34.00	26.77
Lv. 2	34.31	37.20	44.43
Selisih	2.57	3.20	17.66
Optimal	A1	B2	C2
Ranking	3	2	1



Gambar 4. Grafik respon rata-rata dari pengaruh faktor

**Analisis Varians (ANOVA) Rasio Sinyal terhadap Noise (SNR)**

Karakteristik kualitas berdasarkan nilai berat kangkung (gram) menunjukkan bahwa semakin tinggi nilainya, semakin baik kualitasnya, sesuai dengan persamaan SNR untuk jenis karakteristik LTB (Larger the Better).

$$SNR_{LTB} = -10 * \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

**Contoh perhitungan**

$$SNR1 = -10 * \log [1/4*((1/21.3^2)+....+(1/28.4^2))] = 28.21$$

Tabel SNR untuk variabel respon nilai berat kangkung (gram) dapat dilihat pada tabel 9. Kondisi optimal dapat ditentukan berdasarkan karakteristik kualitas "larger the better," yang dalam hal ini diukur dari nilai berat kangkung (gram). Penilaian yang lebih tinggi terhadap kualitas menunjukkan karakteristik kualitas yang ingin dicapai dalam percobaan.

**Tabel 9.** Data SNR untuk variabel respon nilai berat kangkung (gram).

L4 OA (Outer Array)										
D										
L4 IA				1		2		Calculation		
A	B	C	berat kangkung (gram)							
Column Number				Y1		Y2		Mean	Variance	S/N Larger-the-better
Ex	1	2	3							
1	1	1	1	21.3	30.4	25.6	28.4	26.45	15.53	28.21
2	1	2	2	42.2	52.6	45.2	49.2	47.31	21.06	33.41
3	2	1	2	39.8	35.9	41.3	49.2	41.54	31.43	32.20
4	2	2	1	25.3	28.6	29.1	25.3	27.08	4.20	28.60
<i>Rata-rata S/N</i>										30.60

Hasil lain yang didapatkan yaitu kombinasi level faktor yang optimal tercapai pada nilai SNR respon dengan berat kangkung (gram) tertinggi dari setiap faktor, yaitu pada faktor C2 (Tabel 10). Sedangkan data rekapitulasi faktor terhadap S/N dan mean dapat dilihat pada Tabel 11. Grafik yang menunjukkan pengaruh faktor dapat ditemukan pada Gambar 5.

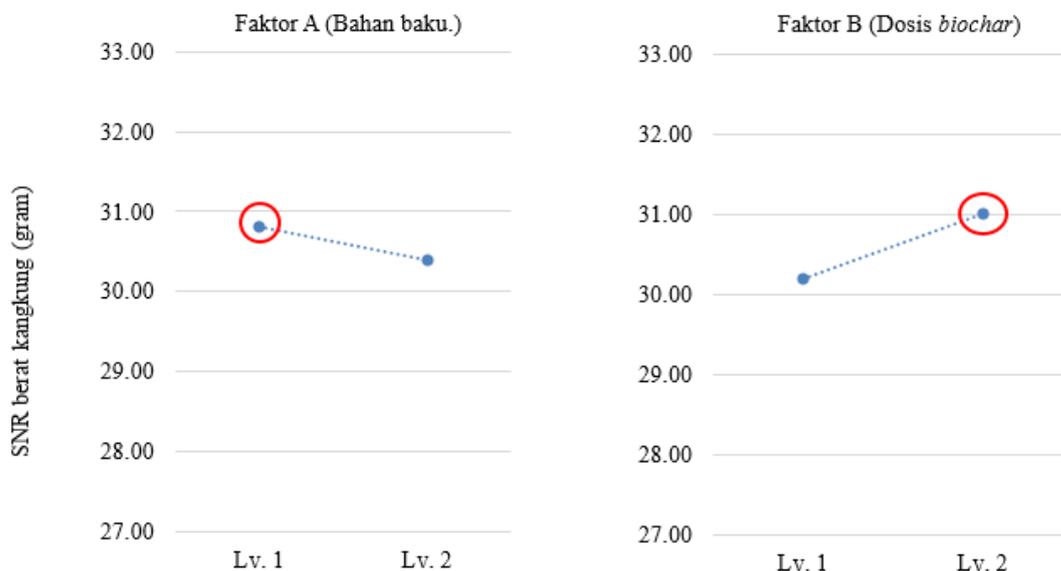
Optimal	A1	B2	C2
Ranking	3	2	1

**Tabel 10.** Data rata-rata SNR dari pengaruh faktor.

Faktor	A	B	C
Lv. 1	30.81	30.21	28.40
Lv. 2	30.40	31.00	32.81
Selisih	0.41	0.80	4.40

**Tabel 11.** Data Faktor, S/N dan Mean

Faktor	S/N	Mean
A1	30.81	36.88
A2	30.40	34.31
B1	30.21	34.00
B2	31.00	37.20
C1	28.40	26.77
C2	32.81	44.43



**Gambar 05.** Grafik SNR dari pengaruh faktor



Gambar 5. (Lanjutan) Grafik SNR dari pengaruh faktor

**Prediksi nilai S/N dan S/N yang ada untuk optimasi nilai berat pertumbuhan.**

Prediksi komposisi terbaik untuk optimasi nilai berat kangkung (gram), yaitu kombinasi A1, B2, C2 (Bahan baku WC basah, dosis biochar 25%, dan intensitas cahaya terang). Nilai baseline atau existing diperoleh dari variasi setiap faktor berdasarkan pertumbuhan yang diukur dalam percobaan menggunakan pupuk karbon Merk. Carchoal Powder ex. workplant.

Diketahui bahwa nilai rasio S/N optimal untuk optimasi berat kangkung (gram) adalah 33,41, sehingga menggunakan persamaan yang ada, berat kangkung (gram) dapat dihitung sebagai berikut:

$$SNR_{LTB} = -10 * \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$$

$$33.41 = -10 \log [1/1 \sum 1/y_i^2]$$

$$33.41 = -10 \log 1/y_i^2$$

$$-3.3341 = \log 1/y_i^2$$

$$y_i = \sqrt{10^{3.3341}}$$

$$y_i = 46.46$$

**Tabel 12.** Perkiraan nilai S/N dan S/N yang ada untuk berat kangkung (gram).

S/N Prediction		S/N Existing	
Parameter	S/N (dB)	Parameter	S/N (dB)
Average S/N	30.60	Average S/N	30.60
A1/A2	30.81	<b>A exist</b>	32.81
B1/B2	31.00	<b>B exist</b>	32.81
C1/C2	32.81	<b>C exist</b>	32.81
<b>Popt</b>	<b>33.41</b>	<b>Pexist</b>	<b>37.21</b>

Perhitungan Nilai Popt dan Pexist diperoleh dengan cara :

$$P_{opt} = \sum \frac{S}{\text{Ntiap faktor}} - (n - 1) \left( \text{Rata} - \text{rata} \frac{S}{N} \right)$$

Setelah memperoleh nilai prediksi, dilakukan konfirmasi pembuatan spesimen uji dengan komposisi optimal, yaitu A1, B2, C2. Hasil pengujian konfirmasi ditampilkan pada Tabel 13. Kemudian, Nilai yang diperoleh dari prediksi dan konfirmasi material optimasi berat kangkung (gram) pada Tabel 14 adalah sebesar 4,49. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa optimasi ini menunjukkan peningkatan yang signifikan. Gambar 6 merupakan dokumentasi pertumbuhan dan hasil panen kangkung dengan menggunakan berbagai biochar.

**Optimasi Penggunaan Kembali Limbah Karbon Aktif Industri Vetsin Sebagai Biochar  
Menggunakan Taguchi Orthogonal Array L4**

**Tabel 13.** Hasil verifikasi optimasi  
**Gambar 6.** Budidaya kangkung;

No	Nilai berat kangkung (gram)
1	41.89
2	38.86
3	45.21
4	48.45
5	43.67
Rata-rata	43.616
S/N ratio	32.72
SD	3.59

**Tabel 14.** Nilai gain optimasi

<i>Prediction</i>		<i>Confirmation</i>	
<i>Existing Design</i>	37.21	<i>Existing Design</i>	37.21
<i>Optimum Design</i>	33.41	<i>Optimum Design</i>	32.72
Gain	3.81	Gain	4.49
<b>Kesimpulan</b>		Tinggi $g > 0,7$	

**Tabel 15.** Kriteria n-gain

Kriteria	Poin Gain
Tinggi	$g > 0,7$
Sedang	$0,3 < g \leq 0,7$
Kurang	$g \leq 0,3$

Sumber : Firdaus, 2023

a. persemaian; b-c pertumbuhan kangkung dan d. hasil panen kangkung



## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa limbah karbon aktif (*waste carbon active*) dapat digunakan sebagai media tanam yang berfungsi sebagai pupuk karbon atau biochar. Desain optimasi *reuse* yang didapatkan yaitu *waste carbon* basah ; [biochar] : 25%; cahaya : terang dengan nilai *n-gain* 4.49 kategori *improve* tinggi. Biochar yang dihasilkan dari *Waste Carbon Active* ex. PT. XY mengandung glutamat, yang terbentuk akibat kehilangan selama proses adsorpsi. Kandungan glutamat ini memberikan manfaat bagi pertumbuhan tanaman karena merupakan asam amino non-esensial yang sangat baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardyansah Ryan, et al. 2017. Studi Pemanfaatan Limbah Karbon Aktif sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus pada Campuran Beton Ringan (Studi Kasus di PT PETRONIKA). Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya: Jurusan Teknik Permesinan Kapal. Proceeding 1<sup>st</sup> Conference on Safety Engineering and Its Application, ISSN No. 2581 – 1770.
- BPOM RI. 2022. List Of Food Additives (E-Registration Application). Accessed on February 18, 2024 at 22.30, from <https://ereg-rba.pom.go.id/front/informasibtp>.
- Bagchi. 2013. Taguchi Methods Explained Practical Steps to Robust Degin. New Delhi: Published by Prentice – Hall of India Private Limited, M-97, Connaught Circus, and Printed by Bhuvnesh Seth at Rajkamal Electric Press, B-35/9, G.T. Karnal Road Industrial Area, Delhi110033
- Firdaus R S . 2023. Optimasi Formulasi Karet Alam Sebagai Material Kaki Palsu Menggunakan Metode Taguchi Orthogonal Array L4. Universitas Islam Indonesia : Fakultas Teknologi Industri. Tugas Akhir.
- Herlambang, et al . 2020. Salah Satu Alternatif Untuk Perbaikan Lahan Dan Lingkungan. UPN “Veteran” : Buku Ajar Biochar. <https://www.spssindonesia.com/2014/01/uji-normalitas-kolmogorov-smirnov-spss.html>
- Setiawan Adi, et al. 2021. Sintesis Karbon Aktif Limbah Lumpur Aktif Industri Gula sebagai Adsorben Limbah Logam Berat Cu (II). Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (PPNS): Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, doi: 10.14710/teknik.v42i3.36031
- Lubis Riska AF, et al. 2020. Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. Universitas Negeri Medan: Jurusan Kimia. Indonesian Journal of Chemical Science and Technology (IJCST-UNIMED) (2020) Volume 03, No 2 , pp 67-73
- Nekere et al. 2012. Optimization of Aluminium Blank Sand Casting Process By Using Taguchi’s Robust Design Method. International Journal for Quality research.
- Muharrom and Siswadi. 2015. Taguchi's experimental design to improve the quality of clay-based bricks. Jemis Vol. 3 No. 1 of 2015.
- Liu, X., Yuekuan, Z., Chun Qing, L., Yaolin, L., Wei, Y., Guoqiang, Z. 2019. Optimization of a new phase change material integrated photovoltaic/thermal panel with the active cooling technique using taguchi method. Energies 12(6): 1±22.