

NASKAH ORISINAL

Rancang Bangun Alat Fotoreaktor Dua Tingkat Terintegrasi Sel Surya untuk Degradasi Methylene Blue di UMKM Rumah Batik Tulis Al Huda Sidoarjo

Haniffudin Nurdiansah^{1,*} | Retno Asih² | Diah Susanti¹ | Azzah Dyah Pramata¹ | Rindang Fajarin¹ | Yusuf Pradesar¹ | Amaliya Rasyida¹ | Respati Kevin Prama Dewandaru¹ | Anna Zakiyatul Laila¹ | Alfreda Krisna Altama¹ | Yeny Widya Rakhmawati¹

¹Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

²Departemen Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Korespondensi

*Haniffudin Nurdiansah, Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.
Alamat e-mail: hanif_nurdiansah@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Kimia Material, Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 60111, Indonesia.

Abstrak

Industri batik memiliki peran penting dalam perekonomian, terutama pada sektor UMKM seperti Rumah Batik Tulis Huda di Sidoarjo yang melestarikan warisan budaya sekaligus mendukung ekonomi daerah. Namun, aktivitas produksi menghasilkan limbah cair mengandung Methylene Blue yang bersifat karsinogenik dan sulit terurai secara alami. Tanpa pengelolaan tepat, limbah tersebut berisiko mencemari ekosistem air tanah dan mengancam kesehatan masyarakat sekitar. Sebagai solusi inovatif, diterapkan teknologi integrasi fotoreaktor dan filtrasi berbasis sel surya yang ramah lingkungan. Penggunaan energi surya memastikan operasional alat berjalan mandiri sesuai kapasitas UMKM. Hasil pengujian UV-Vis menunjukkan efektivitas sistem yang sangat signifikan dengan penurunan nilai absorbansi dari 1,21648 menjadi 0,08937. Dengan persentase degradasi mencapai 92,65%, limbah berwarna biru pekat berhasil dijernihkan hingga menjadi bening. Keberhasilan ini membuktikan bahwa sistem fotoreaktor-filtrasi bertenaga surya mampu mereduksi polutan organik secara maksimal. Inovasi teknologi tepat guna ini diharapkan menjadi model pengelolaan limbah mandiri yang praktis serta berkelanjutan bagi pelaku UMKM batik guna menjaga kelestarian lingkungan sekitar.

Kata Kunci:

Inovasi Ramah Lingkungan, Keberlanjutan, UMKM Rumah Batik Tulis Al Huda, Limbah Batik *Methylene Blue*, Pelestarian Budaya, Pengelolaan Limbah.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Indonesia terkenal akan budaya batik yang sudah melegenda di dunia. Bahkan batik merupakan salah satu wujud kebanggaan dan identitas Indonesia yang digunakan dalam berbagai acara baik formal maupun non formal. Berdasarkan data Balai Besar Kerajinan dan Batik (BBKB) Kementerian Perindustrian, ada sekitar 3.159 unit usaha batik yang tercatat di seluruh Indonesia pada tahun 2022^[1]. Di Jawa Timur sendiri, tercatat terdapat 176 UMKM Batik yang aktif beroperasi. Salah satu UMKM Batik yang paling terkenal di Sidoarjo dan menjadi ikon kota Sidoarjo adalah Rumah Batik Tulis Nur Al-Huda yang dimiliki oleh Bapak Ir. Nurul Huda, M.Agr Batik Tulis Al-Huda juga pernah meraih berbagai penghargaan, termasuk Rekor MURI untuk kemeja batik terbesar dan juara kedua dalam kategori Pelestarian Budaya dalam ajang UKM Berprestasi Jawa Timur "Parasomya Kertanugraha" yang diselenggarakan oleh Gubernur Jawa Timur pada tahun 2010^[2]. Rumah Batik Tulis Al-Huda bukan sekadar tempat penjualan batik, melainkan juga menjadi sarana edukatif bagi siapa pun yang ingin mempelajari proses membatik. Usaha ini dirintis oleh Bapak Nurul Huda sejak duduk di kelas 2 SMA, berbekal modal awal sebesar Rp50.000,- yang diberikan oleh orang tuanya, yang juga berprofesi sebagai perajin batik di kawasan Jetis. Dengan modal tersebut, pada tahun 1982 Pak Huda berhasil memproduksi 14 lembar kain, yang kemudian diolah menjadi batik tulis siap jual melalui desain yang dibuatnya sendiri^[3].

Selama ini, limbah cair zat warna yang digunakan pada saat proses membatik dengan menggunakan kaporit sebagai pemutih untuk menghilangkan (pencabut warna)^[4]. Tentu ini menjadi sebuah problematika yang dikhawatirkan lambat laun akan berefek panjang, karena zat warna pada dasarnya adalah sebuah senyawa yang stabil, sehingga tidak mudah terurai dan akan terus berada di dalam tanah, dan karena bentuknya cair, maka bisa jadi air tanah akan menjadi tercemar akibat tercampur resapan limbah zat warna tersebut, dan bisa mengancam biota tanah seperti cacing dan bakteri tanah dan apabila terus berlanjut akan mengakibatkan aliran air limbah ke perairan sehingga menjadi efek domino, karena memiliki kemungkinan untuk merusak biota perairan, ataupun menjadi racun apabila mengenai air yang dikonsumsi oleh makhluk hidup, termasuk manusia^[5].

Oleh karena itulah, tim pengabdian masyarakat dari ITS, yang merupakan kolaborasi dari beberapa departemen, meliputi Departemen Teknik Material dan Metalurgi dan Departemen Fisika, berupaya untuk membantu UMKM Rumah Batik Tulis Al-Huda untuk mengolah limbah terutama zat warna dengan menggunakan metode fotokatalis dan sekaligus membuat rancang bangun fotoreaktor, dimana metode ini menggunakan cahaya untuk mendegradasi limbah zat warna menjadi senyawa sederhana yang ramah lingkungan, sehingga aman untuk dibuang ke tanah/perairan^[6].

Material yang digunakan adalah fotokatalis berupa semikonduktor CuO yang dikompositkan dengan nanoselulosa hasil sintesis dari limbah Tandan Kosong kelapa Sawit (TKKS) sehingga ada dua manfaat yang bisa diperoleh, karena menggunakan limbah untuk mengolah limbah, sehingga mendukung ekonomi *circular*, sekaligus juga menjadi wahana edukasi bagi pengunjung UMKM Rumah Batik Tulis Al-Huda, sehingga tidak hanya belajar membatik, namun juga belajar bagaimana cara mengolah limbah zat warna dari proses membatik yang dilakukan.

Pemilihan TKKS sebagai bahan baku pembuatan nanoselulosa memiliki alasan tersendiri. Sebagai negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia, ekspansi perkebunan kelapa sawit semakin meluas di Indonesia karena tingginya permintaan pasar nasional dan internasional^[7]. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) luas area perkebunan sawit Indonesia pada tahun 2020 sebesar 14,59 juta hektar kemudian mengalami kenaikan pada tahun 2021 menjadi 14,62 juta hektar. Di balik melimpahnya kelapa sawit di Indonesia terdapat produk sampingan atau limbah yang dihasilkan. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) merupakan limbah padat yang dihasilkan dari industri kelapa sawit yang biasanya hanya dibuang dan dibakar sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan. Jika ditinjau dari komposisi kimianya TKKS memiliki potensi kandungan selulosa 33,25% yang dapat dimanfaatkan terutama dalam sintesis material nano^[8]. Nanoselulosa menunjukkan sifat yang sangat baik seperti densitas rendah, biodegradabilitas, biokompabilitas, ekonomis yang membuatnya sesuai untuk diaplikasikan secara lanjut sebagai material fotokatalis. Ketika digabungkan dengan CuO, nanoselulosa dapat memperluas total luas permukaan CuO sehingga dapat meningkatkan aktifitas fotokatalisis^[9].

Nanokomposit berbasis logam oksida dapat digunakan untuk menghilangkan zat berbahaya dengan fotokatalis^[10]. Logam oksida yang memiliki band gap 1.9 eV seperti CuO memperlihatkan aktivitas fotokatalisis ketika disinari oleh cahaya tampak sehingga bisa diaplikasikan untuk fotodegradasi pewarna destruktif karena mampu menghasilkan produk akhir berupa senyawa sederhana dan tidak berbahaya. CuO sebagai semikonduktor tipe-p memiliki celah pita yang kecil (1,2 – 2,0 eV) yang menyebabkan

eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi bisa berlangsung dengan cepat sehingga sesuai untuk pelepasan OH dan O₂ pada proses fotokatalis^[11]. Namun, CuO memiliki kelemahan dalam fotokatalis pengolahan air limbah yaitu kesulitan dalam pemisahan katalis dari air limbah, metode pemisahan katalis seperti filtrasi, sentrifugasi, dan koagulasi umumnya digunakan tetapi membutuhkan konsumsi energi yang tinggi^[12]. Mengembangkan struktur hetero merupakan salah satu metode yang tepat untuk memperbaiki kelemahan CuO yaitu dengan menggabungkan CuO dengan material lainnya seperti nanoselulosa^[13].

Pada kegiatan abmas ini berfokus pada sintesis dan penggunaan nanoselulosa dari bahan dasar limbah tandan kosong kelapa sawit pada komposit Nanoselulosa/CuO sebagai langkah untuk meningkatkan sifat fotokatalis terhadap kemampuan dalam mendegradasi *methylene blue* (MB) pada industri tekstil guna mewujudkan *circular economy*. Usulan solusi ini juga sejalan dan mendukung *Sustainable Development Goal* (SDGs) nomer 6, yaitu Air Bersih dan Sanitasi Layak dan juga merujuk pada peta jalan abmas berbasis produk yang memiliki keterkaitan dengan bidang unggulan ITS, yaitu Pusat Studi Material Maju dan Nano Teknologi pada bidang Teknologi Nano dalam Pengelolaan Limbah, yaitu Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dengan Nano Teknologi.

Kegiatan ini dilaksanakan dengan melibatkan beberapa mahasiswa dalam rangka kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) sebagai media pembelajaran serta penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi bagi masyarakat. Tujuan dari kegiatan ini adalah mendapatkan solusi terbaik dalam menangani limbah zat warna dengan menggunakan metode fotokatalis.

1.2 | Solusi Permasalahan atau Strategi Kegiatan

Program pengabdian masyarakat ini diusulkan untuk memberikan solusi atas permasalahan limbah zat warna pada proses produksi batik di UMKM Rumah Batik Tulis Al-Huda melalui pembuatan fotoreaktor dua tingkat terintegrasi sel surya dengan memanfaatkan material fotokatalis komposit CuO–Nanoselulosa. Kegiatan ini berlangsung selama tujuh bulan dan dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang saling terintegrasi.

Tahap pertama diawali dengan survey lapangan dan sesi brainstorming antara tim pengabdian dan pihak UMKM, baik secara daring maupun luring. Kegiatan ini bertujuan menggali kondisi nyata permasalahan limbah, memperoleh data terbaru dari mitra, serta menyamakan persepsi mengenai kebutuhan dan arah solusi yang akan dikembangkan. Melalui interaksi ini, baik dosen maupun mahasiswa berperan aktif dalam merumuskan strategi pelaksanaan kegiatan secara kolaboratif sehingga tercapai kesepakatan yang kuat antara tim pengabdian dan UMKM.

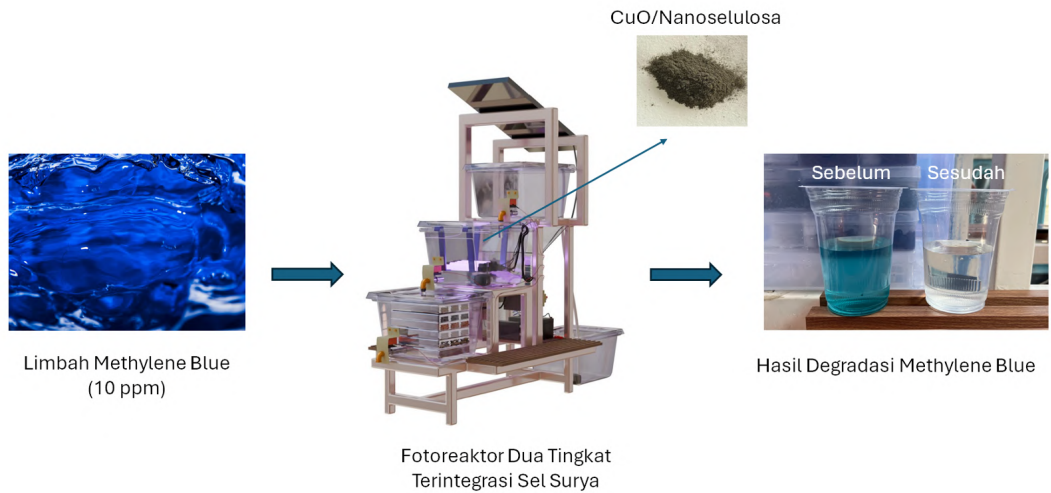
Tahap berikutnya adalah pengenalan konsep fotokatalis dan desain fotoreaktor kepada pihak UMKM. Pada tahap ini, tim pengabdian memberikan penjelasan mengenai prinsip kerja material fotokatalis, jenis-jenis material yang dapat digunakan, karakteristik limbah zat warna batik, hingga kebutuhan sumber cahaya yang sesuai untuk proses degradasi. Pemahaman ini menjadi dasar penting dalam proses perancangan fotoreaktor dua tingkat yang akan dibangun.

Selanjutnya, dilakukan seleksi material dan uji komposisi fotokatalis komposit CuO–Nanoselulosa. Proses ini meliputi persiapan material, pembuatan komposit, serta pengujian efektivitas berbagai komposisi menggunakan larutan *Methylene Blue*. Evaluasi dilakukan berdasarkan nilai absorbansi dan perubahan warna sebagai indikator keberhasilan degradasi. Hasil *trial* ini menjadi dasar pemilihan komposisi terbaik yang akan diaplikasikan pada fotoreaktor skala lebih besar.

Setelah komposisi optimal diperoleh, tahap selanjutnya adalah pembuatan fotoreaktor dua tingkat terintegrasi sel surya. Reaktor dirancang untuk mampu mengolah limbah dalam volume yang lebih besar sambil tetap mempertahankan efisiensi degradasi. Proses pengujian dilakukan bersama UMKM untuk memastikan alat mudah dioperasikan dan sesuai dengan kondisi kerja di lapangan. Tahap terakhir adalah instalasi fotoreaktor di lokasi UMKM setelah alat dinyatakan lolos uji dan memenuhi standar kinerja yang ditetapkan. Dengan terpasangnya fotoreaktor dua tingkat terintegrasi sel surya tersebut, diharapkan UMKM Rumah Batik Tulis Al-Huda dapat memiliki sistem pengolahan limbah yang efektif, hemat energi, dan berkelanjutan.

1.3 | Target Luaran

Kegiatan pengabdian masyarakat ini ditargetkan menghasilkan luaran yang tidak hanya berdampak langsung pada peningkatan penanganan limbah batik di UMKM Rumah Batik Tulis Al Huda, tetapi juga memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi nano untuk aplikasi remediasi lingkungan.



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

Adapun luaran utama dari program ini adalah:

- Edukasi dan pelatihan penggunaan fotoreaktor dua tingkat terintegrasi sel surya untuk mendegradasi limbah zat warna batik
- Pemanfaatan teknologi material nano untuk meningkatkan efektivitas degradasi zat warna
- Pengujian efektivitas degradasi dengan menggunakan UV-Vis sebagai standar/tolok ukur keberhasilan degradasi
- Publikasi Ilmiah di Jurnal Sewagati ITS serta pengembangan modul penggunaan fotoreaktor
- HKI Desain Alat Fotoreaktor Dua Tingkat Terintegrasi Sel Surya
- Kontribusi SDGs, khususnya SDG 6.

2 | TINJAUAN PUSTAKA

Methylene Blue (MB) adalah zat warna sintesis dari kelompok thiazine yang banyak dimanfaatkan pada berbagai sektor, seperti industri tekstil, batik, kertas, hingga aplikasi biomedis. Pewarna ini digemari karena warnanya stabil dan mudah larut, namun sifat tersebut justru menyebabkan MB sulit terurai ketika terbuang ke lingkungan^[14]. Limbah yang mengandung MB dapat menimbulkan perubahan warna air secara mencolok, mengurangi kemampuan cahaya menembus kolom air, serta mengganggu proses fotosintesis organisme di perairan. Sejumlah penelitian juga menunjukkan bahwa paparan MB dalam jangka panjang berpotensi menimbulkan iritasi, toksisitas, serta stres oksidatif pada makhluk hidup, termasuk manusia^[15]. Kondisi ini menjadi perhatian serius, terutama bagi pelaku UMKM seperti pembatik rumahan yang pada umumnya belum memiliki sistem pengolahan limbah yang memadai dan terkendala biaya operasional.

Salah satu pendekatan yang banyak dikembangkan dalam penanganan limbah pewarna sintesis adalah teknologi fotokatalisis. CuO (tembaga oksida), yang tergolong semikonduktor berband-gap rendah, mampu menyerap cahaya tampak dan menghasilkan radikal hidroksil yang sangat reaktif untuk memecah senyawa organik kompleks, termasuk MB^[16]. Meski demikian, penggunaan CuO dalam bentuk partikel tunggal sering menimbulkan masalah seperti penggumpalan dan sulitnya pemisahan kembali dari air limbah. Untuk mengatasi kendala tersebut, nanoselulosa digunakan sebagai bahan pendukung karena memiliki luas permukaan tinggi, stabilitas yang baik, serta kemampuan adsorpsi terhadap molekul organik^[17]. Ketika CuO dipadukan dengan nanoselulosa dalam bentuk komposit, performa fotokatalis meningkat melalui sinergi mekanisme adsorpsi oleh nanoselulosa dan reaksi fotokatalitik oleh CuO.

Pemanfaatan komposit CuO/nanoselulosa kemudian dikembangkan lebih lanjut melalui sistem fotoreaktor dua tingkat yang digerakkan energi surya. Rancangan reaktor bertingkat memberikan waktu interaksi yang lebih panjang antara limbah MB dan fotokatalis, sekaligus memungkinkan distribusi cahaya lebih optimal pada setiap bagian reaktor. Integrasi panel surya membuat sistem ini dapat beroperasi tanpa bergantung pada sumber listrik konvensional, sehingga menjadi pilihan yang relevan untuk UMKM yang membutuhkan teknologi murah, efisien, dan mudah dioperasikan. Pada tahap pertama, fotokatalis bekerja aktif memecah molekul MB, sedangkan pada tahap berikutnya air dialirkan ke sistem filtrasi berlapis.

Lapisan filtrasi tersebut terdiri dari beberapa media yang berfungsi berbeda. Pasir silika digunakan untuk menangkap partikel halus, sementara karbon aktif berperan menyerap sisa senyawa organik dan mereduksi bau serta warna. *Coco fiber* yang memiliki pori-pori alami membantu menjaring kotoran berukuran lebih besar dan menjaga keseragaman aliran air. Zeolit berfungsi mengikat ion-ion tertentu dan memperbaiki kualitas air dari aspek kimia. Pada bagian dasar, gravel atau kerikil digunakan untuk menopang lapisan di atasnya sekaligus menjaga kestabilan aliran. Kombinasi teknologi fotokatalisis dan filtrasi bertingkat ini terbukti mampu meningkatkan efisiensi penurunan warna serta memperbaiki kualitas air secara signifikan.

Secara keseluruhan, integrasi komposit CuO/nanoselulosa dalam fotoreaktor dua tingkat yang memanfaatkan energi surya, lengkap dengan sistem filtrasi berlapis, menghadirkan solusi pengolahan limbah MB yang lebih ramah lingkungan, terjangkau, dan cocok diterapkan pada skala UMKM. Teknologi ini tidak bergantung pada sumber energi besar dan mampu memberikan hasil degradasi yang tinggi tanpa memerlukan perangkat yang rumit maupun biaya operasional yang besar.

3 | METODE KEGIATAN



Gambar 2 Diagram Alir Kegiatan Pengabdian Masyarakat.

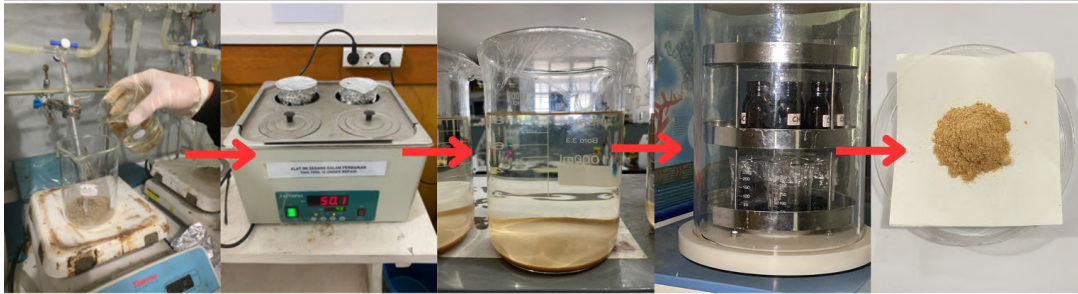
Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian ini ditunjukkan pada Gambar 2. Kegiatan diawali dengan survey lapangan di UMKM Rumah Batik Tulis Al-Huda untuk mengidentifikasi karakteristik limbah dan kebutuhan mitra. Setelah itu dilakukan penyamaan persepsi melalui diskusi dan penjelasan mengenai konsep fotokatalisis serta rencana penggunaan fotoreaktor dua tingkat berbasis sel surya.

Tahap selanjutnya mencakup preparasi komposit CuO/nanoselulosa dan pengujian awal untuk menentukan komposisi yang paling efektif dalam mendegradasi Methylene Blue. Berdasarkan hasil tersebut, fotoreaktor dua tingkat dirancang dan dirakit, di mana tingkat pertama berfungsi sebagai zona fotokatalitik dan tingkat kedua dilengkapi sistem filtrasi berlapis (pasir silika, karbon aktif, *coco fiber*, zeolit, dan kerikil).

Setelah pembuatan selesai, alat diuji di laboratorium dan kemudian diinstal di lokasi UMKM. Mitra diberikan pelatihan operasional agar dapat menggunakan dan merawat alat secara mandiri. Tahap akhir berupa monitoring dan evaluasi untuk memastikan kinerja fotoreaktor sesuai target serta memberikan pendampingan teknis apabila diperlukan.

4 | HASIL DAN DISKUSI

Tahapan pertama dari kegiatan ini adalah sintesis material yang digunakan sebagai fotokatalis. Material yang digunakan adalah komposit CuO/Nanoselulosa. Material nanoselulosa disintesis dari limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS). Nanoselulosa disintesis dengan melakukan hidrolisis asam pada mikroselulosa yang dihasilkan dari TKKS dengan menggunakan H_2SO_4 30% (*v/v*) dan dimasukkan ke dalam *water bath* pada $50^\circ C$ selama 45 menit. Proses dilanjutkan dengan netralisasi dan sentrifugasi pada 4000 rpm selama 30 menit. Larutan dikeringkan dengan *freeze drying* untuk memperoleh serbuk nanoselulosa, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Sintesis nanoselulosa.

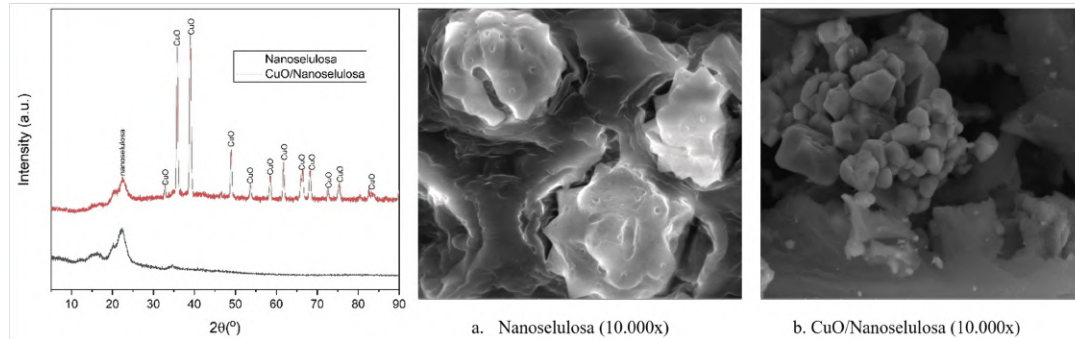
Setelah dihasilkan nanoselulosa, langkah selanjutnya adalah membuat komposit CuO/Nanoselulosa. CuO sebanyak 1,3 gram masing-masing dilarutkan ke dalam 30 mL *aquades* dan diaduk selama 10 menit. Nanoselulosa ditambahkan ke dalam larutan dengan massa 0,7 g kemudian *disonikasi* selama 1 jam. Larutan dilakukan *stirring* selama 30 menit dan dikeringkan pada $110^\circ C$ selama 6 jam. Proses pembuatan komposit ditunjukkan pada Gambar 4.



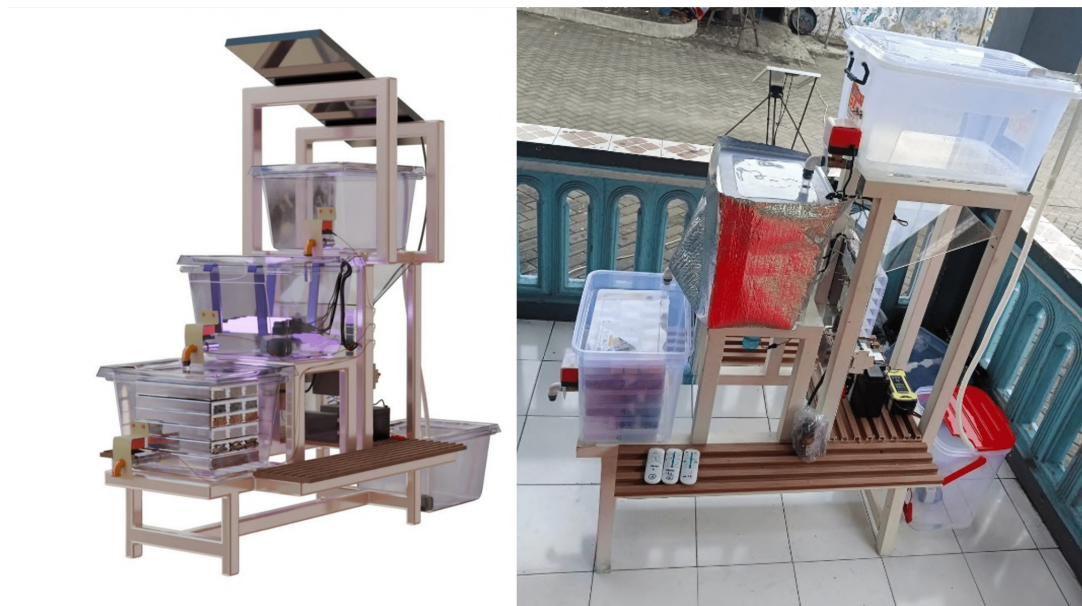
Gambar 4 Sintesis komposit CuO/Nanoselulosa.

Selanjutnya, dilakukan karakterisasi terhadap nanoselulosa dan komposit nanoselulosa yang sudah dihasilkan. Karakterisasi yang dilakukan diantaranya *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil menunjukkan bahwa

XRD sampel sesuai dengan JCPDS-ICCD:50-2241 yang menunjukkan material *cellulose I* dan *cellulose II* yang ditunjukkan pada *peak* $2\theta = 16^\circ, 18^\circ, 20^\circ,$ dan 22° . Dari hasil SEM, terlihat bahwa material nanoselulosa ditunjukkan dengan bentuk *fiber* selulosa yang berpori. Sedangkan CuO ditunjukkan partikel yang teraglomerasi yang menempel pada *fiber* nanoselulosa namun tidak sampai menutupnya secara merata. Dapat dipastikan material semikonduktor CuO tidak akan tertutup oleh material nanoselulosa, sehingga tidak mengganggu aktivitas fotokatalisis.



Gambar 5 Hasil Uji XRD (kiri) dan SEM (kanan) untuk nanoselulosa dan komposit CuO/Nanoselulosa.



Gambar 6 Alat Fotoreaktor Dua Tingkat Terintegrasi Sel Surya.




Gambar 6 menunjukkan fotoreaktor dua tingkat terintegrasi sel surya yang disusun. Alat dan bahan yang digunakan dalam fotoreaktor dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1 Alat dan bahan yang digunakan dalam fabrikasi fotoreaktor.

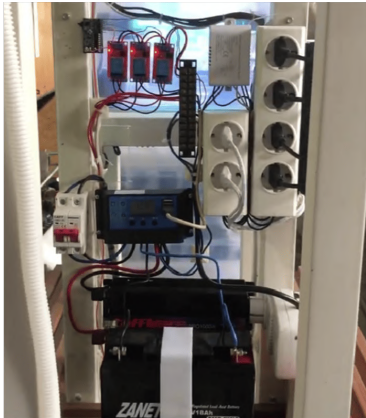
No	Nama alat	Kuantitas	No	Nama bahan	Kuantitas
1	Charger Unit	1 buah	1	Pasir silika	5 kg
2	Baterai	1 buah	2	Karbon aktif	3 kg
3	Breaker / MCB	1 buah	3	Coco fiber	3 kg
4	PWM Control	1 buah	4	Pasir Zeolit	5 kg
5	Inverter DC to AC	1 buah	5	Gravel/kerikil	5 kg
6	Saklar	2 buah	6	Kasa filter	3 lembar
7	Panel surya	1 buah	7	Methylene Blue	0,5 gr
8	Stop kontak pompa	2 buah	8	CuO	30 gr
9	Stop kontak UV	8 buah	9	Nanoselulosa	1 gr
10	Control remote kran	2 buah			
11	Control remote UV	1 buah			
12	Power supply kran	6 buah			
13	Power supply UV	8 buah			
14	Box	3 buah			
15	Wavemaker	1 buah			
16	Pompa	1 buah			
17	Kran otomatis	3 buah			

Prosedur penggunaan Fotoreaktor Dua Tingkat Terintegrasi Sel Surya dijabarkan pada Tabel 2 dibawah ini.

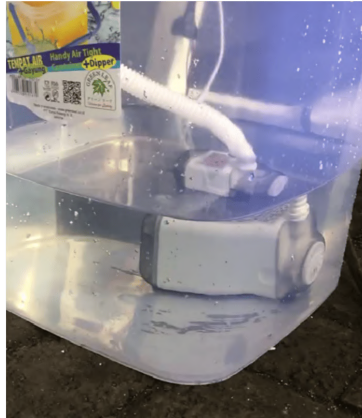
Tabel 2 Prosedur penggunaan Fotoreaktor Dua Tingkat Terintegrasi Sel Surya

		
<p>1. Membersihkan bahan-bahan pada alat filtrasi</p>	<p>2. Menyusun alat filtrasi dengan sesuai susunan</p>	<p>3. Menempatkan alat filtrasi ke alat fotoreaktor dua tingkat</p>
<p><i>Bersambung ke halaman berikutnya...</i></p>		

Lanjutan: Prosedur penggunaan Fotoreaktor



4. Menyalakan alat dengan menekan tombol PWM



5. Menyalurkan air menggunakan pompa



6. Menunggu agar air memenuhi wadah pertama



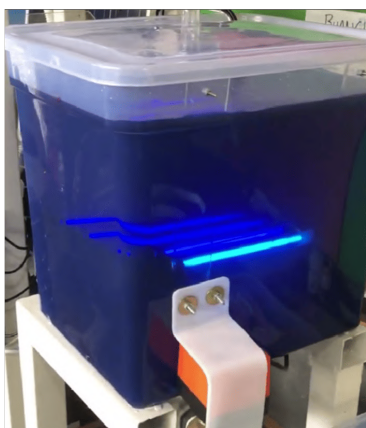
7. Mengalirkan air hingga setengah bagian wadah kedua



8. Menambahkan air hingga mencapai 25 L



9. Menambahkan *methylene blue*, CuO dan Nanoselulosa



10. Menyalakan lampu UV dan menunggu proses selama 2 jam

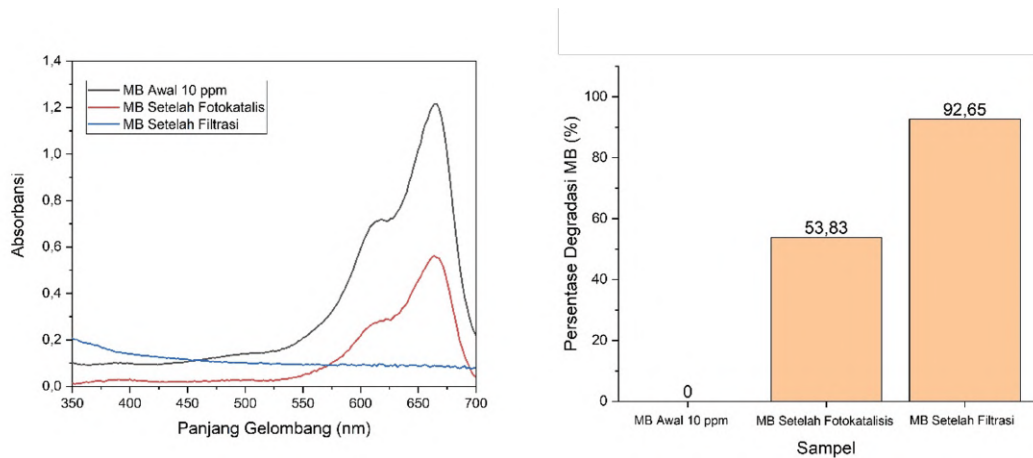


11. Mengalirkan air menuju alat filtrasi



12. Proses selesai. Kiri (warna biru) sebelum proses, dan kanan (warna bening) setelah proses

Gambar 7 (kiri) menunjukkan hasil pengujian UV-Vis untuk sampel MB awal (konsentrasi 10 ppm), sampel MB yang sudah mengalami proses fotokatalisis dengan penyinaran lampu UV 80 Watt selama 2 jam menggunakan material komposit CuO/Nanoselulosa, dan sampel yang sudah dilakukan proses filtrasi. Dari data, terlihat bahwa nilai absorbansi menurun secara signifikan, yaitu dari 1,21648 (MB Awal 10 ppm) menjadi 0,56164 (MB Setelah proses fotokatalisis) dan akhirnya tinggal 0,08937 (MB setelah filtrasi) yang menunjukkan kenaikan nilai presentase degradasi (Gambar 8 kanan). Nilai persentase degradasi meningkat dari kondisi awal sebesar 0% menjadi 53,83% setelah proses fotokatalisis dan terus meningkat menjadi 92,65% setelah proses filtrasi akhir. Peningkatan ini juga didukung dari perubahan warna yang signifikan dari sampel MB, yang pada kondisi awal berwarna biru pekat, setelah proses fotokatalisis menjadi biru pudar dan akhirnya menjadi bening setelah proses filtrasi, yang menunjukkan proses degradasi berlangsung dengan efektif.



Gambar 7 Hasil Pengujian UV Vis (kiri) dan nilai % Degradasi MB (kanan) untuk sampel MB Awal, setelah proses fotokatalisis dan setelah proses filtrasi.



Gambar 8 Dokumentasi kegiatan pengabdian masyarakat.

Kegiatan sosialisasi dan pelatihan penggunaan alat fotoreaktor dua tingkat terintegrasi sel surya telah dilaksanakan oleh tim pengabdian ITS dan mahasiswa KKN ITS pada hari Minggu, 23 November 2025 bertempat di UMKM Rumah Batik Tulis Al Huda, Sidoarjo. Sebanyak 3 perwakilan dari UMKM Rumah Batik Tulis Al Huda mengikuti pelatihan dan penjelasan mengenai cara mengoperasikan alat, mulai dari preparasi alat, proses fotokatalisis dan filtrasi, serta integrasi penyalan sel surya dan alternatif penggunaan listrik untuk pompa apabila sedang tidak ada sinar matahari. Pada kesempatan ini juga dilakukan serah terima alat dan adanya kegiatan tambahan berupa pelatihan membuat batik bagi mahasiswa dengan harapan menumbuhkan kecintaan terhadap batik khas Sidoarjo. Dokumentasi kegiatan dapat dilihat pada Gambar 8.

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat di UMKM Rumah Batik Tulis Al-Huda, dapat disimpulkan bahwa rancang bangun fotoreaktor dua tingkat terintegrasi sel surya yang memanfaatkan komposit CuO/Nanoselulosa mampu menjadi solusi efektif untuk mengatasi limbah cair batik yang mengandung *Methylene Blue*. Material komposit yang dikembangkan melalui sintesis CuO dan nanoselulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit menunjukkan kinerja fotokatalitik yang baik dan stabil. Penggunaan sel surya sebagai sumber energi menjadikan alat ini hemat daya dan sesuai untuk skala UMKM. Hasil pengujian UV-Vis menunjukkan penurunan absorbansi yang sangat signifikan, dari 1,21648 menjadi 0,08937, dengan tingkat degradasi mencapai 92,65%, disertai perubahan visual warna dari biru pekat menjadi bening. Hal ini membuktikan bahwa kombinasi fotokatalisis CuO/Nanoselulosa dengan filtrasi berlapis mampu meningkatkan efektivitas pengolahan limbah secara menyeluruh. Selain menghasilkan alat yang berfungsi dengan baik, kegiatan pelatihan dan sosialisasi juga meningkatkan wawasan dan keterampilan mitra dalam mengoperasikan teknologi pengolahan limbah yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian masyarakat ini didukung oleh Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui skema dana pengabdian kepada masyarakat berbasis produk dengan kontrak nomor 1992/PKS/ITS/2025. Kami mengucapkan terima kasih kepada Pemilik UMKM Rumah Batik Tulis Al Huda, Sidokare, Sidoarjo Bapak Ir. Nurul Huda, M.Agr. Kegiatan abmas ini juga didukung oleh 10 mahasiswa KKN dari Dept. Teknik Material dan Metalurgi ITS: Nada Tsaqifa, Shevinadira Syakiela, Rifdah Hasna Amaliyah, Muhammad Devario Zubhi, Muhammad Galih A, Fabyan Egy, Bertram Syailendra, Muhammad Kahfi, Muhammad Rifki Alfares dan Ach Rifaldi Baihaki.

Referensi

1. Katadata, Usaha Batik Indonesia Mayoritas Berskala Mikro; 2022. Diakses pada 2026. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/10/02/usaha-batik-indonesia-mayoritas-berskala-mikro>.
2. Rahman A, Batik Al Huda, Dari Ketekunan Hingga Proses Panjang Dikenal Dunia; 2025. Diakses pada 20 April 2025 jam 05.45. <https://www.eastjavatraveler.com/batik-al-huda-dari-ketekunan-hingga-proses-panjang-dikenal-dunia/>.
3. Ovic SJ, Sejarah Rumah Batik Tulis Nur Al-Huda Sebagai Bagian Dari Kearifan Lokal Budaya Di Kabupaten Sidoarjo Tahun 2005-2022; 2023.
4. Sariyati I, Mulyono LF. Studi Komparasi Penggunaan Kaporit Dan Hidrosulfit Sebagai Zat Pencabut Warna Pada Pembuatan Jumputan. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan* 2018;14.
5. Alakhras F, Alhajri E, Haounati R, Ouachtak H, Addi AA, Saleh TA. A comparative study of photocatalytic degradation of Rhodamine B using natural-based zeolite composites. *Surfaces and Interfaces* 2020;20:100611.
6. qing Liu G, jun Pan X, Li J, Li C, lu Ji C. Facile preparation and characterization of anatase TiO₂/nanocellulose composite for photocatalytic degradation of methyl orange. *Journal of Saudi Chemical Society* 2021;25(12).
7. Virgy MA, Djuyandi Y, Darmawan WB. Strategi Jaringan Advokasi Transnasional Greenpeace Indonesia Terkait Isu Deforestasi Hutan Indonesia oleh Wilmar International. *Journal of Political Issues* 2020;1(2):74–91.
8. Dewanti DP. Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan* 2018;19(1).
9. Rathod M, Moradeeya PG, Haldar S, Basha S. Nanocellulose/TiO₂ composites: preparation, characterization and application in the photocatalytic degradation of a potential endocrine disruptor, mefenamic acid, in aqueous media. *Photochemical and Photobiological Sciences* 2018;17(10):1301–1309.
10. Mishra SR, Ahmaruzzaman M. CuO and CuO-based nanocomposites: Synthesis and applications in environment and energy. *Sustainable Materials and Technologies* 2022;33.

11. Raizada P, Sudhaik A, Patial S, Hasija V, Khan AAP, Singh P, et al. Engineering nanostructures of CuO-based photocatalysts for water treatment: Current progress and future challenges. *Arabian Journal of Chemistry* 2020;13(11):8424–8457.
12. Nuengmatcha P, Porrawatkul P, Chanthai S, Sricharoen P, Limchoowong N. Enhanced photocatalytic degradation of methylene blue using Fe₂O₃/graphene/CuO nanocomposites under visible light. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 2019;7(6).
13. Sridevi A, Krishnamohan S, Thairiyaraja M, Prakash B, Yokeshwaran R. Visible-light driven γ -Al₂O₃, CuO and γ -Al₂O₃/CuO nanocatalysts: Synthesis and enhanced photocatalytic activity. *Inorganic Chemistry Communications* 2022;138.
14. Oladoye PO, Ajiboye TO, Omotola EO, Oyewola OJ. Methylene blue dye: Toxicity and potential elimination technology from wastewater. *Results in Engineering* 2022;16:100678.
15. Khan I, Saeed K, Zekker I, Zhang B, Hendi AH, Ahmad A, et al. Review on Methylene Blue: Its Properties, Uses, Toxicity and Photodegradation. *Water* 2022;14(2):242.
16. Devika SC, Yusuf M, Redjeki S, Perwitasari DS, Billah M. Sintesis Tembaga Oksida Berbahan Dasar Limbah Kawat Tembaga sebagai Produk Pasar dengan Metode Presipitasi. *Jurnal Teknik Kimia* 2025;20(1).
17. Lin N, Dufresne A. Nanocellulose in biomedicine: Current status and future prospect. *European Polymer Journal* 2014;59:302–325.

Cara mengutip artikel ini: Nurdiansah, H., Asih, R., Susanti, D., Pramata, A. D., Fajarin, R., Pradesar, Y., Rasyida, A., Dewandaru, R. K. P., Laila, A. Z., Altama, A. K., Rakhmawati, Y. W. (2026), Rancang Bangun Alat Fotoreaktor Dua Tingkat Terintegrasi Sel Surya untuk Degradasi Methylene Blue di UMKM Rumah Batik Tulis Al Huda Sidoarjo, *Sewagati*, 10(1):182–193, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v10i1.9398>.