

**PELATIHAN REUSE LIMBAH BESI DESAIN AKSESORIS  
INTERIOR SEBAGAI UPAYA EDUKASI MODEL *CIRCULAR  
ECONOMY* BAGI PENGRAJIN BESI DI BATURONO  
JOYOSURAN SURAKARTA**

**LAPORAN AKHIR  
PKM KARYA SENI**



**INSTITUT SENI INDONESIA  
SURAKARTA**

**Putri Sekar Hapsari, S.Sn., M.A.  
NIP. 197805272008122003**

Anggota:

Dr. Hj. Siti Badriyah, M. Hum.	196912192008122002
Raden Ersnathan Budi Prasetyo, S Sn., M.Sn.	196910041999031001
Dr Agung Purnomo, MSn	
Faricha Rizqi, M.Pd.	199410222022032021
Ellan Adriano S.	211501075
Fany Novia R.	211501077

Dibiayai DIPA ISI Surakarta Nomor: SP DIPA- 023.17.2.677542/2024  
tanggal 24 November 2023  
Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi,  
Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi  
sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian / PKM Nomor: IT6.2/PM.03.03/2024

**INSTITUT SENI INDONESIA (ISI) SURAKARTA  
Maret 2024**

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
ABSTRAK .....	ix
KATA PENGANTAR .....	x
BAB I    PENDAHULUAN.....	1
A. Analisis Situasi.....	1
B. Permasalahan Mitra.....	2
BAB II    PERMASALAHAN DAN SOLUSI .....	3
A. Permasalahan Prioritas .....	3
B. Solusi Permasalahan.....	5
BAB III    METODE PELAKSANAAN.....	6
A. Permasalahan Mengelola Limbah Logam.....	6
B. Permasalahan Meningkatkan Nilai Guna Limbah Logam .....	10
C. Partisipasi Mitra .....	11
D. Evaluasi pelaksanaan program dan keberlanjutan program di lapangan setelah kegiatan selesai dilaksanakan .....	12
E. Peran dan tugas dari masing-masing anggota tim sesuai dengan kompetensinya dan penugasan mahasiswa .....	13
BAB IV    HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
A. Tahapan kegiatan.....	15
1. Sosialisasi Mitigasi krisis Ekologi Limbah Besi ( <i>Brainstorming</i> ).....	15
2. Pelatihan membuat Desain Aksesoris berbahan Limbah Besi ( <i>Simulation of Product Design</i> ).....	19

3. Tahap produksi/Produksi Produk Simulasi Desain Produk Aksesoris Interior Limbah Besi ( <i>Prototype of Product Design</i> ) .....	28
4. Tahap Proses Pengeringan.....	43
B. Luaran Program PKM Desain Interior .....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	52
LAMPIRAN.....	56



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.	Skema Permasalahan Mitra dan rencana solusi : Ernesthan BP, 2024 .....	3
Gambar 2.	Kegiatan sosialisasi metode ekonomi sirkular dengan reuse limbah besi dengan masyarakat Joyosuran, Surakarta.....	16
Gambar 3.	Agenda pokok sosialisasi dengan pemaparan permasalahan lingkungan limbah besi dan solusinya di rumah mitra PKM.....	17
Gambar 4.	Akhir sesi event sosialisasi metode ekonomi sirkular sebagai Solusi permasalahan limbah besi (Foto : Fany R, 2024) .....	19
Gambar 5.	Pelatihan: sesi pemberian materi seleksi atau pemilihan limbah sehingga memiliki nilai guna yang lebih. ....	24
Gambar 6.	Pelatihan: sesi pemberian materi seleksi atau pemilihan limbah sehingga memiliki nilai guna yang lebih. ....	25
Gambar 7.	Sesi tanya jawab setelah pemberian materi tahapan membuat rancangan produk.....	26
Gambar 8.	Kegiatan menginstal beberapa limbah yang sudah dibersihkan dan dipilih disesuaikan dimensi yang dibutuhkan.....	29
Gambar 9.	Instalasi rangka utama (kaki penyangga lampu) dengan tehnik las listrik .....	29
Gambar 10.	Bagan tahapan perakitan produk reuse .....	33
Gambar 11.	Proses memperbaiki celah-celah permukaan mempersiapkan top coating.....	38
Gambar 12.	Produk desain aksesoris yang telah diperbaiki permukaan dan siap difinishing akhir/top coating .....	39
Gambar 13.	Produk desain aksesoris setelah dicat dasar.....	39
Gambar 14.	Pemasangan instalasi listrik untuk outlet kabel sebelum dilakukan top coating.....	40
Gambar 15.	Permukaan air dengan campuran cat sebagai tehnik celup finishing .....	41

Gambar 16. Hasil pencelupan pertama dan kedua pada media armature desain aksesoris limbah besi .....	42
Gambar 17. Hasil finishing akhir siap tahap pengeringan.....	43
Gambar 18. Pemasangan Lampu dan akrilik sebagai armature.....	47
Gambar 19. Aksesoris interior “Anindya Reuse Metal waste Lamp” .....	48
Gambar 20. Poster “Anindya reuse metal waste lamp “ PKM Desain Interior 2024 .....	48



## DAFTAR LAMPIRAN

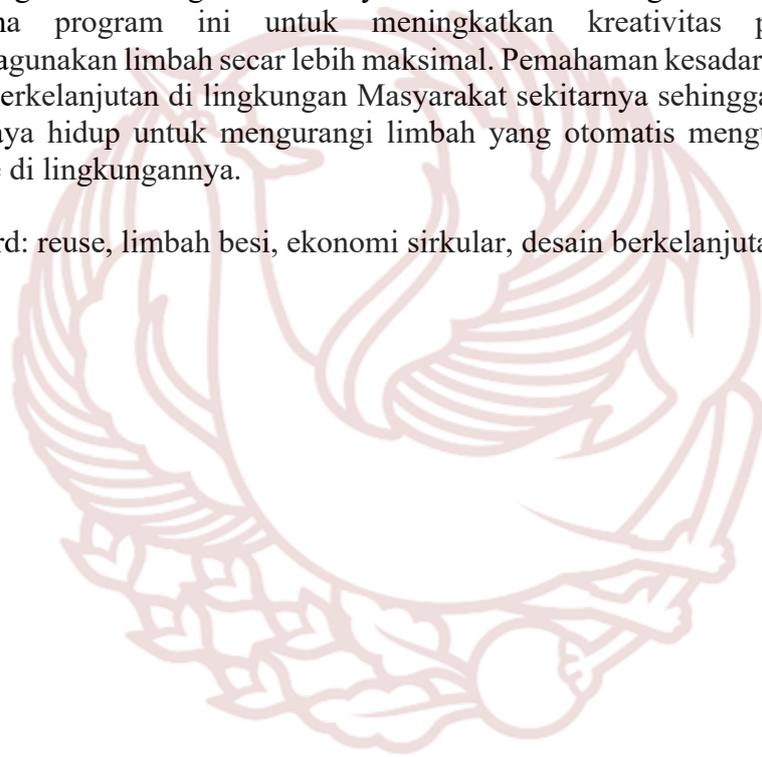
Lampiran 1. Peta Lokasi Wilayah Mitra .....	56
Lampiran 2. Biodata Pelaksana.....	57
Lampiran 3. Susunan Organisasi Tim Penelti dan pembagian Tugas.....	76
Lampiran 4. Surat Pernyataan Kesediaan Bekerjasama dari Mitra.....	77
Lampiran 5. Lembar Peserta Pelatihan .....	82



## ABSTRAK

Program PKM Prodi desain Interior ISI Surakarta di Baturono Joyosuran ini bertujuan memberikan edukasi kepada Masyarakat dalam meningkatkan nilai guna limbah sebagai sarana peningkatan ekonomi dan penyelesaian masalah lingkungan. Tujuan tersebut dapat dicapai melalui metode ekonomi sirkular dalam praktik desain berkelanjutan, dalam hal ini dengan pelatihan merancang desain aksesoris interior berupa lampu yang berbasis limbah besi, memanfaatkan limbah yang juga sebagai upaya mengurangi dampak negative limbah logam di lingkungan sekitarnya. Metode ekonomi sirkular menekan pada mode reuse terhadap kelimpahan limbah logam yang menjadi permasalahan klasik daerah pengrajin besi. Program ini menghasilkan karya stimulasi sesuai target serta luaran lainnya, di mana program ini untuk meningkatkan kreativitas pengrajin dan mendayagunakan limbah secara lebih maksimal. Pemahaman kesadaran akan praktik desain berkelanjutan di lingkungan Masyarakat sekitarnya sehingga akan tergerak suatu gaya hidup untuk mengurangi limbah yang otomatis mengurangi dampak negative di lingkungannya.

Key word: reuse, limbah besi, ekonomi sirkular, desain berkelanjutan



## **KATA PENGANTAR**

Atas berkah Rahmad Alloh Yang Maha Kuasa akhirnya laporan akhir program PKM dosen Prodi desain Interior ini bisa diselesaikan dengan baik dan sesuai dengan waktu yang ditargetkan. Bersamaan dengan berakhirnya program kegiatan yang alhamdulillah telah menyumbangkan ide dan gagasan serta Solusi bagi Masyarakat khususnya kelurahan Joyosuran Surakarta terkait dengan penyelesaian limbah yang berdampak bagi lingkungan sekitar atau krisis ekologi.

Program PKM tahun ini mampu menghasilkan suatu desain karya Bersama dengan Masyarakat sebagai pelaksana dan dosen memberikan arahan bentuk desain yang bisa memberikan nilai guna lebih sehingga menjadi suatu symbiosis mutualisme yang bersifat siklik dan socio constructive bagi Masyarakat sekitar. Kegiatan ini akan terus ditingkatkan sebagai rantai penguat jaruing pengaman nasional secara ekonomi, bagi lingkungan akan mampu mengurangi dampak negative lingkungan yang bebas limbah.

Besar harapan kami sebagai pengabdian, dosen yang melaksanakan untuk terus berguna, berkontribusi bagi Masyarakat melalui ide dan gagasan sebagai elemen Masyarakat dari akademisi untuk berperan aktif dalam menyelesaikan permasalahan yang ada di lingkungan sekitarnya.

Surakarta, 20 September 2024

Ketua PKM Prodi Desain Interior ISI Surakarta

**Putri Sekar Hapsari**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Analisis Situasi

Konsep ekonomi yang lagi banyak diadopsi masyarakat dunia sekarang hidup mengacu pada model ekonomi yang berbasis linear (*linear economy*), secara prinsip produsen menghasilkan sebuah produk dimana konsumen mengkonsumsinya kemudian membuangnya begitu saja, maka akan tercipta mindset “*out of sight, out of mind*” terkait nilai guna dari sampah dari produk-produk yang dikonsumsi. Efek tersebut juga menyebabkan gaya hidup “produksi-konsumsi-buang” yang berkembang di masyarakat, masyarakat mengkonsumsi langsung membuang sampah produk tanpa mendaur ulang dan tidak menggunakan kembali. Gaya hidup dan mindset masyarakat di kalangan tertentu ini akan memberikan dampak berlimpahnya sampah di pemrosesan akhir (TPA) yang seharusnya berfikir cari alternative lain. Pemilahan sampah yang masih memiliki nilai guna akan mengurangi jumlah sampah yang ada. Berdasarkan data dari Greenpeace di Indonesia sendiri, berdasarkan juga dari sumber data yang berasal dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) di tahun 2019 tercatat sekitar 64 juta ton timbunan sampah per tahunnya, di mana 60% nya ditimbun ke TPA, 30% tanpa penanganan khusus atau dibiarkan sehingga mencemari lingkungan, sedangkan yang didaur ulang hanya prosentasi kecil hanya 10%<sup>1</sup>.

Berdasarkan analisis green peace model ekonomi berbasis linear “*take-make-dispose*” atau “ambil-buat-buang” tidak layak dipertahankan sebagai mindset baik di tengah krisis ekologis dewasa ini. Keborosan materi juga masih memiliki nilai guna, yang lebih mengerikan model ini bisa menyebabkan ekstraksi sumber daya alam yang masif di mana penggunaan energi dan serta pelepasan emisi gas rumah kaca yang lebih besar. Bijak sekali jika sesegera

---

<sup>1</sup><https://www.greenpeace.org/indonesia/cerita/45792/mendorong-penerapan-ekonomi-sirkular-greenpeace-indonesia-x-t>

(diakses pada hari Rabu 14 Maret 2024, Jam 22.03 WIB)

mungkin menghentikan praktik model ekonomi linear segera mengaplikasi model ekonomi sirkular (*circular economy*) yakni model ekonomi yang menerapkan lingkaran tertutup, yang secara prinsip sumber daya dan materi dalam pemanfaat kembali secara maksimal nilai gunanya dengan secara terus menerus dan energi yang digunakan akan lebih hemat serta terbarukan.

## **B. Permasalahan Mitra**

Masalah penanganan limbah sinkron dengan pembangunan ekonomi sirkular yang sekarang kian marak. Kementerian pemberdayaan lingkungan hidup menghimbau untuk bersikap arif dalam menangani keterlimpahan limbah yang secara otomatis memperkuat ekonomi masyarakat dan mengatasi permasalahan lingkungan hidup. Melalui konsep ekonomi sirkular akan memberikan suatu berkelanjutan yang juga menciptakan lingkungan sustainability dan melindungi sumber dayanya dari dampak negatif kegiatan industri secara berkelanjutan. Gerakan untuk mengurangi kelimpahan limbah industry, limbah plastic dan limbah rumah tangga kian ditingkatkan akan tetapi hasilnya memang belum seperti yang diharapkan. Kompleksitas permasalahan mempengaruhi laju keberhasilan Upaya ini. Kesadaran Masyarakat butuh ditumbuhkan melalui Gerakan nyata dalam lingkup tertentu, sehingga akan lebih maksimal dalam menjaring lapisan-lapisan Masyarakat yang memang perlu diberikan pemahaman melalui sosialisasi Gerakan mengurangi limbah sampah secara Bersama-sama dalam semangat mengurangi dampak negative limbah. Permasalahan limbah khususnya limbah besi selain mengurangi dampak negative yang terjadi di lingkungan sekaligus mengaplikasi dalam Upaya peningkatan nilai guna limbah, melalui mode reuse limbah besi. Mode reuse dianggap Langkah tepat dan lebih bermanfaat dalam motede ekonomi sirkular. Hal ini didukung pemikiran untuk meningkatkan nilai guna dan penambah penghasilan melalui kreativitas dan inovasi.

## BAB II

### PERMASALAHAN DAN SOLUSI

#### A. Permasalahan Prioritas

Permasalahan yang dihadapi mitra terkait dengan krisis ekologis di mana akan memberikan dampak signifikan bagi lingkungan baik visualisasi lingkungan, pencemaran udara, tanah dan air karena dampak korositas. Mitra merupakan sekelompok pengrajin pekerja dan pedagang besi (seperti tralis/ornament jendela, pagar, pintu, ornament yang berbahan besi/logam) dengan komoditi lokal segmen pasar menengah ke atas sekitar wilayah Solo Raya (Klaten, Boyolali, Sukoharjo, Sragen, Surakarta). Mitra yang masih menerapkan model ekonomi yang berbasis linear atau “take-make-dispose” (ambil-buat-buang) yang selama ini digunakan sudah tidak relevan atau tidak sesuai lagi untuk dipertahankan menjadi gaya hidup yang dengan pola pikir di tengah krisis ekologis di era sekarang. Model ekonomi yang diadopsi selain boros bahan karena sebenarnya punya nilai guna, juga menyebabkan suatu ekstraksi yang utamanya pada sumber daya alam yang bersifat masif, yang efeknya menyerap energi dan melepaskan emisi gas rumah kaca yang tentu akan lebih besar.



Gambar 1. Skema Permasalahan Mitra dan rencana solusi : Ernesthan BP, 2024

Program PKM Karya seni ini membantu memberikan pemecahan masalah di atas sehingga mengurangi praktik model ekonomi linear yang digeser dengan model ekonomi sirkular (*circular economy*) – yang merupakan model ekonomi yang bersifat lingkaran tertutup, yang secara prinsip di mana sumber daya dan materi akan digunakan secara maksimal nilai gunanya secara berkelanjutan yang mana energi yang dibutuhkan akan lebih hemat yang bersifat terbarukan. Penumpukan limbah dari hari ke hari di beberapa bengkel kerja pengrajin menumpuk korosif yang akan memberikan dampak krisis ekologis secara evolutive. Limbah besi yang dibuang sembarangan di lingkungan perumahan akan memberikan dampak negative. Limbah besi diberdayakan melalui rancangan desain aksesoris lampu yang efektif dan estetis meskipun berbahan dasar limbah. Secara otomatis akan memberikan dampak menanggulangi pencemaran air, udara, tanah serta bau yang tidak sedap.

Permasalahan prioritas yang signifikan dari mitra menjadi target program yang akan dimaksimalkan sebagai upaya pengentasan masalah. Melalui desain produk yang akan memberikan stimulasi yang dirancang sebagai alternatif praktik keberlanjutan karena melihat selain berlimpahnya limbah besi dan logam juga permasalahan lingkungan yang akan mendampangi Masyarakat hidup dalam dampak negative yang terpengaruh langsung dan dirasakan Masyarakat sekitar .

Secara substansial permasalahan prioritas yang signifikan mitra dan Masyarakat sekitarnya adalah krisis ekologi dampak limbah besi dan logam di lingkungan mitra menjadikan lingkungan berdampak polusi , baik karena factor korositas pada limbah besi yang menumpuk yang akhirnya menimbulkan bau yang tidak sedap sehingga menjadikan polusi udara yang sangat mengganggu kualitas udara .

## **B. Solusi Permasalahan**

Berdasarkan permasalahan prioritas tersebut program PKM ISI Surakarta merancang pemecahan masalah berdasarkan analisis permasalahan yang terjadi pada mitra dan Masyarakat sekitarnya. Masalah tersebut diberikan solusi dengan penanganan melalui metode ekonomi sirkular dengan beberapa pendekatan , antara lain :

1. Pelatihan : pemberian materi mitigasi dampak krisis ekologi limbah besi, pemahaman akan memberikan kesadaran akan dampak negative limbah besi terhadap lingkungan. Melatih kreativitas pengrajin dan Masyarakat untuk bisa menghadapi krisis melalui inovasi desain.
2. Reuse : mode ini memanfaatkan kelimpahan limbah dan bagaimana memilah limbah secara baik sehingga bisa digunakan Kembali untuk meningkatkan nilai guna dan penghasilan.
3. Desain aksesoris interior : berlatih menuangkan ide dan gagasan dengan mode reuse dengan memnfaakai secara maksimal limbah besi dan logam sebagai praktik keberlanjutan

## **BAB III**

### **METODE PELAKSANAAN**

Mitra PKM kali ini bergerak di bidang ekonomi produktif . Produksi beberapa komponen bangunan yang terbuat dari besi dan logam pada umumnya. dan mengarah ke ekonomi produktif, maka metode pelaksanaan kegiatan terkait dengan tahapan pada minimal 2 (dua) bidang permasalahan spesifik yang ditangani pada mitra, antara lain adalah : mengelola limbah dan memanfaatkan limbah untuk meningkatkan nilai guna limbah besi.

#### **A. Permasalahan Mengelola Limbah Logam**

Permasalahan mengelola limbah sebagai bagian lingkungan hidup manusia membutuhkan pendekatan permasalahan secara bijaksana , Metode pelaksanaan dilakukan dengan tahapan :

##### **1. Edukasi dalam Pelatihan bagi Pengrajin dan Mitra**

Pendekatan yang diterapkan dalam program kegiatan ini ini adalah pendekatan ekonomi sirkular (sebagai lingkaran tertutup, bukan ambil, buat buang tetapi menjadi ambil, buat, ambil) limbah tidak dibuang tetapi direuse sebagai produk yang lebih bernilai guna . simulasi dan pelatihan dirasa tepat untuk memberikan pemahaman akan prinsip metode ekonomi sirkular. Pendekatan ekonomi sirkular (Rahmat Syarif, 2022) sebagai model ekonomi yang bersifat lingkaran tertutup, yang pada prinsipnya menghandel secara cermat sumber daya dan materi yang akan digunakan secara maksimal dalam hal nilai gunanya serta secara berkelanjutan.



Di mana energi yang dibutuhkan akan lebih hemat yang bersifat terbarukan, terbarukan dalam arti akan memberikan nilai guna lebih tinggi serta lebih bermanfaat bagi peningkatan ekonomi khususnya pengrajin serta tidak memberikan dampak buruk bagi lingkungan sekitarnya. Penerapan metode ini juga mampu mengurangi praktik model ekonomi linear (ambil, buat, buang) yang membiarkan limbah menumpuk dan tak terbarukan bahkan akan memberi dampak yang buruk bagi pencemaran lingkungan dari waktu ke waktu.

Ekonomi melingkar adalah sistem ekonomi yang bertujuan untuk menghilangkan limbah dan mendorong penggunaan sumber daya secara berkelanjutan. Dalam sistem ini, produk dirancang untuk digunakan kembali, diperbaiki, dan didaur ulang, daripada dibuang setelah sekali pakai. Dengan menerapkan prinsip-prinsip ekonomi melingkar (Anne & Phil, 2021) (Nuh dkk., 2021) (de dkk., 2023) (TATJANA dkk., 2021) (Morseletto, 2022) (Florenzia dkk., 2022) (Dzintra dkk., 2023), perusahaan dapat mengurangi dampak lingkungan dan menciptakan masa depan yang lebih berkelanjutan. Pergeseran menuju ekonomi melingkar ini juga menghadirkan peluang untuk inovasi dan penciptaan lapangan kerja di industri seperti daur ulang dan produksi ulang. Selain itu, dengan menjaga sumber daya tetap digunakan selama mungkin, ekonomi sirkular dapat membantu mengurangi tekanan pada sumber daya yang terbatas di planet ini. Secara keseluruhan, menerapkan pola pikir ekonomi melingkar sangat penting untuk mengatasi tantangan perubahan iklim dan menciptakan ekonomi yang lebih tangguh dan sejahtera bagi generasi mendatang. Salah satu aspek kunci dalam menerapkan metode ekonomi sirkular dalam perekonomian adalah perlunya kolaborasi dan kerja sama di antara berbagai pemangku kepentingan. Hal ini mencakup lembaga pemerintah, bisnis, organisasi nirlaba, dan konsumen yang bekerja sama untuk mempromosikan praktik-praktik berkelanjutan dan mengurangi limbah.

2. Tahap : Edukasi praktik desain keberlanjutan melalui pembinaan kemitraan

Pengelolaan limbah logam dapat mempercepat transisi menuju ekonomi melingkar dan memaksimalkan manfaatnya. Selain itu, upaya pendidikan dan peningkatan kesadaran sangat penting untuk memastikan adopsi prinsip-prinsip ekonomi sirkular secara luas. Melalui lokakarya, program pelatihan, dan kampanye publik, kita dapat memberdayakan individu dan organisasi untuk membuat pilihan berdasarkan informasi yang mendukung masa depan yang lebih berkelanjutan. Pada akhirnya, kita semua bertanggung jawab untuk mengambil tindakan dan mengimplementasikan perubahan yang akan mengarah pada masyarakat yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Dengan bekerja sama dan berkomitmen pada model ekonomi sirkular, kita dapat meminimalkan dampak kita terhadap planet ini dan menciptakan masa depan yang lebih sejahtera dan adil bagi semua. Melalui kolaborasi, edukasi, dan advokasi, kita dapat mendorong perubahan nyata dan membangun ekonomi yang lebih tangguh dan regeneratif untuk generasi yang akan datang.

Penerapan metode ekonomi sirkular sangat penting untuk pembangunan berkelanjutan. Pergeseran menuju ekonomi sirkular ini sangat penting untuk mengatasi masalah lingkungan yang mendesak yang dihadapi dunia saat ini. Dengan memikirkan kembali pendekatan kita terhadap produksi, konsumsi, dan pengelolaan limbah (Anand, n.d.), kita dapat mengurangi jejak karbon, melestarikan sumber daya, dan melindungi ekosistem. Ekonomi melingkar menawarkan solusi holistik yang tidak hanya bermanfaat bagi lingkungan, tetapi juga berpotensi mendorong pertumbuhan ekonomi dan kemajuan sosial. Dalam upaya kita menuju masa depan yang lebih berkelanjutan, sangat penting bagi perusahaan, pemerintah, dan individu untuk merangkul prinsip-prinsip sirkularitas dan bekerja sama untuk menciptakan ekonomi yang lebih tangguh dan regeneratif. Dengan beralih ke model ekonomi sirkular, kita dapat menciptakan sistem di mana sumber daya digunakan kembali, didaur ulang, dan digunakan kembali, meminimalkan limbah dan memaksimalkan efisiensi. Pendekatan ini tidak hanya membantu mengurangi dampak

perubahan iklim dan polusi, tetapi juga mendorong inovasi dan menciptakan peluang baru untuk pekerjaan ramah lingkungan dan pembangunan berkelanjutan. Sangat penting bagi kita untuk memprioritaskan kolaborasi dan kerja sama di seluruh sektor masyarakat untuk memastikan planet yang berkembang dan tangguh bagi generasi mendatang. Bersama-sama, kita dapat membangun dunia yang lebih berkelanjutan yang bermanfaat bagi manusia dan planet ini. Tahapan dari metode ini antara lain sebagai berikut :

a. Kurangi, gunakan kembali, dan daur ulang

Prinsip tersebut sebagai langkah dasar dalam aplikasi metode ekonomi sirkular, Dengan berfokus pada prinsip-prinsip ini, kita dapat beralih dari model produksi dan konsumsi linier tradisional, di mana sumber daya diekstraksi, digunakan, dan kemudian dibuang. Sebagai gantinya, kita dapat menciptakan sistem loop tertutup di mana bahan terus disirkulasikan dan digunakan kembali (Qianyuan et al., 2017), yang mengarah pada pengurangan limbah dan cara hidup yang lebih berkelanjutan. Pergeseran ini membutuhkan perubahan pola pikir dan komitmen untuk memikirkan kembali bagaimana kita merancang, memproduksi, dan mengonsumsi barang dan jasa. Dengan merangkul prinsip-prinsip ekonomi sirkular, kita dapat menciptakan masa depan yang lebih tangguh dan sejahtera bagi semua.

b. Dengan merancang produk yang tahan lama dan dapat digunakan lagi.

Dapat memastikan bahwa bahan dapat dengan mudah dipulihkan dan digunakan kembali pada akhir siklus hidupnya. Hal ini tidak hanya mengurangi kebutuhan akan sumber daya baru, tetapi juga meminimalkan dampak lingkungan dari produksi. Selain itu, dengan mempromosikan perbaikan, perbaikan, dan produksi ulang barang, kita dapat memperpanjang masa pakainya dan mengurangi jumlah limbah yang dikirim ke tempat pembuangan akhir.

Pada akhirnya, merangkul ekonomi sirkular dapat menghasilkan ekonomi yang lebih efisien dan berkelanjutan yang bermanfaat bagi

manusia dan planet ini. Dengan mengalihkan fokus kita dari model “ambil-buat-buang” linier ke ekonomi sirkular, kita dapat menciptakan sistem lingkaran tertutup di mana sumber daya terus menerus digunakan kembali dan diregenerasi. Pendekatan ini tidak hanya melestarikan sumber daya alam, tetapi juga membantu mengurangi perubahan iklim dan melestarikan keanekaragaman hayati.

Dengan mengadopsi praktik-praktik berkelanjutan dan mendorong ekonomi sirkular, kita dapat membuka jalan menuju masa depan yang lebih hijau dan lebih tangguh untuk generasi yang akan datang. Sangat penting bagi perusahaan, pemerintah, dan individu untuk bekerja sama dalam mengimplementasikan strategi ini dan menciptakan dunia yang lebih berkelanjutan untuk semua. Limbah besi yang menumpuk dari hari ke hari di beberapa bengkel kerja pengrajin akan terjadi korositas yang selain menciptakan pemandangan tidak baik juga akan memberikan dampak krisis ekologis secara evolutive. Limbah besi yang dibuang sembarangan di lingkungan perumahan akan memberikan dampak negative. Limbah besi tersebut membutuhkan penanganan efektif sehingga tidak menimbulkan dampak seperti pencemaran air, udara, tanah serta bau yang tidak sedap. Limbah besi yang sudah tidak terpakai dilokasikan di area public bahkan akan menimbulkan gangguan yang lebih besar lagi bagi kelangsungan lingkungan, yakni menimbulkan sumber penyakit dan bencana.

## **B. Permasalahan Meningkatkan Nilai Guna Limbah Logam**

Permasalahan meningkatkan nilai guna limbah melalui mode reuse dengan pendekatan praktik desain berkelanjutan yang ergonomis dan sesuai dengan tema dan gaya. Mode reuse dengan strategi ergonomic yang mengikuti tema dan gaya desainnya. Visi vital dalam program ini mode reuse limbah yang melimpah dikaryakan dan diberdayakan sebagai material setengah jadi sebagai unsur bahan baku yang memiliki nilai jual lebih tinggi dibanding sekedar

sebagai kayu bakar. Langkah tahapan mode reuse sendiri antara lain mengacu pada tahapan berikut:

1. Merancang Desain Reuse dengan Pendekatan Ergonomi

Pendekatan ergonomic diterapkan sebagai panduan vital bagi parameter dimensi, aspek antropometri yang ideal bagi produk yang dirancang sehingga mampu memberikan suatu kenyamanan dan peningkatan produktivitas bagi pengguna. Kesesuaian antropometri dan pemikiran ergonomic (Iman Dianat, 2018) akan menciptakan kinerja maksimal bagi aktivitas manusia. Antropometri yang tepat, visualisasi bentuk yang ideal serta penerapan warna dan tekstur dalam rancangan akan mampu mengawal standart kelayakan bagi keamanan dan kenyamanan pengguna produk.

2. Pendekatan Tema dan gaya

Reuse sebagai suatu upaya untuk menjadikan sesuatu barang bekas menjadi lebih bernilai guna. (Abdul Rahman Singkam, 2022). Hal ini akan tepat sekali diadilkan sebagai pendekatan yang terintegrasi dengan mode circular economy. Tema sebagai *an idea on mind* menjadi dasar penciptaan yang akan memandu tampilan visual dan teknis sebuah rancangan. Tema yang diaplikasikan pada rancangan desain disini adalah tema “modern eklektic” yang akan memandu pengrajin untuk belajar mewujudkan karya desain standing lamp sebagai penerapan simulasi. Tema ini memperlihatkan karakter visual secara modern dan terkesan kokoh serta komposisi limbah besi secara inovatif.

### C. Partisipasi Mitra

Partisipasi mitra dalam program PKM Desain Interior ISI Surakarta tahun 2024 ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Mengkoordinasi pengrajin dalam pelaksanaan program ini.

Mitra melakukan pendekatan dan menginformasikan kegiatan secara personal dan mampu mengumpulkan pengrajin yang berminat untuk meningkatkan nilai guna dan pengelolaan limbah secara kolektif

2. Menyediakan tempat untuk simulasi dan praktik pembuatan desain aksesoris interior .

Mitra menyediakan area khusus untuk praktik dan sosialisasi mitigasi krisis ekologi dampak limbah besi. Support kegiatan dan menyediakan listik dan penerangan yang memadai, yang terpenting rela menyediakan peralatan las untuk mewujudkan contoh desain reuse limbah.

3. Mitra menyediakan data terkait pengrajin dan membantu memperjelas permasalahan yang terjadi di lingkungan terdampak.

Mitra menyediakan partisipan peserta pelatihan yang dianggap mau berkembang dan memperoleh pencerahan dalam mengelola limbah dan meningkatkan nilai guna limbah logam.

#### **D. Evaluasi pelaksanaan program dan keberlanjutan program di lapangan setelah kegiatan selesai dilaksanakan**

Evaluasi dilaksana dalam 2 periode yang memungkinkan untuk bisa memperkirakan efektivitas dan kebermanfaatan program kerja bagi pemecahan permasalahan mitra dan pengrajin. Periode pelaksanaan evaluasi antara lain sebagai berikut:

- 1) Evaluasi pelaksanaan program dilakukan secara otomatis Ketika program dilaksanakan sejauhmana efektifitas dan dampaknya bagi pemecahan masalah dilakukan terhadap peserta pengrajin dan mitra pada tahap pelatihan membuat desain rancangan produk interior.
- 2) Sedang untuk tahap edukasi dan pemberian pemahaman yang berdampak kesadaran dilakukan setelah program dilaksanakan . Evaluasi ini membutuhkan penilaian kinerja pra pelatihan , monitoring pelaksanaan program melalui pengamatan dan analisis yang dilakukan peserta PKM yakni pihak dosen , juga monitoring efektivitas pelatihan.Yakni dengan

mencatat hasil kinerja karyawan setelah pelaksanaan pelatihan sangat penting untuk mengukur efektivitas pelatihan. Di fase ini akan bisa diketahui peningkatan hasil kinerja yang sudah dicapai oleh pengrajin dari sebelum pelaksanaan pelatihan dan setelah pelaksanaan pelatihan.

3) melengkapi evaluasi dengan lembar penilaian.

Lembar penilaian ini nantinya akan dikomunikasikan secara terbuka melalui pertemuan khusus atau rapat terbuka dengan semua peserta pelatihan yang telah menjalani proses pelatihan. Dari rapat evaluasi ini akan diketahui masalah – masalah apa saja yang terjadi selama proses pelatihan, masalah praktek hasil pelatihan di lapangan, serta berbagai macam kesulitan yang dialami oleh pengrajin dan mitra selama mempraktekkan hasil pelatihan. Terakhir dengan pencatatan di lembar penilaian.

Sedang keberlanjutan program di lapangan setelah kegiatan selesai dilaksanakan dilakukan peninjauan atau kunjungan kerja berkala paling tidak 1 bulan setelah pelaksanaan dan berulang hingga tiga kali kunjungan untuk memastikan ilmu terserap dan ketrampilan pengrajin bertambah yang akan mampu memberikan Solusi nyata dengan permasalahan spesifik mitra dan pengrajin. pengelolaan limbah dan peningkatan nilai guna limbah akan dapat diobservasi lagi apakah pengrajin menerapkan dan jika kurang maksimal kendalanya apa akan membutuhkan penelitian dan dukungan data untuk mengungkap penyebabnya.

#### **E. Peran dan tugas dari masing-masing anggota tim sesuai dengan kompetensinya dan penugasan mahasiswa**

Program PKM Desain interior tahun ini melibatkan tim pelaksana yang solid dan kompak dalam koordinasi dan kontribusinya. Kerjasama kompak dilakukan dari mulai penyusunan proposal kegiatan dan pelaksanaannya. Berikut peran dan tugas masing-masing anggota tim pelaksana serta kompetensi masing-masing:

No	Nama	Jabatan dalam Tim	Kompetensi	Tugas
1	Putri Sekar Hapsari	Ketua Pengusul	Desain Interior, memiliki kompetensi bidang interior aksesoris, ergonomic	Mengkoordinasi semua kegiatan dan bertanggungjawab dalam pelaksanaan kegiatan
2	Siti Badriyah	Anggota 1	Desain interior, memiliki kompetensi rancangan interior rumah tinggal, aksesoris interior dan tehnik merancang elemen pengisi ruang	Bertanggungjawab dalam kegiatan , sortir bahan, perancangan ide desain stimulasi dan quality control
3	Ernesthan Budi P	Anggota 2	Desain interior, memiliki kompetensi rancangan interior pertunjukan, matra nusantara, tata Cahaya	Bertanggungjawab dalam kegiatan , sortir bahan, perancangan ide desain stimulasi dan quality control
4	Agung Purnomo	Anggota 3	Desain interior, memiliki kompetensi rancangan interior konservasi, ,	Bertanggungjawab dalam kegiatan , sortir bahan, perancangan ide desain stimulasi
5	Faricha risqi	Anggota 4	Bahasa Inggris, memiliki kompetensi dalam membuat modul dan laporan program	Bertanggung jawab dalam administrasi dan publikasi
6	Ellan Andriano	Mahasiswa 1	Desain interior, membantu dalam membuat gambar kerja dan sketsa desain	Membantu proses identifikasi, transfer ide, eksplorasi sketsa dan monitoring
5	Fany Novia R	Mahasiswa 2	Desain interior, membantu dalam mebuat sketsa dan dokumentasi	Membantu proses identifikasi, transfer ide, eksplorasi sketsa dan monitoring

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pelaksanaan program ini merupakan langkah efektif untuk menyiapkan langkah-langkah kerja sistematis dalam frame work yang terkontrol, dalam program kegiatan ini mengacu pada dua opsi Solusi yang telah dirancang yakni pelatihan dan perancangan bagi mitigasi krisis ekologi sebagai upaya pemberdayaan limbah besi dan mengurangi dampak negative lingkungan .

#### **A. Tahapan kegiatan**

Langkah-langkah kegiatan yang berorientasi pada pengentasan masalah aspek mindset produktif dan bidang manajemen pengelolaan lingkungan sebagai upaya preventif terhadap krisis ekologi, antara lain sebagai berikut:

##### **1. Sosialisasi Mitigasi krisis Ekologi Limbah Besi (*Brainstorming*)**

Rencana mengundang sekitar 15 orang pengrajin besi untuk memberikan pemahaman dan kesadaran akan mindset economy circular dan penerapannya. Tahap ini secara implementatif memberikan edukasi dengan pemahaman kepada para pengrajin untuk menyadari akan tanggungjawab kita terhadap keberlanjutan lingkungan, yang akan kita wariskan kepada generasi yang akan datang. Memahamkan akan kepedulian kita terhadap dampak negative akibat perilaku dan kegiatan yang meningkatkan keberlimpahan limbah . khususnya limbah logam atau besi di area Joyosuran dan negara Indonesia pada umumnya. Menjelaskan tujuan kegiatan PKM Prodi desain Interior dalam rangka berkontribusi membantu memberikan pemahaman dan Tindakan strategis dalam mengatasi limbah besi melalui rancangan desain aksesoris interior dan metode ekonomi sirkular sebagai dukungan akan kepedulian lingkungan yang berkelanjutan. Dampak berlimpahnya limbah besi akan mengakibatkan lingkungan menerima kerugian dan kualitas fisik yang meneruskan munculnya banyak penyakit dan tercemarnya udara dan air dari korosi besi yang menumpuk dan tidak tertangani secara bijaksana.

Acara sosialisasi dilakukan dalam forum pertemuan di tingkat RT dengan para pengrajin besi yang memiliki limbah besi. Data peserta berdasarkan survey dari mitra pengrajin terutama yang membuat produk begel, kaki ayam dan jual steel plate. Materi yang disajikan adalah dampak buruk limbah besi dan nilai guna limbah besi sebagai desain aksesoris interior yang memiliki nilai guna dan seni secara ekonomi, serta pemahaman metode ekonomi sirkular. Memberikan pemahaman dasar perancangan yang berbasis limbah besi



Gambar 2. Kegiatan sosialisasi metode ekonomi sirkular dengan reuse limbah besi dengan masyarakat Joyosuran, Surakarta  
(Foto: Ernasthan, 2024)

Sosialisasi dilakukan di rumah mitra pengrajin besi yang ruang rapatnya tidak begitu luas, akan tetap cukup untuk mengumpulkan para pengrajin besi yang kebanyakan tenaga bukan juragan besi. Pengrajin besi ini mayoritas melakukan pekerjaan dalam membuat beberapa komponen besi untuk bangunan, seperti cakar ayam, trails pintu atau jendela, pagar, handrail tangga besi, grill selokan, juga kuda-kuda atap. Area garap pekerjaan sangat berkait erat dengan bangunan, interior dan arsitektur. Tenaga kerja ini kebanyakan mengikuti pekerjaan yang diberikan bos atau atasannya (juragan). Berdasarkan apa yang disampaikan para tenaga pengrajin besi ini di pertemuan sosialisasi masing-masing Perusahaan atasannya memiliki limbah besi yang kurang ditangani, ada yang dikilokan sebagai rosok, bahkan ada yang dibiarkan menumpuk dan terjadi korositas yang memberi dampak negative bagi lingkungan.

Permasalahan terkait limbah besi ini menjadi sangat konkrit dengan penjelasan dan informasi langsung dari pengrajin besi dalam forum sosialisasi program PKM prodi desain interior ISI Surakarta . Penanganan limbah juga pemanfaatannya masih belum ditangani secara maksimal, masih bisa dimaksimalkan melalui metode yang ditawarkan pihak PKM melalui program sistematis yang diterapkan dan dilakukan pengrajin melalui arahan pelaku PKM prodi Desain Interior ISI Surakarta. Program sistematis dari PKM Prodi Desain Interior ISI tahun 2024 ini mempersiapkan suatu Solusi terkait dengan limbah besi, antara lain sosialisasi pemahaman dan kesadaran akan praktik keberlanjutan melalui rancangan Reuse limbah besi dengan sekaligus menerapkan metode ekonomi sirkular. Rancangan desain aksesoris interior akan memanfaatkan reuse limbah besi atau logam lainnya yang diaplikasi sebagai komponen vital rancangan. Materi pemahaman melalui diskusi dengan para pengrajin dan dibekali modul praktis metode Reuse Limbah besi dengan konsep keberlanjutan dan dukungan ekonomi sirkular sebagai bagian penting dalam menaikan nilai guna limbah besi atau limbah logam lainnya.



Gambar 3. Agenda pokok sosialisasi dengan pemaparan permasalahan lingkungan limbah besi dan solusinya di rumah mitra PKM  
(Foto: Fany R, 2024)

Foto di atas Ketika kegiatan sosialisasi pengrajin diberikan modul praktis terkait metode ekonomi sirkular yang disusun dengan Bahasa ringan sehingga mudah dipahami pengrajin. Substansi modul adalah suatu cara atau metode penanganan limbah yang bisa menjadi solusi penanganan permasalahan peningkatan ekonomi dan penanganan limbah lingkungan Joyosuran. Modul sederhana sebagai buku saku yang bisa dibagikan pengrajin lain sehingga paham akan metode ekonomi sirkular melalui reuse limbah besi dengan desain aksesoris interior. Event sosialisasi ini menggali banyak info dari para pengrajin terkait dengan permasalahan limbah, dengan berbagai keterbatasan dalam menanganinya. Forum ini menjadi potensial dalam memastikan rancangan pemecahan masalah yang komprehensif bagi penanganan limbah besi. Tahap ini menjadi sangat bermanfaat bagi Langkah dan tahap selanjutnya dalam program kerja PKM dosen Desain Interior ISI Surakarta.

Kegiatan sosialisasi ini dilaksanakan para dosen Desain interior yang terdiri dari ibu Putri Sekar Hapsari, SSn, MA yang dalam hal ini sebagai ketua pelaksana bertugas mengkoordinasi antara mitra dan pengrajin dalam tahap awal hingga akhir kegiatan ini. Ketua didampingi anggota I Dr. Siti Badriyah, SSn, MHum dalam hal ini membantu dalam menyiapkan semua persiapan kegiatan sosialisasi dan mendata pengrajin serta memberikan materi suplemen. Kemudian anggota 2 Bp. Raden Ernasthan BP, SSn, MSn, anggota 3 Dr Agung Purnomo, SSn, MSn serta ibu Faricha Rizky sebagai anggota 4.



Gambar 4. Akhir sesi event sosialisasi metode ekonomi sirkular sebagai Solusi permasalahan limbah besi (Foto : Fany R, 2024)

## 2. Pelatihan membuat Desain Aksesoris berbahan Limbah Besi (*Simulation of Product Design*)

Pelatihan membuat desain aksesoris interior dibagi menjadi 2 tahapan, pertama tahap penuangan ide melalui sketsa dan diskusi pengrajin yang dibantu anggota Program PKM. Tahap pertama ini juga dilengkapi dengan menggambar proyeksi setelah ide/gagasan sudah disepakati dan fix untuk diproduksi. Tahap kedua yakni proses perakitan /tahap produksi) pengrajin yang mengikuti (kurang lebih 13 orang) sedang dalam membuat gambar ide apalagi gambar kerja hanya sedikit yang berminat 3 orang pengrajin. Pendidikan para pengrajin maksimal SMA, sehingga belum paham tahap-tahap mendesain, hal ini membutuhkan penjelasan-penjelasan yang panjang untuk bisa dimengerti. Pengetahuan mendesain dalam pelatihan kali ini diberikan secara santai dan lesehan di teras area lingkungan mitra, sehingga tidak berkesan formal

Tabel Daftar Peserta :

- a. Tahap membuat ide desain hanya beberapa pengrajin yang tertarik dalam menuangkan ide dalam sketsa, mereka menginginkan bentuk tertentu tetapi kurang mampu menggambarkan secara dua

demensi/sketsa , mereka lebih tertarik dengan model dan bentuk yang ada di internet, akan tetapi kami memberikan pemahaman akan originalitas produk sehingga akan berguna dalam paten produk atau hak cipta suatu saat akan berguna . Dari 13 pengrajin yang bisa menuangkan ide secara benar belum ada, sehingga Latihan mendesain tidak diberikan secara detail hanya contoh-contoh saja diberikan mulai dari konsep desain sesuai kebutuhan atau pesanan pasar, sketsa desain dan gambar kerja dicontohkan secara jelas dijelaskan bagian-bagian dari gambar yang membantu pengrajin untuk memproduksi yakni gambar proyeksi yang terdiri dari gambar tampak depan, atas, samping dan potongan serta gambar detail dan perspektif. Gambar perspektif cukup memahamkan pengrajin akan bentuk secara keseluruhan , yang secara konstruktif memudahkan dalam produksi. Mereka berlatih menuangkan ide, diharapkan para pengrajin bisa mengerjakan sendiri tanpa harus membayar orang lain, meskipun secara sederhana.

- b. Definisi Freehand Drawing dalam desain interior atau produk . Sketsa atau freehand Drawing dalam desain produk mengacu pada teknik membuat sketsa gagasan dan konsep hanya menggunakan alat tulis seperti pensil atau bolpoint. Metode ini membantu pengrajin dalam menuangkan keinginan klien atau konsumen yang memberikan contoh produk atau tidak punya contoh sehingga mampu memberikan gambaran akan bentuk yang diinginkan meskipun dalam konteks ini pengrajin belum ada yang sesuai dengan standart sketsa ide. Sketsa ide memungkinkan pengrajin untuk dengan lebih mudah menuangkan gagasan sesuai yang dibayangkan secara lebih cepat dapat divisualkan sehingga memberikan pemahaman lebih cepat pada klien. Mampu mengekspresikan kreativitas dan visi konsumen secara visual atau dua dimensi. Freehand drawing merupakan keterampilan wajib dimiliki dan penting bagi desainer interior atau produk karena membantu mengkomunikasikan ide, mengeksplorasi konsep yang berbeda, dan menyempurnakan desain sebelum beralih ke proses yang lebih rinci dan

teknis. Sebagai contoh, seorang desainer interior atau produk dapat menggunakan freehand drawing untuk membuat sketsa berbagai literasi desain kursi baru, mengeksplorasi berbagai bentuk, bahan, dan proporsi. Freehand drawing menuangkan ide-ide yang dibutuhkan konsumen ini dengan cepat di atas kertas, dari kaca mata perancang atau desainer interior atau produk dapat dengan mudah membandingkan dan mengevaluasi setiap konsep dalam bentuk performa sketsa ide sebelum memutuskan desain akhir yang akan digunakan. Tentu saja hal ini memungkinkan proses desain berjalan lebih efisien atau berulang-ulang yang pada akhirnya menghasilkan produk akhir yang lebih kuat.

c. Pentingnya Gambar Freehand dalam proses desain

Hal penting yang harus diperhatikan dan menjadi kemampuan vital dari menggambar sketsa dalam proses desain adalah kemampuannya memberikan Solusi permasalahan desain secara cepat, intuitif dan inovatif, mampu mengkomunikasikan gagasan dengan cepat. Berbeda dengan alat digital, berkesan kaku dan terbatas dengan freehand drawing akan lebih memungkinkan eksplorasi ide yang lebih cair, ekstend dan organik. Kemampuan ini akan sangat membantu pada tahap awal proses desain ketika kreativitas dan inovasi sangat penting. Selain itu, sketsa atau freehand drawing dapat membantu para perancang untuk memikirkan masalah-masalah yang lebih kompleks dan memvisualisasikan solusi potensial dengan cara yang lebih intuitif dan langsung. Bagi pengrajin masih jauh dari kemampuan itu akan tetapi cukup menuangkan ide secara sederhana sudah mencukupi profesinya, jika mampu menuangkan ide dan mengkomunikasikan pada konsumen akan lebih baik dan cukup membantu.



Membiarkan ide mengalir bebas melalui corat coret terarah menarasikan pemikiran dan ide dalam konsep di atas kertas, desainer dapat menemukan hubungan, keluasan solusi dan kemungkinan tak terduga yang tidak muncul melalui metode desain yang lebih terstruktur. Secara keseluruhan, sketsa atau freehand drawing memberikan kemungkinan tak terbatas dalam penuangan ide diiringi rasa kebebasan dan spontanitas dapat menghasilkan solusi desain yang lebih sesuai, inovatif dan unik. Metode melalui kebebasan sketsa desain, para pengrajin akan dapat mendorong batas-batas imajinasi dan dasar logika mereka dan menghasilkan novelty, seperti yang dilakukan perancang/desainer. Novelty yang mampu merangkum konsep yang benar-benar orisinal yang spesifik. Secara garis besar free hand drawing tidak hanya sekedar media menorehkan sketsa ide, tetapi juga sebagai transformasi ide-ide vital untuk melepaskan inovasi, kreativitas, imajinasi dan inspirasi dalam proses desain.

d. Sketsa desain memungkinkan eksplorasi ide yang cepat

Sketsa ide sebagai media eksplorasi konsep dan variasi yang berbeda tanpa dibatasi oleh batasan alat digital. Kebebasan untuk membuat sketsa dan mengulang dengan cepat ini dapat menghasilkan solusi yang lebih kreatif dan inovatif yang mungkin tidak dapat dilakukan hanya dengan menggunakan alat digital. Selain itu, menggambar dengan tangan dapat membantu para desainer untuk

berpikir lebih lancar dan intuitif, memanfaatkan imajinasi mereka dan memungkinkan proses desain yang lebih organik dan orisinal. Dengan menggunakan gambar tangan bebas dalam desain produk, desainer juga dapat mengomunikasikan ide-ide mereka secara lebih efektif kepada anggota tim dan klien. Kesederhanaan dan kesegeraan sketsa dengan tangan dapat membantu menyampaikan esensi dari sebuah konsep tanpa terjebak dalam detail yang tidak perlu. Komunikasi yang jelas ini dapat menghasilkan pengambilan keputusan yang lebih cepat dan proses desain yang lebih efisien secara keseluruhan. Secara keseluruhan, penggunaan gambar tangan bebas dalam desain produk dapat sangat meningkatkan kreativitas, kolaborasi, dan pada akhirnya, keberhasilan produk akhir.

e. Teknik Menggambar Tangan Bebas dalam Desain Produk

- 1) Membuat sketsa bentuk dan bentuk dasar
- 2) Membantu mengembangkan kreativitas dan keterampilan komunikasi visual, memungkinkan para desainer untuk berpikir di luar kebiasaan dan menghasilkan solusi inovatif untuk tantangan desain. Dengan mengasah keterampilan menggambar tangan bebas, desainer dapat secara efektif mengkomunikasikan ide-ide mereka kepada klien, kolega, dan pemangku kepentingan, sehingga menumbuhkan pemahaman dan apresiasi yang lebih dalam terhadap konsep desain.
- 3) Memungkinkan para desainer untuk mengeksplorasi berbagai konsep dan perspektif, mendorong mereka untuk bereksperimen dengan berbagai elemen dan pendekatan desain. Melalui gambar tangan bebas, desainer dapat dengan cepat mengulangi ide, menyempurnakan dan meningkatkannya untuk menciptakan desain yang lebih kohesif dan dipikirkan dengan matang.



Gambar 5. Pelatihan: sesi pemberian materi seleksi atau pemilihan limbah sehingga memiliki nilai guna yang lebih.  
(Foto : Putri sekar H, 2024)

f. Teknik Sketsa (free hand Drawing) dalam Desain Produk Reuse Limbah Besi

Membuat sketsa bentuk dan bentuk dasar adalah keterampilan dasar yang harus dikuasai oleh semua desainer. Dengan memulai dengan bentuk-bentuk sederhana, desainer dapat secara bertahap mengembangkannya untuk menciptakan desain yang lebih kompleks dan terperinci. Teknik ini membantu desainer untuk memecah ide yang kompleks menjadi komponen-komponen yang dapat dikelola, sehingga lebih mudah untuk memvisualisasikan dan mengkomunikasikan konsep desain mereka.



Gambar 6. Pelatihan: sesi pemberian materi seleksi atau pemilihan limbah sehingga memiliki nilai guna yang lebih.  
(Foto : Putri sekar H, 2024)

Menggunakan bayangan dan tekstur untuk menambah kedalaman dan dimensi pada sketsa mereka adalah teknik penting lainnya dalam menggambar bebas untuk desain produk. Dengan mengamati secara cermat bagaimana cahaya berinteraksi dengan permukaan yang berbeda, para desainer dapat menciptakan gambar yang lebih realistis dan dinamis. Bayangan juga dapat membantu menyampaikan materialitas dari sebuah desain, apakah itu logam, plastik, atau kain. Tekstur, di sisi lain, dapat menambahkan kualitas sentuhan pada sketsa, memberikan gambaran kepada pemirsa tentang bagaimana produk tersebut akan terasa dalam kehidupan nyata. Teknik-teknik ini dapat membantu para desainer mewujudkan ide-ide mereka di atas kertas, memungkinkan mereka untuk mengeksplorasi berbagai kemungkinan dan menyempurnakan desain mereka sebelum beralih ke rendering yang lebih rinci. Secara keseluruhan, menguasai teknik bayangan dan tekstur dalam gambar tangan bebas sangat penting bagi

para perancang produk untuk mengkomunikasikan ide dan konsep mereka secara efektif. Dengan memasukkan elemen-elemen ini ke dalam sketsa mereka, para desainer dapat meningkatkan tingkat realisme dan kedalaman dalam gambar mereka, membuatnya lebih menarik dan informatif bagi klien dan pemangku kepentingan. Selain itu, mempraktikkan teknik bayangan dan tekstur juga dapat meningkatkan keterampilan menggambar desainer secara keseluruhan, sehingga mereka dapat membuat presentasi yang lebih menarik dan menarik secara visual. Pada akhirnya, teknik-teknik ini berfungsi sebagai alat yang ampuh bagi para desainer produk untuk menyampaikan visi mereka secara efektif dan mewujudkan desain mereka di atas kertas.



Gambar 7. Sesi tanya jawab setelah pemberian materi tahapan membuat rancangan produk  
(Foto : ernest :2024)

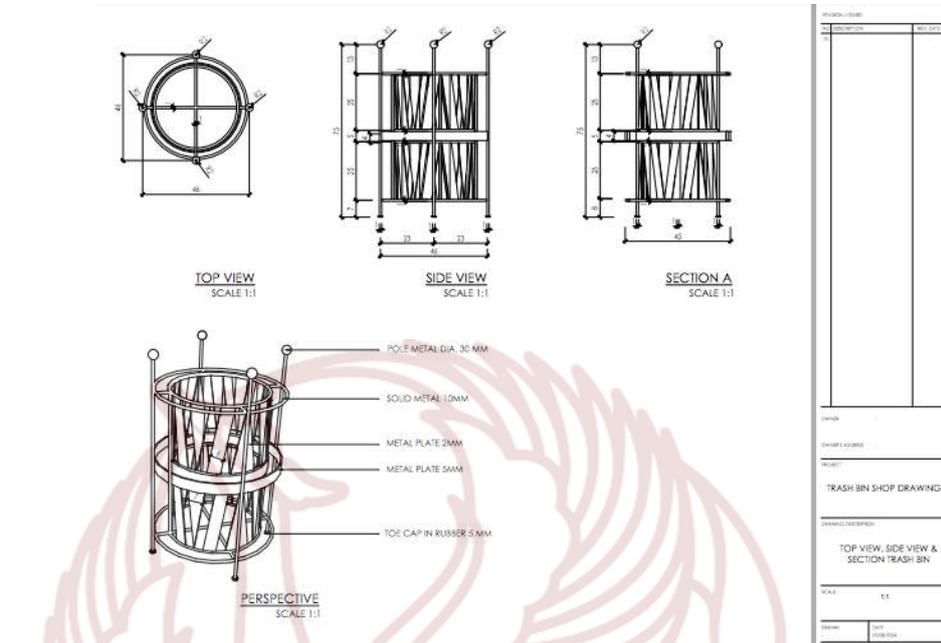
Memadukan perspektif dan proporsi untuk menciptakan desain yang realistis adalah aspek penting lainnya dari membuat sketsa bagi para desainer. Dengan memahami cara merepresentasikan kedalaman dan skala secara akurat dalam gambar mereka, para desainer bisa

menciptakan desain yang lebih meyakinkan dan menarik secara visual. Perspektif dapat membantu menciptakan kesan tiga dimensi, sementara proporsi memastikan bahwa objek dalam sketsa memiliki ukuran yang akurat dalam hubungannya satu sama lain. Dengan menguasai teknik-teknik ini, para desainer dapat membuat sketsa yang secara efektif mengomunikasikan visi mereka kepada klien dan kolaborator. D. Selain itu, melatih perspektif dan proporsi dapat membantu desainer meningkatkan kesadaran spasial mereka dan memahami bagaimana berbagai elemen berinteraksi dalam sebuah ruang. Hal ini dapat sangat membantu ketika mendesain interior atau struktur arsitektur, di mana pengukuran dan proporsi yang akurat sangat penting untuk fungsionalitas dan daya tarik estetika. Dengan mengasah keterampilan membuat sketsa, para desainer dapat memvisualisasikan ide-ide mereka dengan lebih baik dan menghidupkannya dengan cara yang beresonansi dengan audiens mereka. Secara keseluruhan, menguasai perspektif dan proporsi dalam membuat sketsa adalah keterampilan penting bagi setiap desainer yang ingin menciptakan desain yang berdampak dan sukses.

- g. Tahap membuat gambar kerja . Pengrajin dan mitra lebih mempercayakan drafter (mahasiswa yang membuat dengan beberapa masukan terkait penggunaan bahan limbah yang diarahkan pengrajin besi) , sehingga lebih mudah bagi mereka untuk memproduksi secara benar dan akurat.

Tahap ini dilakukan mahasiswa dalam pengarahan dosen . gambar yang ditekankan dalam gambar proyeksi dengan tampilan gambar yang menampilkan bagian atas (yang akan membantu pengrajin /mitra dalam melihat penampang atas secara lebih detail); gambar tampak samping (gambar ini akan membantu pngrajin untuk melihat visualisasi akhir bagian mengeliling permukaan armature desain aksesoris interior secara lebih presisi dalam detailnya.tampilan yang juga tak kalah penting yaitu bagian secara menyeluruh secara plastis tampil secara menyeluruh

dalam perspektif sehingga mitra /pengrajin mampu membayangkan bentuk akhir dari produk yang akan diwujudkan.



### 3. Tahap produksi/Produksi Produk Simulasi Desain Produk Aksesoris Interior Limbah Besi (*Prototype of Product Design*)

Membuat produk aksesoris interior sebagai alternative produk untuk meningkatkan nilai guna limbah besi.

Tahap ini ada beberapa langkah pengerjaan pertama memilah bahan yang bisa digunakan untuk mendukung perwujudan produk berdasarkan gambar kerja. Bahan-bahan yang sesuai secara permukaan, penampang dan ukurannya. Setelah terpilih akan dibersihkan dengan lap dan mencuci dengan air dan dibersihkan, jika berkarat digunakan minyak tinner untuk menghilangkan karat. Setelah bahan siap dan lengkap terkumpul baik itu beton dengan diameter yang sesuai dengan spesifikasi desain serta plate yang ketebalannya sesuai. Di maal sesuai ukuran yang dibutuhkan dalam desain.



Gambar 8. Kegiatan menginstal beberapa limbah yang sudah dibersihkan dan dipilih disesuaikan dimensi yang dibutuhkan  
(Foto: Ernasthan B,2024)



Gambar 9. Instalasi rangka utama (kaki penyangga lampu) dengan tehnik las listrik  
(Foto: Putri Sekar Hapsari, 2024)

Tahap ini menjadikan penting karena merupakan rangkaian tahapan yang pokok, yakni menginstalasi beberapa komponen lampu menjadi suatu produk aksesoris interior dengan tehnik las. Komponen besi yang dibutuhkan antara lain adalah besi beton @diameter 8 dan 10 mm rangka inti/kaki lampu , steel plate tebal 2 mm sebagai ornament kap/armature lampu . diameter armature 45 cm dengan tinggi 75 cm. tahap ini harus

diserta pertimbangan akurasi dan presisi ukuran dari limbah-limbah besi yang digunakan. Semakin presisi akan semakin baik hasilnya. Konstruksi modern dengan menggunakan rangka besi beton 8 hingga 10 mm akan menjadi outline yang fleksibel bagi armature standing lamp dimana limbah besi sebagai materi dasar unik menarik yang kokoh. Desain yang berorientasi modern dan menasar di pasar segmen internasional. Orientasi desain yang ramah lingkungan mode sustainability design ini bersifat simple praktis. Prospek visi konsep desain yang ditawarkan mampu menawarkan tiga aspek vitalitas dalam usaha kerajinan yakni: aspek ekonomi sirkular, reuse serta sustainability. Proses tahapan dalam produksi inti secara garis besar terdiri dari input, proses dan output yang manan satu dengan yang lainnya saling menopang dan saling menjadi kesatuan yang tak terpisahkan (Budiwiyanto; 2018, 30).

Pengelasan pada besi pengelasan pada besi adalah proses penyambungan dua atau lebih bahan logam besi dengan menggunakan panas tinggi.(Ion & sport, n.d.) Proses ini umumnya dilakukan dengan menggunakan alat las dan elektroda khusus yang melelehkan logam besi untuk membentuk sambungan yang kuat dan tahan lama. Pengelasan pada besi sangat penting dalam industri konstruksi, manufaktur, dan perbaikan untuk membuat struktur besi yang kokoh dan tahan terhadap tekanan dan beban yang berat. Proses pengelasan sudah banyak tehnik dalam pengerjaannya khususnya pada besi dapat dilakukan dengan berbagai teknik, seperti pengelasan gas, pengelasan busur listrik, dan pengelasan titik. Pengelasan gas (Maja et al., 2024)(Domagoj et al., 2022)(Horia et al., 2023) menggunakan gas acetylene untuk memanaskan logam besi hingga meleleh, yang bisa digunakan untuk kasus khusus yang membutuhkan pemanasan logam besi sampai dalam kondisi meleleh. Sedang pengelasan busur listrik memanfaatkan busur listrik yang dihasilkan antara elektroda dan logam besi untuk melelehkan kedua bahan tersebut, pengelasan ini memberikan sambungan lebih kuat hasilnya. Sedangkan pengelasan titik merupakan teknik pengelasan yang dilakukan dengan menekan dua bahan

logam besi bersama-sama dan memberikan arus listrik untuk melelehkan titik-titik tertentu sehingga terjadi penyambungan. Pengelasan ini titik per titik yang disambungkan sebagai arah pengelasan dan membutuhkan akurasi supaya antar titik tetap mengikuti arah yang dibutuhkan. Berbagai teknik pengelasan akan memberikan kualitas hasil sesuai teknis yang dibutuhkan baik terkait kualitas optimal akan kekuatan, kerapian, ketahanan yang diharapkan ada pada sambungan yang optimal. Struktur besi dapat dibuat dengan kekuatan dan ketahanan yang optimal untuk berbagai kebutuhan industri.(Philippe et al., 2024) (Jairo et al., 2023)(Wendy et al., n.d.)

#### **a. Jenis-jenis metode pengelasan untuk besi**

- 1) Pengelasan busur logam terlindung (SMAW) Metode pengelasan umum lainnya untuk besi adalah pengelasan busur logam terlindung (SMAW) (Welding, 2022) (Igor & Volodymyr, n.d.) (Hans et al., 2022), yang melibatkan pembuatan busur listrik antara elektroda dan logam besi untuk melelehkan kedua bahan. Di sisi lain, las titik adalah teknik pengelasan yang dilakukan dengan cara menekan dua material logam besi secara bersamaan dan mengalirkan arus listrik untuk melelehkan titik-titik tertentu, sehingga menghasilkan sambungan. Dengan berbagai teknik pengelasan seperti ini, struktur besi dapat dibuat dengan kekuatan dan daya tahan yang optimal untuk berbagai kebutuhan industri. Selain itu, gas metal arc welding (GMAW) (Rui et al., 2021) (Susanta, 2021) adalah metode yang populer untuk mengelas besi karena efisiensi dan keserbagunaannya. Teknik ini menggunakan gas pelindung untuk melindungi kolam las dari kontaminasi atmosfer, sehingga menghasilkan lasan yang kuat dan bersih. Selain itu, flux-cored arc welding (FCAW) adalah pilihan lain untuk mengelas besi, di mana kawat tubular yang diisi dengan fluks digunakan untuk melindungi kolam las dan memberikan penguatan tambahan. Dengan menggunakan metode pengelasan yang berbeda ini, struktur besi dapat dibangun dengan

presisi dan keandalan untuk memenuhi permintaan berbagai aplikasi industri.

- 2) Pengelasan busur logam gas (GMAW), juga dikenal sebagai pengelasan MIG, umumnya digunakan untuk pengelasan besi di industri yang mengutamakan kecepatan dan kemudahan penggunaan. Prosesnya melibatkan pengumpanan kawat secara kontinu .

**b. Langkah-langkah untuk mengelas besi**

- 1) Persiapan permukaan logam
- 2) Pengelasan tack untuk menyatukan potongan-potongan
- 3) Menjalankan manik-manik di sepanjang sambungan menggunakan teknik pengelasan yang dipilih
- 4) Menyiapkan peralatan las dengan benar dan mengikuti semua protokol keselamatan sangat penting dalam mencapai tingkat kualitas ini. Pekerja besi juga harus memiliki ketajaman terhadap detail dan presisi untuk memastikan bahwa setiap pengelasan memenuhi standar tertinggi. Selain itu, inspeksi rutin dan pemeliharaan peralatan las diperlukan untuk menegakkan integritas lasan dari waktu ke waktu. Secara keseluruhan, dedikasi dan keahlian para pekerja besi memainkan peran penting dalam menciptakan struktur yang tidak hanya menarik secara visual tetapi juga dibangun untuk bertahan lama.



Gambar 10. Bagan tahapan perakitan produk reuse (bagan : Agung Purnomo, 2024)

5) Perihal penetrasi dan konsistensi kekuatan pengelasan membutuhkan pemeriksaan secara seksama untuk memperoleh hasil yang baik, memeriksa penetrasi dan konsistensi pengelasan yang tepat (Bin et al., 2020) (Qiyue et al., 2021) (Wenhua & YuMing, 2020) – tahap akhir dalam pengelasan, ketika pengelasan selesai, penting untuk memeriksanya untuk mengetahui adanya cacat atau ketidaksempurnaan yang dapat mengganggu integritas struktural pekerjaan besi apalagi bagi material reuse limbah besi atau logam lainnya. Hal ini dapat dilakukan secara visual, cermati performa permukaan atau memakai metode pengujian non-destruktif. Penting juga untuk mengikuti protokol keselamatan yang tepat selama proses pengelasan untuk memberikan rasa aman dan selamat serta melindungi tukang las dan lingkungan sekitar. Perhatikan tahapan melalui langkah-langkah yang dilakukan secara urut dan menggunakan peralatan dan bahan yang tepat, pekerja besi dapat memastikan bahwa struktur yang dilas memenuhi standar kualitas, standart pengelasan yang baik dan memiliki daya tahan yang tinggi.

- 6) persiapan dalam mempersiapkan pengelasan yang baik seperti halnya menggerinda, mendempul(sanding). Pengerindaan untuk menghilangkan material berlebih untuk hasil akhir yang halus dan mengaplikasikan lapisan pelindung untuk mencegah korosi (R. et al., 2021) (Mohammad & Ruby, n.d.) adalah langkah tambahan yang dapat diambil untuk memastikan umur panjang pengelasan. Perawatan dan inspeksi rutin juga harus dilakukan mengantisipasi masalah apa pun sejak dini dan mencegah perbaikan yang mahal di kemudian hari. Jadi pada dasarnya perhatian terhadap detail dan kepatuhan terhadap praktik terbaik adalah kunci untuk menghasilkan lasan yang kuat dan andal pada pekerjaan besi. Pekerjaan yang dilakukan dalam metode terkontrol akan memperoleh hasil yang sesuai harapan.
- 7) Tahap yang tak kalah penting dalam pengelasan yakni memeriksa lasan untuk mengetahui adanya cacat atau ketidaksempurnaan sangat penting untuk memastikan integritas struktural pekerjaan besi. Tanda-tanda keretakan, porositas, atau fusi yang tidak sempurna harus dihilangkan secara rapi . hal ini akan mempengaruhi performa produk. Performa limbah sebelum dilakukan pengelasan harus benar dicermati untuk mendapatkan hasil pngelasan yang baik.
- 8) Proses pengelasan yang sebenarnya membutuhkan tangan yang mantap dan pemahaman yang mendalam tentang bahan yang disambung. Tukang besi harus secara hati-hati memantau suhu dan aliran logam cair untuk mencegah titik lemah atau cacat pada pengelasan. Melalui latihan dan pengalaman bertahun-tahun, pekerja besi mengembangkan keterampilan dan kemahiran yang diperlukan untuk menghasilkan lasan sempurna yang akan bertahan dalam ujian waktu. Dengan setiap gerakan obor las yang tepat, para pengrajin ini berkontribusi pada kekuatan dan daya tahan struktur yang mereka buat. Komitmen mereka terhadap kesempurnaan

memastikan bahwa produk yang dihasilkan akan melebihi ekspektasi dan menjadi bukti keahlian mereka.

- 9) Menerapkan sentuhan akhir yang diperlukan untuk memastikan lasan menarik secara visual dan baik secara struktural. Dengan menerapkan sentuhan akhir yang diperlukan untuk memastikan lasan menarik secara visual dan baik secara struktural, para pekerja besi dapat menjamin integritas pekerjaan mereka. Komitmen terhadap kesempurnaan ini tidak hanya meningkatkan tampilan keseluruhan struktur tetapi juga menambahkan lapisan perlindungan ekstra terhadap potensi bahaya. Pada akhirnya, upaya yang cermat dari para pekerja besi (Sidorova, 2022) (Farwell, 2023) menghasilkan lasan yang tidak hanya menyenangkan secara estetika tetapi juga sangat tahan lama dan aman untuk tahun-tahun mendatang.

**c. Tindakan pencegahan keselamatan selama pengelasan besi**

- 1) Ventilasi yang baik di area kerja sangat penting untuk mencegah terhirupnya asap dan gas yang dihasilkan selama proses pengelasan. Selain itu, mengenakan alat pelindung yang tepat, seperti sarung tangan, helm, dan pakaian tahan api, sangat penting untuk mencegah luka bakar dan cedera lainnya. Pekerja besi juga harus dilatih dalam teknik pengelasan yang tepat untuk meminimalkan risiko kecelakaan dan memastikan lingkungan kerja yang aman. Dengan mengikuti tindakan pencegahan keselamatan ini, pekerja besi dapat dengan percaya diri dan efektif melakukan pekerjaan mereka sambil memprioritaskan kesejahteraan mereka dan orang-orang di sekitar mereka.
- 2) Penggunaan alat pelindung untuk mencegah cedera dan melindungi dari potensi bahaya sangat penting dalam bidang pekerjaan besi. Selain mengenakan alat pelindung, pekerja besi juga harus memperhatikan lingkungan sekitar dan bekerja di area yang berventilasi baik untuk mengurangi risiko terpapar asap berbahaya.

Pelatihan yang tepat dan kepatuhan terhadap pedoman keselamatan sangat penting dalam memastikan lingkungan kerja yang sukses dan bebas dari insiden bagi pekerja besi. Secara keseluruhan, dengan memprioritaskan langkah-langkah keselamatan dan menggunakan alat pelindung, pekerja besi dapat dengan percaya diri menjalankan tugasnya dan berkontribusi pada lingkungan kerja yang aman dan produktif.

- 3) Langkah-langkah keselamatan kebakaran, seperti memiliki alat pemadam kebakaran yang tersedia dan memastikan semua peralatan dipelihara dengan baik, juga penting di bidang pengerjaan besi. Jika terjadi kebakaran, pekerja besi harus segera dievakuasi.
- 4) Panas yang berlebihan pada logam juga dapat menyebabkan kelemahan struktural dan potensi keruntuhan, sehingga menimbulkan risiko serius bagi pekerja besi dan orang lain yang bekerja di sekitarnya. Sangat penting bagi pekerja besi untuk memantau suhu logam dengan cermat dan melakukan penyesuaian yang diperlukan untuk mencegah panas berlebih. Dengan meluangkan waktu untuk menilai kondisi dengan benar dan menggunakan teknik pengelasan yang tepat, pekerja besi dapat memastikan bahwa pekerjaan mereka tidak hanya efisien tetapi juga aman bagi semua orang yang terlibat. Memprioritaskan keselamatan dalam setiap aspek pekerjaan sangat penting bagi pekerja besi untuk mempertahankan standar profesionalisme yang tinggi dan melindungi diri mereka sendiri dan rekan kerja mereka dari bahaya.
- 5) Pembersihan permukaan logam yang tidak memadai juga dapat menyebabkan masalah pada kualitas dan keamanan pengelasan. Pekerja besi harus meluangkan waktu untuk membersihkan dan menyiapkan permukaan logam dengan benar sebelum memulai pekerjaan pengelasan untuk memastikan ikatan yang kuat dan aman. Kegagalan dalam melakukan hal tersebut dapat mengakibatkan lasan yang lemah dan rentan patah, sehingga pekerja besi dan orang

lain berisiko mengalami cedera. Dengan mengikuti prosedur pembersihan yang tepat, pekerja besi dapat mempertahankan tingkat keamanan dan kualitas yang tinggi dalam pekerjaan mereka.

- 6) Teknik pengelasan yang salah juga dapat menimbulkan risiko serius terhadap integritas struktur yang sedang dibangun. Sangat penting bagi pekerja besi untuk mendapatkan pelatihan dan sertifikasi yang tepat dalam teknik pengelasan untuk memastikan bahwa pengelasan dilakukan dengan benar dan aman. Menggunakan teknik yang salah dapat melemahkan lasan dan membahayakan integritas struktural bangunan, sehingga membahayakan semua orang. Tukang besi harus selalu memprioritaskan keselamatan dan kualitas dalam pekerjaan mereka untuk mencegah kecelakaan dan memastikan stabilitas struktural proyek yang mereka kerjakan.

#### **d. Finishing Akhir (pengecatan)**

Finishing sebagai tahap akhir dari proses produksi dilakukan secara teknis dengan cat semprot pada dasar desain produk reuse limbah logam secara keseluruhan. Tahapan ini merupakan kunci keberhasilan secara visual, performa karya tergantung sekali dari hasil pengecatan.

Tahap pengecatan memiliki 4 tahap secara berurutan, pertama mempersiapkan permukaan yang akan dicat, kedua penutupan atau perataan permukaan (pendempulan), ketiga pengecatan, ke empat pengeringan. Penting dipertimbangkan tahapan yang sesuai dalam pengecatannya, baik mulai dari persiapan permukaan yang akan dicat harus dalam kondisi yang bersih, serta permukaan rata dilakukan penutupan lobang-lobang permukaan yang kasar atau berlubang, karena limbah kebanyakan memiliki permukaan yang kasar dimakan korosi dan waktu. Sehingga membutuhkan pembersihan dan perataan permukaan secara seksama.



Gambar 11. Proses memperbaiki celah-celah permukaan mempersiapkan top coating  
(Foto: Ernasthan Budi P, 2024)

Proses mempersiapkan finishing akhir yakni mendempul bagian-bagian yang kurang rapi di permukaan, atau bagian sambungan antar elemen konstruksi. Perhatian serius dilakukan untuk sudut atau celah yang tercipta karena pengerjaan yang kurang presisi sehingga membutuhkan dempul ekstra lebih. Setelah tertutup permukaan yang cacat dilakukan pengamplasan secara menyeluruh, meskipun akan ditemukan permukaan yang sulit karena permukaan yang tidak rata. Tahap ini menjadi dasar dari keberhasilan tahap berikutnya, permukaan yang rata dan



Gambar 12. Produk desain aksesoris yang telah diperbaiki permukaan dan siap difinishing akhir/top coating  
(Foto: Siti Badriyah, 2024)

Tahapan berikutnya adalah dilakukan cat dasar hitam doff, untuk menutup semua warna yang tidak sama antar elemen besi limbah. Teknik semprot dipilih untuk memberikan texture yang rata dan pewarnaan yang memiliki ketebalan yang sama.



Gambar 13. Produk desain aksesoris setelah dicat dasar  
(Foto: Ernasthan Budi P, 2024)

Pewarnaan dasar membutuhkan penerangan yang sesuai serta penghawaan yang tidak terlalu terbuka. Kondisi temperature di antara 25 hingga 30 derajat C akan membantu mempercepat pengeringan. Dibutuhkan paparan matahari yang sedang diantara jam 11 00 hingga 13 00 WIB.



Gambar 14. Pemasangan instalasi listrik untuk outlet kabel sebelum dilakukan top coating  
(Foto: Ernasthan Budi P, 2024)

Setelah kering dilakukan pemasangan instalasi listrik, dengan kabel 5 hingga 7 meter serta pitting dan saklar yang sesuai 15 watt dengan lampu TL Led . penempatan di center diameter lingkaran bagian dalam untuk memperoleh penyinaran yang mampu dibiaskan dengan dinding armature dan memberikan efek artistic bayangan sinar melalui lubang-lubang ornament dari potongan limbah besi .

Tahapan berikutnya adalah mempersiapkan finishing akhir (Top coating). Dibutuhkan persiapan cat besi 4 warna merah, kuning , biru dan hijau, ember besar untuk menampung air sebagai media finishing. Kuas untuk perapian. Setelah siap dtuangkan air dalam wadah secara cukup sehingga diperkirakan mudah mencelup produk secara menyeluruh. Setelah ember dan air siap kemudian tuangkan cat secara pelan satu persatu dengan ketentuan penuangan  $\frac{1}{4}$  dari kaleng 0,25 kg ,

kemudian diaduk sehingga menghasilkan warna dan texture yang kita inginkan. Pada saat texture dan campuran cat memperlihatkan ornament di permukaan air secara perlahan masukan produk secara perlahan sehingga campuran cat menempel di permukaan armature lampu.



Gambar 15. Permukaan air dengan campuran cat sebagai tehnik celup finishing  
(Foto: Fany, 2024)

Pencelupan terkadang mendapatkan ornament yang kurang artistic di permukaan armature, sehingga perlu diulang lagi hingga beberapa kali untuk mendapatkan hasil yang seperti diharapkan. Ketidak berhasilan dimungkin banyak factor yang menyebabkan, antara lain waktu ketika pencelupan terlalu lama, mungkin juga karena pencelupan kurang stabil dalam menempatkan posisi produk di air. Warna -warna yang diharapkan terkadang berbaur dengan cepat sehingga hasil perpaduan warna yang diharap tidak sempurna. Perbandingan warna cat yang kurang tepat kadang menghasilkan hasil warna dan pengaruh motif atau ornament yang dihasilkan kurang artistic. Tahap ini benar-benar membutuhkan ketenangan berfikir dan bekerja, baik dalam menuang, mengaduk dan mencelup. Rangkaian aktivitas tersebut harus terkendali dan membutuhkan keseimbangan berkarya dan mengelola seni/kepekaan artistic.

Pencelupan pertama dilakukan untuk mendapatkan pola pencelupan yang ritmis dan hati-hati. Pengambilan jeda antara penuangan cat dan pengadukan serta pencelupan produk jangan terlalu lama kira-kira 1 hingga 2 menit. Ketika pengadukan dalam jarak yang lebih Panjang dan frekuensi lambat akan menghasilkan pola yang lebar-lebar dengan warna yang tidak terlalu bercampur, warna-warna dasar atau primer masih dapat diketahui dan terlihat. sedang jika dengan jarak pendek-pendek dan frekuensi cepat akan menghasilkan percampuran warna dan menghasilkan warna tersier sehingga warna primer tidak terlihat. Hal ini menjadi suatu pengalaman tersendiri katkan sebagai dasar penelitian berbasis praktik , hasilnya bisa dicatat secara kuantitatif dan didiskripsikan secara kualitatif nilai artistic dari hasil percampuran warna dan ritme produksinya menyesuaikan konsep desain yang menginginkan rancangan yang atraktif melalui warna dengan ke dua tehnik tersebut, yang diarahkan dalam style abstrak.



Gambar 16. Hasil pencelupan pertama dan kedua pada media armature desain aksesoris limbah besi  
(Foto : Ellan, 2024)



Gambar 17. Hasil finishing akhir siap tahap pengeringan  
(Foto : Putri sekar Hapsari, 2024)

#### 4. Tahap Proses Pengeringan

Pengeringan merupakan keadaan suatu permukaan produk rancangan yang terbebas dari unsur kelembaban lebih, yang memadai untuk diaplikasikan tahap selanjutnya secara lebih mudah, di mana kadar air yang sesuai. Keadaan kering permukaan dengan finishing cat sangat dipengaruhi dengan kelembaban dan temperatur yang mempengaruhinya khususnya lingkungan sekitar area kerja (pengeringan). Proses pengeringan yang efektif harus memperhatikan dua faktor penting yakni faktor kelembaban dan temperatur. Dalam pelatihan ini dipahami akan standar kelembaban dan suhu yang disarankan dalam pengeringan produk yang sudah dicat. Hal-hal penting yang perlu dilakukan dan dipersiapkan dalam pengeringan baik terkait dengan standar suhu dan kelembaban lingkungan, kondisi lingkungan dan alat yang dibutuhkan untuk mempercepat pengeringan serta hal-hal yang akan menggangu (kesalahan umum) dalam pengecatan dan pengeringan .

##### a. Kondisi Permukaan dipastikan Kering secara Benar

Proses pengeringan ini membutuhkan kehati-hatian dalam teknik dan keadaan kelembaban dan suhu di sekeliling yang dikondisikan

pelaksana. Proses pengeringan yang benar kering akan memberikan hasil yang maksimal dalam kesesuaian warna yang diinginkan. hal ini menghindari pengulangan pewarnaan, biasanya pengeringan yang tidak kering benar akan berdampak pengulangan dan hasil warna menjadi tidak sesuai yang diharapkan. Produk rancangan dari reuse limbah ini membutuhkan banyak sanding atau dempul sehingga membutuhkan pengeringan cat yang relative sedikit lama, beberapa tempat setelah dicat menghasilkan permukaan yang berbeda dengan permukaan besi baru.

b. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Waktu Pengeringan

Berikut adalah factor-faktor yang mempengaruhi proses dan waktu pengeringan cat dalam finishing produk aksesoris interior, antara lain :

1) Jenis cat yang digunakan

Jenis cat yang digunakan sangat menentukan keberhasilan kualitas finishing yang diharapkan. Beberapa jenis cat memiliki kualitas yang beragam sesuai dengan harga dan spesifikasi yang melekat. Cat besi yang direkomendasi terbaik seperti Avian, Nippon Paint dan Puffin, dengan berat 1 kg hingga 20 kg. program PKM kali ini menggunakan cat berkualitas baik merk Nippon Paint dengan warna primer merah, kuning , dan biru. Ketiga warna diterapkan secara kombinasi yang menghasilkan warna sekunder dan tersier yang diharapkan memberikan style yang sedikit abstrak.

2) Tingkat Kelembaban di lingkungan sekitar

Tingkat kelembaban dalam proses pengeringan akan sangat menentukan kualitas performa akhir finishing produk. Kelembaban relative sangat menentukan kualitas pengeringan, bantuan kipas angin dan dehumanizer sebagai pengontrol akan lebih bisa diatur sehingga sesuai dengan pengeringan yang diinginkan. Pengeringan di area yang terbuka dan tertutupun akan menghasilkan hasil yang berbeda. Kelembaban area pengeringan menjadi penentua waktu

yang dibutuhkan. Kondisi dengan kelembaban udara antara 40 hingga 70 persen di lingkungan daerah tropis seperti Surakarta pada umumnya cukup aman dalam pengeringan cat, sehingga proses dalam pelatihan ini cukup berjalan lancar .

### 3) Suhu lingkungan sekitar

Suhu lingkungan sekitar memberikan pengaruh dalam proses pengeringan dan kualitas yang direkomendasi dalam pengeringan cat besi yakni sekitar 10-32 derajat celcius dengan kelembaban 40-70 persen. Proses pengeringan akan lebih efektif jika mengaplikasi suhu dan kelembaban yang sesuai, selain memberikan aplikasi cat tidak mengulang-ulang sehingga selain boros juga tidak efisien waktu dan biaya. Pengaruh suhu yang tidak sesuai akan berpengaruh dalam kualitas hasil pengeringan, permukaan bisa lebih mudah mengelupas.

### Langkah Teknis untuk Mempercepat Waktu Pengeringan

#### 1) Menggunakan kipas angin atau sirkulasi udara untuk meningkatkan aliran udara

Kipas angin mampu membantu peredaran angin dan pergerakan udara secara merata dalam area pengeringan produk tertentu. Penggunaan kipas angin elektrik memungkinkan menjangkau keseluruhan ruang yang mendasari produk sehingga selain mudah mengering juga menjaga keberhasilan dalam menggunakan finishing secara hati-hati. Semakin kecepatan ditambah akan membantu proses pengeringan lebih cepat. Ukuran kipas angin juga akan menghasilkan laju yang berbeda dalam pengeringan, disesuaikan berapa luas, besar dan banyaknya produk yang dikeringkan.

#### 2) Mengaplikasikan lapisan cat yang tipis

Pengeringan juga bisa dibantu dengan mendapatkan hasil yang lebih baik dengan pelapisan berulang hingga dua lapis bahkan

bisa tiga lapis. Pelapisan sekali langsung tebal akan tidak baik dalam kualitas aplikasi cat. Pengaplikasian cat satu kali lapis tipis dan dibiarkan kering untuk 10 hingga 15 menit dengan tehnik semprot akan lebih cepat kering disbanding secara manual. Pelapisan berikutnya bisa dilakukan lagi sesuai pengamatan secara seksama. Sehingga Tingkat kekeringan akan kelihatan secara visual mapun teraba.

3) Menggunakan pengering atau heat gun untuk mempercepat proses pengeringan

Pengeringan bisa dipercepat dengan alternatif alat heat gun, meskipun hanya pada produk dengan permukaan yang kecil saja atau detail-detail yang kecil, sehingga akan membantu pengeringan yang maksimal. Alat ini hanya khusus untuk permukaan kecil dan membuat kering sempurna untuk produk rancangan yang memiliki detail rumit dan tidak besar, sehingga akan focus pengeringan pada komponen yang kecil dan butuh kecermatan.

Kesalahan Umum yang Harus Dihindari

1) Mengaplikasikan lapisan cat yang tebal

Pengaplikasian cat secara tebal dan lapisan pertama akan memberikan efek pengeringan yang lebih lama. Tiap satu milimeter ketebalan akan lebih mudah mengering secara alami tanpa bantuan alat pengering, jika pengaplikasian dengan tehnik penyemprotan akan mempercepat pengeringan lebih sempurna. Pelapisan yang tipis diulang lagi akan lebih mudah kering, dan diperhatikan suhu dan kelembaban udara sekelilingnya.

2) Mengecat di lingkungan yang lembab

Pengecatan harus memperhatikan kelembaban udara lingkungan sekitar. Semakin lembab akan menghasilkan kantong udara, kelembaban akan menjebak udara dalam lapisan cat.

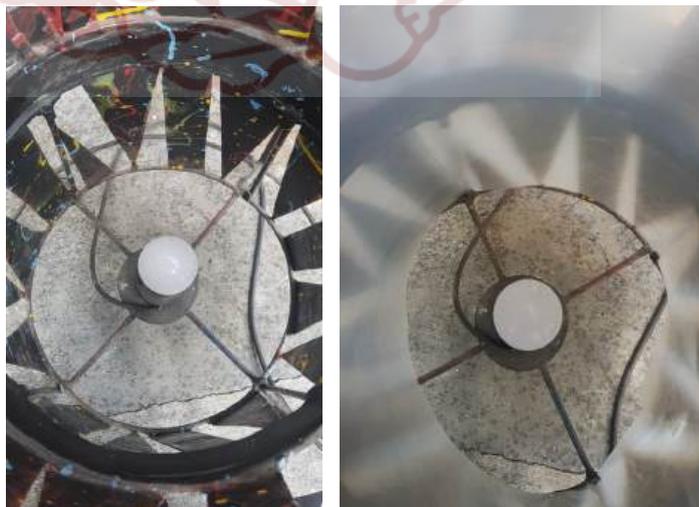
Kelembaban 40 hingga 70 persen dianggap sesuai dengan kelembaban dan suhu yang normal dalam kegiatan mengecat.

- 3) Tidak memberikan waktu yang cukup untuk setiap lapisan mengering sebelum mengaplikasikan lapisan berikutnya.

Tindakan ini akan mengakibatkan kualitas cat akhir kurang sempurna. Jeda waktu yang diberikan dalam melapisi cat harus cukup supaya mendapatkan pengeringan masing-masing lapisan cat sesuai.

- 4) Instalasi Peralatan Listrik

Tahap terakhir sebelum diuji coba dipasangkan peralatan Listrik untuk memberikan nilai fungsi lebih sebagai penerang sekaligus unsur dekoratif. Rancangan reuse limbah besi ini merupakan aksesoris interior sebagai lampu sudut ruang, pemberi tekanan pada ruang dan sekaligus unsur dekoratif ruangan. Rancangan ini membutuhkan pitting dan saklar, bolam lampu pijar serta kabel sepanjang 5- 10 meter . pembiasan Cahaya atau menurunkan Tingkat kesilauan dipasangkan bahan akrilik putih untuk memberikan kenyamanan area di sekitarnya sehingga memberikan kualitas pencahayaan yang comfort dan berkesan artistic.



Gambar 18. Pemasangan Lampu dan akrilik sebagai armature  
(Foto : Ernasthan Budi Prasetyo, 2024)

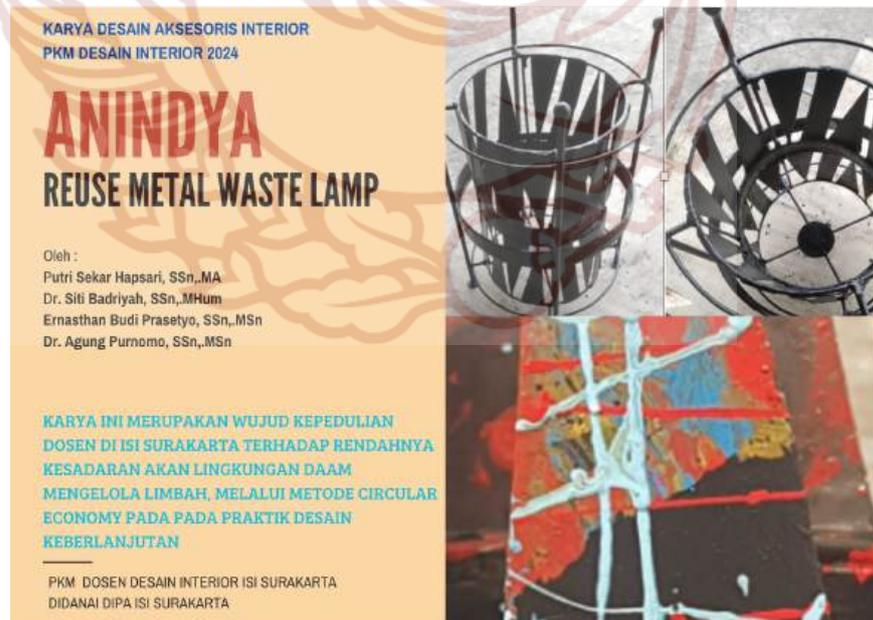
## B. Luaran Program PKM Desain Interior

### 1. Produk sampel Pelatihan dan Simulasi: Anindya Reuse metal waste



Gambar 19. Aksesoris interior “Anindya Reuse Metal waste Lamp”  
(Foto: Fany R, 2024)

### 2. Poster PKM Desain interior



Gambar 20. Poster “Anindya reuse metal waste lamp”  
“ PKM Desain Interior 2024  
(Poster : Ellan, 2024)

3. LOA artikel ilmiah di Jurnal Pendhapa ISI Surakarta , Sinta 4



**Pendhapa:**  
Journal of Interior Design, Art, and Culture  
<https://jurnal.isi-ska.ac.id/index.php/pendhapa/index>  
ISSN online: 2745-7249



**Letter of Acceptance**  
ID. 17642/22.2.02/2024

Surakarta, October 25, 2024

Dear,

**Siti Badriyah, Putri Sekar Hapsari, Raden Ersnathan Budi Prasetyo, Faricha Rizqi**  
Fakultas Seni Rupa dan Desain ISI Surakarta  
Indonesia

**Subject:** Acceptance of Your Article for Publication in the Pendhapa: Journal of Interior Design, Art, Culture.

We are pleased to inform you that your submission to the Pendhapa: Journal of Interior Design, Art, and Culture (ISSN Online: 2745-7249) titled "**Integrating Metal Waste in Residential Interior Design: Challenges and Aesthetic Cohesion**" with Paper ID 17642, has been **ACCEPTED** for publication. Your article will be published in Vol 16, No 1 (2025).

Thank you for participating in publishing quality research articles. This journal will bring you together with researchers, educators, and experts in discussing the latest developments and innovations in the field of interior design, art, and culture or situated at the convergence of two or more disciplines and as an exciting forum for sharing knowledge and expertise in related issues.

We would appreciate your attention to our journal. We look forward to your paper in the next publication.

Sincerely yours, Best regards

Dr. Sumarno, S.Sn., M.A.  
Editor in Chief  
Pendhapa: Journal of Interior Design, Art, Culture  
<https://jurnal.isi-ska.ac.id/index.php/pendhapa/index>  
E-mail: [pendhapa@isi-ska.ac.id](mailto:pendhapa@isi-ska.ac.id)

Journal indexation:



## 4. Modul edukasi Mitigasi Krisis Ekologi

### MODUL PRAKTIS

PELATIHAN REUSE LIMBAH BESI DESAIN AKSESORIS INTERIOR SEBAGAI UPAYA EDUKASI MODEL CIRCULAR ECONOMY BAGI PENGRAJIN BESI DI BATURONO JOYOSURAN SURABAYA

PKM Desain Interior ISI Surakarta  
Tahun 2024

Tujuan Instruksional : memberikan pemahaman pengrajin akan mitigasi pencemaran krisis ekologi melalui metode circular economy dengan praktik desain berkelanjutan

#### Definisi:

#### Circular economy

Ekonomi sirkular merupakan pendekatan sistem ekonomi meliorat dengan memaksimalkan kegunaan dan nilai tambah dari suatu bahan mentah, komponen, dan produk sehingga mampu mereduksi jumlah bahan sisa yang tidak digunakan dan dibuang ke tempat pembuangan akhir.



Sumber: <https://ttdi-indonesia.id/ekonomi-sirkular/> pada tanggal 22 September 2024

Ekonomi sirkular di Indonesia terdapat di dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2020 – 2024, di bawah Agenda Nasional 1: Meningkatkan Ketahanan Ekonomi untuk Berkelanjutan yang Berkualitas dan Berkeadilan, dan Agenda Prioritas Nasional 6: Memeratakan Lingkungan Hidup, Meminimalkan Ketahanan Bencana, dan Perubahan Iklim. Pada Prioritas Nasional 6, Ekonomi Sirkular berada dibawah payung Pembangunan Berhijau Karbon (PRK) yang juga merupakan salah satu upaya untuk mencapai ekonomi hijau dengan menekankan kelestariannya pada lima

<https://ttdi-indonesia.id/ekonomi-sirkular/>

sektor prioritas. Tiga dari lima sektor PRK berkaitan erat dengan transisi ekonomi ekonomi sirkular yakni pemeliharaan, limbah, pemanfaatan energi berkelanjutan, dan pengembangan industri hijau. Keterkaitan ini terlihat dari implementasi ekonomi sirkular yang mampu mengurangi limbah, limbah yang dihasilkan dan dibuang, memanfaatkan penggunaan energi terbahasa dan mendukung efisiensi pemanfaatan sumber daya alam, produk yang dihasilkan serta proses yang digunakan pada industri sehingga lebih ramah lingkungan (<https://ttdi-indonesia.id/ekonomi-sirkular/>)



#### 5 Sektor Prioritas Penerapan Ekonomi Sirkular di Indonesia



1. Sektor ini menyumbang 9,3 persen dari total PDB pada 2019 dan merupakan subsektor terbesar dari sektor manufaktur. Sektor manufaktur sendiri merupakan sektor industri terbesar di Indonesia. Ekonomi sirkular tidak hanya dapat membantu menghindari kehilangan pangan dan limbah makanan (misalnya dengan menggunakan rantai pasok) tetapi juga dapat membantu memulihkan kehilangan pangan dan limbah makanan untuk bahan yang lebih produktif seperti pembuatan kompos dan biogas. Rantai nilai yang lebih terlokalisasi dan ambukula regeneratif juga dapat menyebabkan peningkatan kesejahteraan sosial pertanian.
2. Sektor tekstil menyekatkan sekitar 4,2 juta orang atau lebih dari 26 persen lapangan kerja di sektor manufaktur Indonesia. Indonesia juga termasuk dalam 10 besar negara penghasil tekstil di dunia. Ekonomi sirkular dalam manufaktur tekstil akan membawa banyak manfaat bagi

perencanaan Indonesia dalam menghemat biaya material dan mengurangi emisi, terutama terhadap volatilitas harga sumber daya input, peluang pertumbuhan untuk bisnis melalui layanan baru (seperti sebagai layanan) dan pertumbuhan ekonomi tambahan melalui rantai nilai yang lebih gesperatif dan restoratif. Manfaat lingkungan akan terlihat pada emisi GRK yang lebih rendah, berkurangnya konsumsi material virgin dan tak terbahasakan, berkurangnya konsumsi energi, dan banyak lagi.

3. Sektor konstruksi di Indonesia menyumbang 10 persen dari total PDB dan dianggap untuk terus tumbuh dengan baik di masa depan, terutama dengan dorongan berbagai faktor, salah satunya dorongan urbanisasi. Konstruksi dan rehabilitasi infrastruktur sipil yang cukup besar untuk jalan dan air bersih, semua pihak pemerintahan dan pemerintahan infrastruktur membutuhkan sekitar 40 persen anggaran energi suatu negara. Sektor ini juga dapat menjadi pembantu besar limbah padat dan daur ulang, energi daur ulang yang signifikan.
4. Indonesia menghasilkan 6,8 juta ton limbah plastik setiap tahun yang diperkirakan akan berlipat ganda menjadi 13,6 juta ton pada tahun 2040. Pada tahun 2017, hanya 30 persen limbah plastik Indonesia yang dikelola (10 persen didaur ulang dan 20 persen dikubur untuk pembuangan terkendali). Sisa limbah plastik yang tak terkelola dibuang secara terbuka, dibuang di daratan, dikubur ke tempat pembuangan resmi, atau bocor ke laut atau seluas air. Pemerintah Indonesia telah berkomitmen untuk mengurangi sampah plastik laut hingga 70 persen pada tahun 2025 dan memulai insentif untuk mengurangi limbah plastik dan beralih dari pendekatan daur ulang limbah yang terburuk (end-of-pipe) ke model ekonomi sirkular. Menurut Forum Ekonomi Dunia, pengurangan polusi plastik hingga mendekati nol pada tahun 2030 di Indonesia dapat menciptakan 150.000 pekerjaan secara langsung serta peluang investasi senilai USD 13,3 miliar antara tahun 2025 dan 2040.
5. Manufaktur produk logam, komputer, produk optik, dan elektronik menyumbang 19 persen terhadap PDB Indonesia pada tahun 2019. Banyaknya Indonesia adalah pengguna ponsel pintar terbesar keempat di dunia (78 juta pengguna) dan jumlah pengguna internet seluler terbesar ketiga di dunia (65,2 juta pengguna). Secara global, penerapan ekonomi sirkular hanya dari ponsel dan materinya saja berpotensi bernilai lebih dari USD 11 miliar per tahun. Di Indonesia, pasar penggunaan kembali (reuse) dan daur ulang (recycling) untuk produk elektronik didominasi oleh pemain kecil informal. Oleh karena itu formalisasi sektor pemulhan (recovery) dan daur ulang limbah elektronik melalui peningkatan keterampilan pekerja informal dapat secara signifikan meningkatkan nilai ekonomi yang terlewat, dengan limbah elektronik dan produk elektronik yang habis masa pakainya. Model bisnis sirkular yang memfasilitasi penggunaan kembali (reuse), pemulhan (refurbishment),

dan daur ulang (recycling) elektronik dapat mematuhi ketahanan pangan sumber daya material dan menghindari dampak lingkungan yang merugikan.<sup>2</sup>

Klasifikasi Food Loss dan Food Waste dalam Rantai Pasok Makanan



Langkah-langkah berikut yang berorientasi pada pembesaran masalah, serta mindset produktif dan bidang manajemen penanganan lingkungan sebagai upaya preventif terhadap krisis ekologi, antara lain sebagai berikut:

1. Sosialisasi Mitigasi Krisis Ekologi Limbah Besi (Brainstorming)  
Bercara memajukan sekitar 15 orang pemirsa besi untuk memberikan pembaruan dan kesesuaian akan mindset economy circular dan keberlanjutan.
2. Penelitian membuat desain aksesori berbahan Limbah Besi  
Simulation of Product Design  
Memberikan gambaran dasar perancangan yang berbasis limbah besi.
3. Produksi Produk Simulasi Desain Produk Aksesori Interior Limbah Besi  
Prototype of Product Design

<https://ttdi-indonesia.id/ekonomi-sirkular/>

Membuat produk aksesoris interior sebagai alternative produk untuk meningkatkan nilai guna limbah besi.

4. Publikasi dan ~~Pameran~~ *(Dissemination)*

Upaya penyebaran informasi kebaruan karya dan mindset pengentas limbah besi secara ekoporal.

**A2. Tahapan membuat desain.**

1. Sketsa ide
2. Gambar kerja
3. Pra-produksi (material limbah)
4. Produksi

(tiap tahapan diulas dan coaching ~~dosen~~ *instruktur dosen*)



**5. Haki karya “Andya Reuse Metal Waste” dalam tahap proses pengajuan**

## DAFTAR PUSTAKA

- Bin, Weifeng, Rundong, Satoshi, & Yi. (2020). *Real-time penetration state monitoring using convolutional neural network for laser welding of tailor rolled blanks*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612520300066>
- Domagoj, Maja, & Duško. (2022). *Analysis of the cross-wire welding process stability*. <https://hrcak.srce.hr/276155>
- Ehsan, Charles, David, Momchil, Carmelo, Euan, Stephen, & Anthony. (2020). *Continuous monitoring of an intentionally-manufactured crack using an automated welding and in-process inspection system*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264127520301891>
- Farwell. (2023). *Cherokee and Black iron workers of the past: Exploring alternative methodologies to experience 19th-century blacksmithing and ironworks*. <https://unbscholar.lib.unb.ca/items/508b4d78-00c9-4e99-82be-d489f41968e2>
- Hans, Alexey, Artem, Nikita, Gleb, & Olga. (2022). *... of the mechanical properties and corrosion behaviour of hybrid L 80 Type 1 and duplex steel joints produced by magnetically impelled arc butt welding*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666330922000152>
- Horia, Iuliana, & Emilia. (2023). *ASSESSMENT OF THE HARDNESS AT THE MICROSTRUCTURAL LEVEL IN WELDED CONNECTIONS FORMED USING 316L AND S235 MATERIALS*.  
<https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=23598646&AN=175575188&h=13vGhuc5oB2Le0RflUYzLP1gu1%2Bs0S1dddUMILe5IDVTvl4RqhUG7D21MLyhg eYAVGrRF4glXvvejeIB74SSaA%3D%3D&crl=c>
- Igor, & Volodymyr. (n.d.). *Arc welding methods*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323905527000043>
- Ion, & sport. (n.d.). *A Chronicle of Important Events in the Field of Electrical Engineering in Romania*. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-39191-0\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-39191-0_2)
- Jairo, Philippe, Denis, Jonathan, Capucine, Naïma, & Michèle. (2023). *Biomonitoring of exposure to multiple metal components in urine, hair and nails of apprentice welders performing shielded metal arc welding (SMAW)*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935123021655>
- Maja, Elvis, & Duško. (2024). *Development of a Model to Support the Management of the Resistance Welding Process*. <https://hrcak.srce.hr/316909>

- Mohamed, Mohamed, Dariusz, & Ç. (2023). *Review on friction stir welding of dissimilar magnesium and aluminum alloys: Scientometric analysis and strategies for achieving high-quality joints*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213956723002360>
- Mohammad, & Ruby. (n.d.). *Corrosion prevention and protection methods*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323911764000234>
- Philippe, Denis, Jonathan, Capucine, Naïma, & Michèle. (2024). *Follow-up Biomonitoring Study of Metal Exposure in Apprentice Welders in Montreal, Quebec, During Gas Metal Arc Welding (GMAW)*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12011-024-04354-7>
- Qiyue, Yongchao, & YuMing. (2021). *End-to-end prediction of weld penetration: A deep learning and transfer learning based method*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1526612520300530>
- QuillBot. (2024). *QuillBot Flow*. (Oct 2024 version) [Large Language Model]. Retrieved October 3, 2024, from <https://quillbot.com/flow>
- R., S., & R. (2021). *Nanocomposite coatings in corrosion protection applications: An overview*. <https://search.proquest.com/openview/05010735d35b49a8c57d3cec683fac04/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2050705>
- Rui, Quan, Heming, Wei, & YuMing. (2021). *Real-time sensing of gas metal arc welding process—A literature review and analysis*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1526612521006423>
- Sidorova. (2022). *Enhancing aesthetics in Industrial Architecture: integrating 3D-printed facade structures in the design of an incineration plant in Tromso*. <https://www.politesi.polimi.it/handle/10589/214551>
- Singh. (n.d.). *Applied welding engineering: processes, codes, and standards*. ButterworthHeinemann. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=RR7UDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=inspecting+the+finished+welds+for+quality+and+strength&ots=JyjChGljuF&sig=w8EIOaxYJC4jg3hbAGqbp3ZF2E4>
- Susanta. (2021). *Gas metal arc welding based additive manufacturing—a review*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1755581721000675>
- Welding. (2022). *Types of Welding Processes*. <https://www.nuclear-power.com/nuclear-engineering/metals-what-are-metals/metal-joining-processes/welding/types-of-welding-processes/>
- Wendy, Heating/Air, & Welding. (n.d.). . . . *Methods Study of Completion Rates over a Five-Year Period in the Basic Automotive, Heating/Air*

*Conditioning/Refrigeration, and Welding Certification Programs in a . . .*  
<https://search.proquest.com/openview/466696097e85ec0eb47aa587d64ddca0/1?pq-origsite=gscholar&cbl=51922&diss=y>

Wenhua, & YuMing. (2020). *Deep learning-empowered digital twin for visualized weld joint growth monitoring and penetration control*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278612520301710>

Anand. (n.d.). *Solid waste management*. Mittal Publications.  
<https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=djHAA6CqOU4C&oi=fnd&pg=PR7&dq=waste+management&ots=VW5XeBIuYf&sig=DdHBG5u-xv9rrD5hOjuiGEkoR0I>

Anne, & Phil. (2021). *Principles for a sustainable circular economy*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550921000567>

de, Carla, & Giovanna. (2023). *What Circular economy indicators really measure? An overview of circular economy principles and sustainable development goals*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344922006826>

Dzintra, Tatjana, Janis, & Iveta. (2023). *The typology of 60R circular economy principles and strategic orientation of their application in business*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623013471>

Florencia, Jose, Jiju, & Javier. (2022). *Theorizing the principles of sustainable production in the context of circular economy and industry 4.0*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550922002305>

Morseletto. (2022). *Environmental principles for modern sustainable economic frameworks including the circular economy*.  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11625-022-01208-w>

Noah, Eshrar, & Shan. (2021). *Application of circular economy principles in buildings: A systematic review*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710220336731>

Qianyuan, Guangxue, & Hong-Ying. (2017). *Centralized water reuse system with multiple applications in urban areas: Lessons from China's experience*.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491630324X>

QuillBot. (2024). *QuillBot Flow*. (Oct 2024 version) [Large Language Model]. Retrieved October 13, 2024, from <https://quillbot.com/flow>

TATJANA, Leonid, Iryna, & S. (2021). *Circular economy: Tendencies and development perspectives*.  
<https://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/85156>

