

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Industri keramik dapat berkembang signifikan agar tetap mengikuti zaman dengan mencakup aspek desain, teknologi produksi, dan integrasi nilai-nilai budaya. Menurut penelitian sebelumnya Akbar, T., & Hendratno, (2020) mengidentifikasi tiga tipe utama dalam perkembangan keramik kontemporer Indonesia yaitu keramik figuratif, sculpture, dan instalasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa keramik kontemporer Indonesia tidak hanya berfokus pada aspek fungsional, tetapi juga menjadi media ekspresi artistik yang kuat. Tema-tema yang diangkat mencakup ekspresi pribadi, pengalaman estetis, serta isu-isu lokal seperti kearifan budaya, gender, dan kehidupan sosial. Berdasarkan Ardini, S. P., Winata, G (2023) melakukan analisis juga tentang produk keramik studio Indonesia menggunakan pendekatan ATUMICS. Studi ini mengungkapkan bahwa keramik modern berhasil memadukan unsur tradisional dengan desain kontemporer, menciptakan produk yang tidak hanya menarik secara estetika tetapi juga diterima oleh pasar saat ini. Hal ini menunjukkan adanya keseimbangan antara inovasi desain dan penghargaan terhadap warisan budaya dalam industri keramik Indonesia.

Perkembangan zaman dan teknologi telah membawa perubahan signifikan dalam proses produksi keramik di Indonesia. Anggoro dkk., (2023) dan Anggoro dkk., (2021) mendemonstrasikan penggunaan teknologi CAD CAM dalam desain dan produksi keramik di PT Gyan Kreatif Indonesia. Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi teknologi dapat meningkatkan efisiensi produksi dan mengatasi keterbatasan dalam pembuatan keramik tradisional. Menurut penelitian Heryana, F. (2011) telah mengeksplorasi penggunaan teknologi CNC dalam pembuatan master *prototype* keramik di industri keramik Kasongan. Studi ini menemukan bahwa penggunaan mesin CNC dapat meningkatkan presisi dan efisiensi dibandingkan dengan metode manual. Temuan ini menjelaskan pentingnya adopsi teknologi dalam meningkatkan kualitas dan produktivitas industri keramik Indonesia.

Setelah adanya upaya perkembangan teknologi maka upaya untuk mengintegrasikan nilai-nilai budaya lokal ke dalam desain keramik modern menjadi tren yang signifikan dalam industri keramik Indonesia Andika dkk., (2022). Proyek ini menggabungkan elemen tradisional Bali dengan produk fungsional

modern, menciptakan produk yang unik dan bernilai budaya. Dalam penelitian Mizan, (2018) mendeskripsikan bahwa karakteristik keramik Agus Pundong dari Bantul, Yogyakarta, yang terinspirasi dari lingkungan sekitar. Penelitian ini menunjukkan bagaimana pengrajin lokal mengintegrasikan elemen alam dan budaya lokal ke dalam desain keramik mereka, menciptakan produk dengan ciri khas tersendiri. Hal ini menegaskan peran penting keramik dalam melestarikan dan mempromosikan kearifan lokal Indonesia.

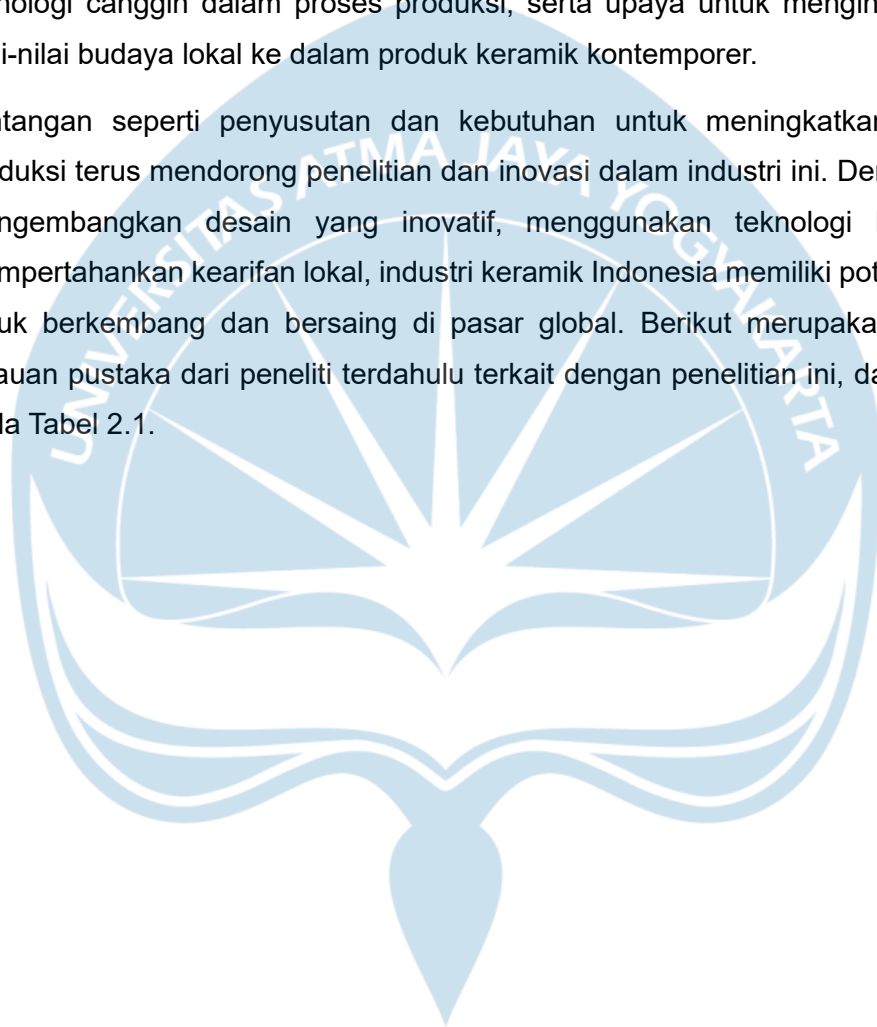
Meskipun produksi keramik mengalami perkembangan positif tetapi industri keramik juga mengalami tantangan tersendiri. Menurut penelitian Sonjaya dkk., (2022) menganalisis laju pengeringan pada cetakan piring keramik, mengidentifikasi penyusutan sebagai salah satu tantangan utama dalam produksi keramik. Penelitian ini memberikan wawasan penting tentang proses pengeringan dan penyusutan yang dapat membantu produsen dalam mengoptimalkan proses produksi mereka. Hasil penelitian Sonjaya dkk., (2022) menjelaskan bahwa maka didapatkan penyusutan kandungan air pada pengeringan cetakan piring keramik basah adalah 29,67% dengan berat kadar air yang diuapkan 847gram dari 1 cetakan yang dihasilkan dengan nilai konstanta laju pengeringan sebesar 0,271 jam. Penelitian ini memberikan wawasan penting tentang proses pengeringan dan penyusutan yang dapat membantu produsen dalam mengoptimalkan proses produksi mereka. Dalam penelitian pengukuran, Kurniawan, M. R (2017) mendapatkan hasil pengukuran penyusutan produk keramik dinding di PT. Nuanza Porcelain Indonesia, Penelitian Kurniawan, M. R (2017) membuktikan bahwa penyusutan dari clay ke produk keramik tidak melebihi 15%. Selain itu, bagian-bagian dari keramik tipe *puzzle* berhasil di-*assembly* menjadi panel berukuran 1 meter persegi. Informasi ini sangat berharga untuk meningkatkan akurasi dalam proses produksi keramik dan mengatasi masalah penyusutan yang sering dihadapi oleh produsen.

Inovasi dalam penggunaan material dan desain fungsional juga menjadi aspek penting dalam perkembangan industri keramik Indonesia. Penelitian Putra & Primadani, (2023) menjelaskan bahwa mengeksplorasi pengembangan desain produk keramik dengan kombinasi kayu palet di Malang, Jawa Timur. Penelitian ini menunjukkan potensi inovasi melalui kombinasi material, menciptakan produk yang tidak hanya fungsional tetapi juga memiliki nilai estetika yang tinggi. Selain itu pada penelitian Tjakra & Tandoko, (2021) merancang cangkir kopi untuk Artisan Ceramic, menangani masalah ergonomis dan mempertimbangkan tren kopi di

Indonesia. Studi ini menggambarkan pentingnya desain yang mempertimbangkan kebutuhan pasar dan kenyamanan pengguna, serta bagaimana industri keramik dapat beradaptasi dengan tren konsumen yang berkembang.

Tinjauan pustaka ini menunjukkan bahwa industri keramik Indonesia sedang mengalami perkembangan yang signifikan. Perkembangan mencakup inovasi dalam desain yang memadukan unsur tradisional dan modern, penggunaan teknologi canggih dalam proses produksi, serta upaya untuk mengintegrasikan nilai-nilai budaya lokal ke dalam produk keramik kontemporer.

Tantangan seperti penyusutan dan kebutuhan untuk meningkatkan efisiensi produksi terus mendorong penelitian dan inovasi dalam industri ini. Dengan terus mengembangkan desain yang inovatif, menggunakan teknologi baru, dan mempertahankan kearifan lokal, industri keramik Indonesia memiliki potensi besar untuk berkembang dan bersaing di pasar global. Berikut merupakan rekapitan tinjauan pustaka dari peneliti terdahulu terkait dengan penelitian ini, dapat dilihat pada Tabel 2.1.



Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil/Temuan
1	Akbar, T., & Hendratno (2021)	seni keramik kontemporer di Indonesia	Bagaimana bentuk visual keramik kontemporer di Indonesia berkembang dan apa saja tema-tema atau isu yang diangkat dalam karyanya	memetakan perkembangan keramik kontemporer berdasarkan tiga tipe utama, yaitu keramik figuratif, sculpture, dan instalasi. Solusi yang diberikan adalah dengan melihat kecenderungan-kecenderungan tersebut sebagai hasil refleksi para seniman terhadap paradigma zaman (zeitgeist)	Metode yang digunakan adalah penelitian kualitatif dengan pendekatan historis	hand-building, teknik cetak, dan glazing.	Keramik kontemporer Indonesia memiliki kecenderungan yang kuat pada bentuk figuratif, sculpture, dan instalasi, dengan tema yang berkisar pada ekspresi pribadi, pengalaman estetis, serta isu-isu lokal seperti kearifan budaya, gender, dan kehidupan sosial
2	Ardini, S. P., Winata (2023)	Keramik Studio Pekunden	Pembaharuan desain dengan tetap membawa tradisi agar tetap bernilai dan diterima di masyarakat modern	Abalisi berbagai bentuk dengan metode ATUMICS	ATUMICS	Skema Pyramid Chart	Keramik yang dianalisis tidak hanya berhasil menampilkan kebaruan, dan menarik secara estetika visualnya saja namun juga berhasil diterima oleh pangsa pasar saat ini.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil/Temuan
3	Anggoro, dkk (2023)	PT Gyan Kreatif Indonesia	Proses pembuatan keramik yang masih terbatas akan mengakibatkan kurangnya efisiensi dan terbatas	Memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan efisiensi	Penggunaan metode CAD CAM untuk mendesain dan merealisasikan produk	Software ArtCam dan Power Mill	Dengan menggunakan teknologi maka dapat disimpulkan bahwa dapat mengatasi permasalahan dalam pembuatan keramik yang terbatas dan meningkatkan efisiensi dalam pembuatan keramik

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil/Temuan
4	Anggoro, dkk (2021)	PT. Doulton Indonesia	Perbedaan dimensi antara gambar teknis 2D dan produk sampel di pasar, dengan rata-rata selisih 4 mm, sedangkan standar perusahaan hanya memperbolehkan perbedaan maksimal 2 mm. Desain manual atau berbasis 2D sulit menghasilkan presisi tinggi pada bentuk yang kompleks.	Menggunakan pendekatan Reverse Engineering dengan sistem CARE (Computer-Aided Reverse Engineering) untuk memindai produk sampel dan membangun ulang model digital 3D. Memanfaatkan CAD/CAM dan CNC milling untuk membuat cetakan master yang presisi.	Menggunakan metode 3D Scanner, 3D Cam, dan CAM	Next Engine 3D, priXa 1588 CMM, PowerSHAPE, PowerMill, dan Mesin YCM EV	selisih dimensi produk setelah melalui proses RE rata-rata < 1 mm, proses RE terbukti meningkatkan efisiensi waktu desain, akurasi produk, serta fleksibilitas rantai pasok. Produk keramik yang dihasilkan memiliki presisi tinggi, akurat, dan siap diproduksi massal untuk memenuhi pasar internasional.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil/Temuan
5	Setya, dkk (2024)	Narwan Keramik	Pebaharuan ide desain untuk aplikasi ke pot gerabah	Pembaharuan desain dengan diikuti perwujudan produk keramik	Penelitian kualitatif dengan studi kasus	Cetakan Gypsum	Menunjukkan karya-karya ragam ornamen yang diaplikasikan pada pot gerabah dan proses tahapan memproduksi pot gerabah dengan melakukan beberapa tahapan yaitu: persiapan (ide desain), validasi desain, perwujudan produ

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil/Temuan
6	Heryana, F. (2013)	Industri keramik kasongan	Kurangnya efisien dalam pembuatan master produk cetakan	pembuatan master produk cetakan dengan menggunakan mesin CNC	Aplikasi CNC untuk pembuatan master produk cetakan	Mesin CNC Freis tipe Roland EGX 600, software ArtCAM Pro	Analisis hasil pembuatan manual dapat disimpulkan dari beberapa hasil yang dilakukan, dalam proses pembuatan manual sering terjadi kerusakan atau kegagalan.
7	Sonjaya dkk, (2022)	Piring keramik	Penyusutan keramik saat dilakukan pengeringan	Menganalisis penyusutan keramik dan konstanta laju pengeringan	Penelitian kuantitatif	Alat pengeringan, termometer, skema proses, line chart	Hasil penyusutan kandungan air pada pengeringan cetakan piring keramik basah adalah 29,67% dengan berat kadar air yang diuapkan 847gram dari 1 cetakan yang dihasilkan dengan nilai konstanta laju pengeringan sebesar 0,271 jam-1

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil/Temuan
8	Putra & Primadani, (2023)	kap lampu sebagai dekorasi interior	pengembangan desain produk keramik dengan kombinasi kayu palet	Mengembangkan produk keramik yang fungsional dan inovatif dengan menggabungkan material lokal lain seperti kayu palet, sehingga memiliki nilai tambah dari sisi estetika dan fungsi	Identifikasi dan mendesain	upcycle, teknik sambungan Half-lap joint, dowel, dan miter	Inovasi produk ini memberikan peluang bagi pengrajin keramik dan kayu di Dinoyo untuk berkolaborasi dan menghasilkan produk baru yang memiliki nilai fungsional dan estetika yang lebih tinggi.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil/Temuan
9	Andika dkk (2022)	<i>mug</i> keramik sebagai cendera mata dengan ornamen Barong Bali	merancang cendera mata yang khas dan unik, terutama yang berkaitan dengan budaya Bali, tanpa perlu menyertakan teks atau informasi yang langsung menunjukkan nama objek wisata	menciptakan produk <i>mug</i> keramik dengan desain yang mengusung ornamen wajah Barong Bali	pembuatan sketsa manual dan digital, pembentukan <i>mug</i> menggunakan teknik pinching, hingga proses pengeringan, pembakaran, dan pewarnaan	alat, bahan, dan Software Adobe Photoshop	<i>Mug</i> keramik ini dihasilkan dengan bentuk yang mengusung elemen-elemen wajah Barong Bali, seperti mata, mulut, gigi, dan lidah, yang memberikan kesan estetika budaya lokal

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil/Temuan
10	Mizan (2017)	Perusahaan Agus Keramik Pundong Bantul Yogyakarta, yang fokus pada pembuatan keramik dengan ide dasar terinspirasi dari lingkungan sekitar	Mendesripsikan karakteristik keramik yang dibuat oleh Agus, termasuk ide dasar, bentuk, jenis, bahan, dan teknik finishing	Penelitian ini berfokus pada deskripsi terperinci mengenai proses penciptaan keramik dari ide awal hingga produk akhir. Beberapa solusi yang diusulkan antara lain penggunaan tanah liat berkualitas dari Godean serta teknik finishing yang memberikan kesan alami dan tahan lama pada produk	kualitatif deskriptif dengan teknik pengumpulan data berupa observasi, wawancara, dan dokumentasi	alat dan bahan	Keramik yang dibuat memiliki ciri khas bentuk alami dari flora (bunga, rumput laut) dan fauna (sapi, bebek, ayam), serta produk fungsional seperti vas bunga, lampu, tempat sabun, dan asbak. Finishing keramik menggunakan metode yang memberikan hasil alami seperti efek retak (cracking) dan tekstur batu karang, dengan pewarnaan yang cenderung klasik dan alami

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metode	Tools	Hasil/Temuan
11	Kurniawan , M. R. (2017)	PT. Nuanza Porcelain Indonesia	Terjadinya penyusutan pada produk keramik disebabkan oleh hilangnya kandungan air, yang berdampak pada pemadatan molekul keramik	Pengukuran dilakukan untuk memverifikasi tingkat penyusutan dari model awal hingga produk akhir	metode manual dalam pembuatan cetakan keramik. Tahapan proses meliputi desain, molding, mold drying, casting, clay drying, first burning, glazing, second burning, finishing, dan packaging	mesin- mesin untuk molding, oven, serta alat ukur seperti jangka sorong	Penelitian membuktikan bahwa penyusutan dari clay ke produk keramik tidak melebihi 15%. Selain itu, bagian-bagian dari keramik tipe puzzle berhasil di-assembly menjadi panel berukuran 1 meter persegi

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Peneliti	Objek	Permasalahan	Solusi	Metodel	Tools	Hasil/Temuan
12	Tjakra & Tandoko, (2021)	Artisan Ceramic yang diproduksi oleh PT. Sari Keramindo International (SKI)	Meskipun produk SKI sukses di pasar internasional, keberadaan di pasar lokal masih kurang disadari. Selain itu, cangkir kopi yang ada di pasar memiliki masalah ergonomis, seperti ukuran handle yang terlalu kecil dan desain saucer yang kurang stabil	Mengembangkan desain cangkir kopi yang tidak hanya mengikuti tren kopi di Indonesia, tetapi juga memperbaiki masalah ergonomi yang ditemukan pada produk-produk sebelumnya. Desain ini juga harus mempertimbangkan daya tahan suhu dan kenyamanan penggunaan	observasi, wawancara dengan CEO dan barista, serta survei kepada konsumen (coffee enthusiast) dan pemilik kedai kopi.	Alat uji daya tahan dan suhu	Desain cangkir yang dikembangkan terdiri dari dua bentuk utama, dengan empat ukuran berbeda untuk espresso, piccolo, cappuccino, dan latte. Cangkir berbentuk siku dinilai lebih baik dalam mempertahankan krema dan lebih sesuai untuk pasar B2B (wholesale), sementara cangkir berbentuk elips cocok untuk pasar B2C (retail). Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa cangkir mampu mempertahankan suhu kopi selama 7 menit

2.2. Dasar Teori

Pada bagian ini akan diuraikan teori-teori dasar yang digunakan sebagai acuan bagi penulis untuk memulai tugas akhir ini. Dasar teori yang akan dibahas yaitu tentang keramik, tableware, CAD, CAM dan STEM.

2.2.1. Keramik

Kata keramik, menurut Fantozzi, (2018) berasal dari bahasa Yunani "keramikos", yang berarti tembikar dan berkaitan dengan aktivitas manusia yang sangat kuno. Tembikar keramik merupakan salah satu bahan tertua yang dibuat di dunia, diproduksi dari tanah liat dengan cara dibentuk dan dipanaskan. Keramik memiliki sejarah panjang dalam semua budaya manusia, berasal dari beberapa ribu tahun yang lalu. Menurut Jonsta dkk., (2011) Keramik dapat diartikan juga sebagai material yang beragam dengan komposisi, struktur, dan sifat yang berbeda-beda. Keramik didefinisikan sebagai material yang sebagian besar terdiri dari kristal, dibentuk terutama dari senyawa anorganik non-logam yang terikat oleh ikatan ionik dan ion-kovalen. Keramik biasanya diklasifikasikan berdasarkan tujuan penggunaannya, yaitu:

1. Keramik tradisional: Dibuat dari bahan baku alami seperti kaolin, tanah liat, kuarsa, dan feldspar yang dibentuk dan dibakar. Keramik ini dapat juga disebut sebagai kaca atau berpori karena mengandung fase kaca, pori-pori, dan kristal dengan komposisi beragam. Jenis keramik tradisional meliputi keramik konstruksi, artistik, utilitas, dan tahan api. Contoh keramik tradisional dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Contoh Keramik Tradisional

(<https://thebestitaly.eu/id/magazine/typical-italian-ceramics-crafts/>)

2. Keramik struktural: Diproduksi dari bahan baku sintetis. Jenis keramik yang lebih baru dan berkembang pesat sejak tahun 1970-an. Digunakan untuk aplikasi teknis yang membutuhkan sifat-sifat khusus, termasuk keramik fungsional dan biokeramik seperti yang ada di peralatan medis. Keramik struktural umumnya memiliki ukuran butir yang sangat halus, biasanya di bawah 1 μm . Contoh keramik modern dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Gigi Palsu Keramik

(<https://alldent.id/5-alasan-memilih-gigi-palsu-lepasan-dibandingkan-gigi-permanen/>)

2.2.2. Tableware

Tableware atau peralatan makan merupakan berbagai jenis peranti atau alat yang digunakan untuk menata meja, menyajikan makanan, serta untuk kegiatan makan itu sendiri. *Tableware* memiliki fungsi yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam konteks pribadi, sosial, maupun budaya. Secara umum, peralatan makan terbagi menjadi beberapa jenis, seperti piring, mangkuk, cangkir, alat makan (*cutlery*), serta barang pecah belah lainnya yang digunakan untuk mendukung kegiatan makan.

Tableware tidak hanya berfungsi sebagai media untuk mengonsumsi makanan, tetapi juga memiliki nilai estetika dan sosial yang tinggi. Dalam beberapa budaya, cara penyajian dan penggunaan peralatan makan memiliki makna tersendiri yang mencerminkan status sosial, tradisi, dan kepercayaan masyarakat. Berikut produk yang dapat dikatakan sebagai *tableware*.

1. Piring merupakan alat makan datar yang digunakan untuk menyajikan makanan. Piring tersedia dalam berbagai bentuk dan ukuran, dari piring makan utama, piring sup, hingga piring kecil untuk makanan penutup

2. Cangkir digunakan untuk menyajikan minuman panas, seperti teh dan kopi, sedangkan gelas digunakan untuk menyajikan minuman dingin. Cangkir biasanya dilengkapi dengan pegangan, sementara gelas tidak.
3. Alat makan adalah peralatan yang digunakan untuk makan, seperti garpu, sendok, dan pisau. Setiap jenis alat makan memiliki fungsi spesifik sesuai dengan jenis makanan yang disajikan.

2.2.3. Computer Aided Design (CAD)

Rangkaian teori yang akan dijelaskan dalam bagian ini memiliki tujuan utama untuk memberikan panduan dan bantuan kepada penulis dalam proses penyelesaian model master *prototype* keramik. Teori-teori ini dikembangkan dengan mengacu pada dua mata kuliah penting, yaitu CAD/CAM (TIND55603) dan Penulisan *Mold* dan *Dies* (TIND57703), yang keduanya membahas secara mendalam tentang berbagai aspek teknologi CAD/CAM dalam konteks penulisan dan manufaktur.

Computer Aided Design (CAD) merupakan suatu teknologi yang dimanfaatkan untuk melakukan penulisan model dengan bantuan sistem komputer yang mampu merepresentasikan objek secara geometris. Melalui teknologi ini, rancangan yang semula berbentuk dua dimensi (2D) dapat dikonversi menjadi model tiga dimensi (3D). CAD dapat digunakan untuk model yang dimanipulasi dan disimulasikan secara digital sebelum diwujudkan secara fisik. Seperti penggunaan untuk membuat model objek tiga dimensi dengan berbagai bentuk dan ukuran. CAD dapat digunakan juga untuk memvisualisasikan model dari berbagai sudut pandangan dan dapat digunakan untuk mengevaluasi kekurangan dari desain model tersebut.

Teknologi CAD juga memberikan kemudahan untuk melakukan simulasi tiga dimensi selama tahapan produksi. Dengan menggunakan sistem CAD, dapat mengkonfigurasi berbagai parameter yang berhubungan dengan proses manufaktur, seperti kecepatan pemakanan (*feeding speed*), laju mesin (*machine feed rate*), dan sudut pemakanan (*cutting angle*). Konfigurasi parameter-parameter ini sangat penting untuk mengoptimalkan proses produksi, memastikan akurasi, efisiensi, serta kualitas produk akhir yang dihasilkan.

Seiring dengan kemajuan teknologi, berbagai perangkat lunak (*software*) telah dikembangkan untuk mendukung penggunaan teknologi CAD. Beberapa contoh *software* yang banyak digunakan antara lain SolidWorks, Inventor, Powershape,

ArtCAM, dan berbagai *software* serupa lainnya. Setiap *software* tersebut dirancang dengan fitur dan kemampuan yang berbeda-beda, yang disesuaikan dengan kebutuhan dan jenis produk yang ingin dibuat. Misalnya, SolidWorks lebih dikenal dalam bidang desain mekanikal dan permesinan, sementara Inventor sering digunakan untuk desain produk industri yang lebih kompleks. Powershape dan ArtCAM, di sisi lain, lebih difokuskan pada desain untuk proses pemesinan atau pembuatan model 3D dalam industri manufaktur yang memerlukan ketelitian tinggi dalam detail. Pemilihan *software* yang tepat sangat bergantung pada spesifikasi dan tujuan desain produk yang ingin dicapai, serta pada kebutuhan teknis yang terkait dengan proses produksi.

2.2.4. Computer Aided Manufacturing (CAM)

Computer Aided Manufacturing (CAM) adalah teknologi yang memanfaatkan komputer untuk mendukung dan mengoptimalkan proses produksi. Salah satu aplikasi utama dari CAM adalah penggunaan kode kontrol numerik (G Code) yang berfungsi untuk mengarahkan mesin 3D Printing dalam menghasilkan *prototype* sesuai dengan desain 3D yang telah dibuat sebelumnya. Dengan bantuan teknologi ini, proses pembuatan produk menjadi lebih presisi dan otomatis. Keunggulan utama dari penerapan CAM terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan sumber daya produksi, seperti mesin dan material, serta mengurangi waktu yang dibutuhkan oleh pekerja dalam menjalankan proses produksi. Selain itu, teknologi CAM juga berkontribusi pada pengurangan biaya operasional yang harus dikeluarkan, karena memungkinkan otomatisasi berbagai tahap produksi yang sebelumnya memerlukan pekerja manusia, sehingga mempercepat proses dan mengurangi kemungkinan kesalahan yang dapat terjadi. Dengan demikian CAM tidak hanya meningkatkan akurasi dan kualitas produk, tetapi juga memberikan keuntungan dari sisi biaya dan waktu.

2.2.5. STEM

Metode STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) merupakan metode yang merujuk pada empat disiplin ilmu yang saling terkait dan terintegrasi. Konsep ini esensial karena mengakui bahwa kemajuan dan inovasi tidak lahir dari satu bidang saja, melainkan dari sinergi dan interaksi antar-bidang tersebut. Sains memberikan pengetahuan teoritis tentang alam semesta, yang kemudian diaplikasikan melalui teknologi untuk tujuan praktis. Rekayasa bertujuan sebagai

jembatan yang menggunakan prinsip-prinsip ilmiah dan matematika sebagai awal dari penalaran logis dan kuantitatif untuk mendesain dan membangun solusi, struktur, atau sistem.

Teori metode STEM berdasarkan Suwardi, S. (2021) bahwa teori tersebut melandaskan pada prinsip pengetahuan dibangun melalui pengalaman langsung, eksplorasi, dan pemecahan masalah. Dengan demikian, pembelajaran berbasis STEM mendorong penulis atau peneliti untuk mengalami proses investigasi ilmiah, merancang solusi rekayasa, menggunakan teknologi sebagai alat bantu, serta mengaplikasikan konsep matematis untuk memperkuat analisis. Dasar teori STEM tersebut dipandang sebagai strategi yang efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, menciptakan inovasi, serta membekali peserta didik dengan kompetensi yang relevan untuk menghadapi tantangan global.

