

TA-Wita

by User 2

Submission date: 21-May-2025 06:21AM (UTC+0700)

Submission ID: 2550207398

File name: Draft_TA_Wita_Astika_Noveza.docx (2.72M)

Word count: 11902

Character count: 73973

**PENGEMBANGAN CANTING BATIK CAP BANTEN
BERBASIS TEKNOLOGI CNC *ROUTER***

SKRIPSI



Oleh :
Wita Astika Noveza
3333210084

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2025

**PENGEMBANGAN ANTING BATIK CAP BANTEN BERBASIS
TEKNOLOGI CNC ROUTER**

**“Skripsi ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam mendapatkan
gelar Sarjana Teknik”**



Oleh :

**Wita Astika Noveza
3333210084**

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON – BANTEN
2025**

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai kekayaan budaya tak ternilai, batik telah menjadi identitas nasional Indonesia yang wajib dijaga kelestariannya. Pengakuan global terhadap nilai budaya batik tercermin dari penetapannya oleh UNESCO sebagai Warisan Budaya Tak benda Kemanusiaan (*Masterpiece of the Oral and Intangible Heritage of Humanity*). Status internasional inilah yang kemudian mendasari penetapan tanggal 2 Oktober sebagai Hari Batik Nasional. Pasca pengesahan UNESCO pada 2 Oktober 2009, industri batik Indonesia mengalami perkembangan signifikan dengan munculnya berbagai inovasi motif dan variasi warna yang semakin kreatif (Maziyah *et al.*, 2020).

Terdapat berbagai teknik khusus yang digunakan dalam proses pembuatan motif pada kain batik. Salah satu metode tradisional adalah batik tulis, yaitu kain yang dihias secara manual menggunakan tangan. Proses pengerjaan batik tulis ini memerlukan waktu sekitar 2 hingga 3 bulan (Prasetyo, 2016). Mengacu pada SNI 0239:2014, batik merupakan produk kerajinan yang dihasilkan melalui teknik pewarnaan dengan metode perintang menggunakan malam (lilin batik) panas sebagai penghalang warna. Alat utama yang digunakan untuk membuat motif adalah canting tulis atau canting cap, yang membentuk pola bermakna pada kain (Utomo & Kharisma, 2019). Di sisi lain, batik cap adalah kain bermotif batik yang dibentuk menggunakan cap, biasanya terbuat dari logam tembaga. Proses pembuatannya relatif lebih singkat, yaitu sekitar 2 hingga 3 hari (Prasetyo, 2016). (Suharto *et al.*, 2014), proses pembuatan batik cap dilakukan secara manual dengan cara mengecap kain secara berulang setelah alat cap dibasahi dengan lilin cair.

Batik cap merupakan bagian dari warisan budaya yang memiliki nilai seni dan ekonomi yang signifikan, serta sangat lekat dengan penggunaan canting cap.

Alat ini merupakan inovasi dari canting tulis yang dirancang untuk mempercepat dan mempermudah proses produksi batik (Sagita & Efi, 2023). Umumnya, canting cap yang digunakan oleh para perajin terbuat dari bahan tembaga atau kuningan, yang cenderung berat dan memiliki biaya produksi yang cukup tinggi. Hal tersebut menyebabkan variasi motif batik cap menjadi terbatas, karena semakin beragam motif pada canting cap, maka semakin mahal pula harga pembuatannya. Biaya pembuatan canting cap berbahan tembaga biasanya berada pada kisaran Rp1.500.000 hingga Rp2.500.000 per unit (Nurohmad & Eskak, 2019).

Selain memiliki biaya produksi yang tinggi, pembuatan canting cap berbahan tembaga juga memerlukan waktu yang cukup lama. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Sagita & Evi, 2023), dijelaskan bahwa proses pembuatan canting cap dari tembaga dapat memakan waktu sekitar 3 hingga 4 minggu. Produksi canting cap ini umumnya disesuaikan dengan permintaan konsumen. Kondisi ini mendorong pelaku industri kreatif batik untuk terus berinovasi dalam menciptakan motif-motif baru yang berbeda dari sebelumnya, sehingga secara tidak langsung menuntut mereka untuk terus melakukan pemesanan canting cap tembaga yang baru.

Penggunaan kayu sebagai bahan dasar canting cap dapat menjadi solusi yang lebih hemat biaya dibandingkan dengan penggunaan tembaga. Berdasarkan hasil penelitian oleh (Sri Hastuti & Pristiwati 2016), dengan kapasitas produksi mencapai 175 canting kayu per bulan, total biaya produksi tercatat sebesar Rp20.573.334, dengan harga pokok sekitar Rp120.000 per unit dan pendapatan penjualan mencapai Rp19.700.166 per bulan. Sementara itu, canting cap berbahan tembaga berukuran 20 x 20 cm memiliki harga pasar berkisar antara Rp750.000 hingga Rp1.000.000, dan proses pembuatannya memerlukan waktu sekitar 3 hingga 6 hari (Nurohmad & Eskak, 2019). Oleh karena itu, penggunaan canting cap berbahan kayu berpotensi membantu industri batik dalam meningkatkan efisiensi produksi melalui pengurangan biaya pengadaan alat.

Pemanfaatan teknologi CNC Router dalam proses produksi batik turut berperan besar dalam meningkatkan konsistensi dan mutu dari canting cap yang dihasilkan. Mesin ini dioperasikan melalui sistem komputer, sehingga mampu

mereproduksi pola yang sama secara berulang dengan tingkat akurasi yang sangat tinggi. Hal ini memastikan setiap cetakan memiliki detail yang seragam. Konsistensi dalam motif sangat krusial dalam produksi batik cap, karena menjadi salah satu faktor utama dalam menjaga kualitas produk. Cetakan yang seragam menghasilkan batik cap yang lebih serasi dan berkualitas, yang pada akhirnya memperkuat kepercayaan konsumen serta meningkatkan daya saing produk di pasaran (Ike Ratnawati *et al.*, 2024). Oleh sebab itu, penggunaan teknologi CNC Router menjadi langkah penting untuk memenuhi standar mutu yang diinginkan oleh konsumen.

Berdasarkan wawancara dengan pemilik PT Batik Banten Mukarnas, perusahaan menghadapi sejumlah tantangan, antara lain keterbatasan dalam pengembangan variasi motif akibat tingginya biaya pembuatan canting batik cap berbahan tembaga, efisiensi produksi yang masih rendah, serta kesulitan dalam menjaga kualitas hasil yang konsisten. Saat ini, canting batik cap yang digunakan oleh perusahaan masih berbahan dasar tembaga, dengan harga berkisar antara Rp2.000.000 hingga Rp2.500.000 per unit dan waktu pembuatan sekitar 2 hingga 3 minggu. Di sisi lain, PT Batik Banten Mukarnas belum memanfaatkan canting cap dari bahan kayu maupun teknologi CNC Router dalam proses produksinya, disebabkan oleh keterbatasan informasi dan akses terhadap teknologi modern. Oleh karena itu, untuk mendorong peningkatan produksi serta pengembangan motif batik yang lebih inovatif, diperlukan inisiatif dalam mengembangkan canting batik cap berbahan kayu dengan bantuan teknologi CNC Router guna mendukung pertumbuhan usaha dan peningkatan pendapatan industri batik.

Upaya pengembangan canting batik cap dengan memanfaatkan bahan alternatif berupa kayu telah menjadi fokus beberapa penelitian sebelumnya. Salah satu studi dilakukan oleh (Novyanto & Nurraharjo, 2022), yang menghasilkan peringkat jenis kayu terbaik untuk kebutuhan meubel. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa kayu jati memiliki nilai preferensi tertinggi (1.00), disusul oleh kayu mahoni dengan nilai 0.89. Penilaian ini didasarkan pada kriteria seperti sifat fisik, ketahanan, sifat mekanik, kelas kayu, dan tekstur. Namun, penelitian tersebut lebih berfokus pada aplikasi kayu dalam industri meubel, bukan secara

khusus dalam konteks pembuatan cangting batik cap. Sementara itu, (Suharto *et al.*, 2014) meneliti kualitas cetakan malam pada kain sebagai indikator mutu cangting batik cap dari berbagai bahan, seperti aluminium, akrilik, kayu jati, dan baja. Hasil penelitian ini menyarankan bahwa bahan kayu jati layak digunakan sebagai alternatif material cangting cap, meskipun belum ada pembahasan lanjutan mengenai bagaimana karakteristik fisik kayu seperti massa jenis dan berat dapat mempengaruhi hasil cetakan. Di sisi lain, penelitian oleh Ike (Ratnawati *et al.*, 2024) mengungkap bahwa penggunaan mesin CNC Router mampu menghasilkan cetakan dengan motif batik yang seragam dan berkualitas tinggi, serta secara signifikan mempercepat proses produksi. Meski begitu, penelitian ini belum menjelaskan secara rinci tahapan produksi cangting batik cap yang melibatkan desain digital melalui perangkat lunak CAD hingga konversi desain ke dalam kode CNC menggunakan perangkat lunak CAM. Selain itu, belum terdapat parameter yang digunakan secara sistematis untuk mengevaluasi mutu cetakan dari cangting cap hasil teknologi CNC tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan cangting batik cap Banten berbahan dasar kayu dengan memanfaatkan teknologi CNC Router di PT Batik Banten Mukarnas. Fokus utama dari studi ini adalah mengevaluasi kualitas cangting batik cap berdasarkan tingkat ketelitian ukuran pola yang dihasilkan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Design of Experiment*, khususnya pendekatan *Two-Factor Factorial Design*, yang bertujuan untuk menganalisis pengaruh interaksi antara jenis kayu (berdasarkan densitas) dan berat kayu terhadap mutu cangting batik cap. Penelitian ini memiliki urgensi yang tinggi karena berpotensi memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi produksi dari segi waktu dan biaya, sekaligus mengidentifikasi jenis kayu yang paling sesuai untuk menghasilkan cangting batik cap berkualitas tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut ini merupakan rumusan masalah yang terdapat pada penelitian kali ini, yaitu:

1. Jenis kayu manakah, antara kayu jati dan kayu mahoni, yang memiliki kualitas terbaik berdasarkan hasil analisis ketelitian ukuran pola?

2. Bagaimana pengaruh jenis kayu (densitas) dan berat pada terhadap kualitas hasil canting batik cap yang dihasilkan menggunakan teknologi CNC Router?

3

1.3 Tujuan Penelitian

Di bawah ini merupakan tujuan dilakukannya penelitian ini, yaitu sebagai berikut:

1. Menentukan jenis kayu diantara kayu jati dan mahoni yang memiliki kualitas terbaik berdasarkan hasil analisis ketelitian ukuran pola terhadap hasil canting batik cap di PT Batik Banten Mukarnas.
2. Menentukan pengaruh jenis kayu (densitas) dan berat terhadap kualitas hasil canting batik cap yang dihasilkan menggunakan teknologi CNC Router.

36

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah yang ditetapkan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini digunakan bahan dasar alternatif canting batik cap yang digunakan adalah kayu jati dan mahoni.
2. Motif batik yang digunakan dalam penelitian ini adalah motif batik Kawunganten, yang dipilih karena filosofi geometrisnya yang khas dan mendalam. Motif ini akan dicetak menggunakan mesin CNC Router untuk menghasilkan canting batik cap berbahan dasar kayu yang presisi, sehingga dapat mempertahankan detail dan makna filosofis dari motif Kawunganten tersebut.
3. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisis perbandingan harga pembuatan canting batik cap tembaga dengan kayu menggunakan mesin CNC Router K6001A.

41

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan ini bertujuan untuk memberikan gambaran umum mengenai penelitian yang dilakukan. Adapun sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang dari penelitian, rumusan masalah yang akan diteliti, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian, batasan masalah untuk membatasi penelitian, sistematika penulisan untuk menggambarkan isi dari setiap bab, dan penelitian terdahulu yang dijadikan referensi untuk dilakukannya penelitian.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini merupakan pembahasan teori-teori yang berhubungan dengan topik penelitian yang diterapkan dalam penulisan laporan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini mencakup alur penelitian yang akan dilaksanakan dari awal hingga akhir, seperti rancangan penelitian, lokasi dan waktu pelaksanaan, cara pengumpulan data, alur penelitian umum beserta deskripsinya, *flowchart* pengolahan data beserta deskripsinya dan analisis data.

BAB IV HASIL PENELITIAN

Bab ini menguraikan informasi yang dikumpulkan serta data yang diolah oleh peneliti selama proses penelitian untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan pada awalnya.

BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan dan menyajikan analisis data yang telah diolah secara mendalam berdasarkan landasan teori yang relevan. Selanjutnya, hasil analisis ini akan dibandingkan dengan temuan dari penelitian sebelumnya.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan yang dihasilkan dari penelitian yang telah dilakukan serta saran yang diberikan oleh penulis untuk penelitian di masa mendatang.

1.6 Penelitian Terdahulu

Berikut ini merupakan penelitian terdahulu yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan dan menjadi referensi dalam melakukan penelitian.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No.	Penulis	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1.	(Suharto <i>et al.</i> , 2016)	Pengembangan Rancangan Bangun Casing Batik Cap Berkualitas Biaya Murah	Penelitian terapan: desain <i>software engineering</i> dan pembuatan dengan CNC <i>Milling</i>	Casing batik cap berbahan dasar aluminium dengan mesin CNC <i>Milling</i> memiliki kelayakan teknologi dan ekonomi, namun UKM memerlukan pelatihan desain tingkat lanjut.	Sama-sama menggunakan teknologi CNC dalam pembuatan casing batik cap serta mempertimbangan mahoni, bukan aluminium.	Pada penelitian ini menggunakan kayu jati dan mahoni, bukan aluminium.
2.	(Novyanto & Nurrahjo, 2022)	Penentuan Jenis Kayu untuk Bahan Meubel dengan metode SAW	<i>Simple Additive Weighing</i> (SAW)	Ditemukan bahwa kayu jati memiliki karakteristik terbaik untuk meubel, kemudian Mahoni dibandingkan jenis kayu lainnya.	Sama-sama membahas pemilihan jenis kayu berdasarkan sifat fisik kayu.	Fokus pada industri meubel bukan spesifik pada pembuatan casing batik cap.
3.	(Suharto <i>et al.</i> , 2014)	Bahan Alternatif Pembuatan Casing Batik Cap (CBC)	Eksperimen dengan berbagai bahan alternatif untuk casing batik cap	Berdasarkan hasil penelitian, hasil pengecapian yang baik untuk berbagai kain, yakni berasal dari bahan alternatif kayu (jati) sehingga direkomendasikan dalam pembuatan casing batik cap.	Sama-sama meneliti bahan terbaik untuk pembuatan casing batik cap. Selain itu, terdapat analisis penilaian kualitas casing batik cap.	Tidak spesifik membahas penggunaan teknologi CNC dalam pembuatan casing batik cap.
4.	(Fhadilla <i>et al.</i> , 2023)	Perbandingan Sifat Fisik dan Mekanik pada Bahan <i>Medium Density Fibreboard</i> (MDF) dan <i>High Moisture Resistant</i> (HMR)	Uji Tarik dan Uji Kekerasan	MDF memiliki densitas lebih rendah dibandingkan HMR, yang berpengaruh pada kekuatan dan daya tahan.	Sama-sama membahas densitas kayu sebagai faktor utama.	Tidak membahas penggunaan kayu dalam pembuatan casing batik cap.

5
Tabel 1. Penelitian Terdahulu Lanjutan

No.	Penulis	Judul Penelitian	Metode	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
5.	(Ike Ratnawati <i>et al.</i> , 2024)	Pola Penerapan Desain Teknologi Tepat Guna Berbasis Mesin CNC dalam Industri Batik Cap	Studi Kasus dan Eksperimen dalam Industri Batik Cap Menggunakan Mesin CNC	Penggunaan teknologi CNC mempercepat produksi batik cap, meningkatkan presisi, serta mengurangi kesalahan manusia.	Sama-sama membahas penggunaan mesin CNC dalam produksi cunting batik cap.	Tidak spesifik membahas perancangan desain pada perangkat lunak CAD dan CAM serta proses produksi cunting batik cap.

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Batik

Batik merupakan seni rupa berbentuk dua dimensi yang telah lama menjadi bagian tak terpisahkan dari kekayaan budaya Indonesia dan memiliki nilai estetika yang luar biasa. Sebagai warisan budaya tak benda, batik memperoleh pengesahan resmi dari UNESCO (Organisasi Pendidikan, Keilmuan, dan Kebudayaan PBB) pada 20 Oktober 2009 (Sagita & Efi, 2023). Pengakuan ini menjadikan batik sebagai salah satu sektor industri kreatif berbasis budaya yang tidak hanya menjadi kebanggaan nasional, tetapi juga ikon fashion global. Lebih dari itu, UNESCO juga menetapkan seluruh aspek batik Indonesia—meliputi teknik pembuatan, inovasi motif, serta nilai-nilai budaya yang melingkupinya—sebagai Warisan Budaya Takbenda Kemanusiaan (*Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity*) pada 20 Oktober 2009 (Suharto *et al.*, 2014).

Asal usul istilah batik dalam bahasa Jawa ditulis sebagai "bhatik", merujuk pada aksara Jawa "tha" yang menggambarkan teknik pembuatan motif melalui kumpulan titik-titik membentuk suatu pola. Secara etimologis, batik tidak bisa didefinisikan secara sederhana sebagai satu atau dua kata saja, melainkan memerlukan penjelasan yang lebih mendalam. Secara teknis, batik adalah kain tradisional yang dihiasi dengan berbagai pola khas dimana proses pembuatannya menerapkan metode tutup celup menggunakan malam (lilin) sebagai penghalang pewarnaan. Ciri khas batik terletak pada tahapan pembuatannya yang meliputi pembuatan motif hingga proses pelorodan, dimana motif digambar dengan mengaplikasikan malam panas menggunakan alat khusus bernama canting (Lailia, 2018).

2.2 Batik Cap

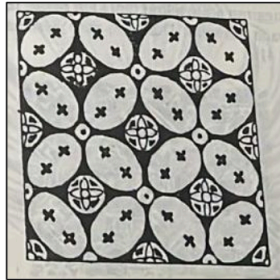
Batik cap merupakan salah satu jenis batik yang diproduksi dengan teknik lebih modern menggunakan alat berbentuk stempel yang dikenal sebagai canting

cap. Proses pembuatannya dilakukan dengan cara menstempelkan motif berulang kali pada kain hingga seluruh permukaan tertutupi. Dibandingkan dengan batik tulis, batik cap lebih banyak ditemui di pasaran karena proses produksinya yang relatif singkat dan sederhana, serta memiliki harga yang lebih ekonomis (Suharto *et al.*, 2014).

Batik cap menjadi salah satu produk kerajinan tradisional asal Yogyakarta yang telah dikenal luas baik di dalam maupun luar negeri. Keunikan batik ini terletak pada teknik pembuatannya yang menggunakan metode cap tradisional, menghasilkan karakteristik berbeda dibandingkan teknik batik lainnya. Proses pembuatan motif pada batik cap menggunakan alat berbentuk stempel dari bahan tembaga. Alat ini berfungsi sebagai pengganti canting, namun sayangnya mengurangi nilai artistik pada hasil akhir karya. Dari segi harga, batik cap relatif lebih ekonomis karena dapat diproduksi secara massal (Lailia, 2018).

2.2.1 Motif Kawung

Motif kawung pada hakikatnya memiliki bentuk geometris yang terinspirasi dari buah pohon aren. Pola dekoratif ini telah ada sejak periode Hindu-Buddha, sebagaimana dapat dilihat pada ornamen-ornamen di Candi Lara Jonggrang Prambanan (Yudoseputro, 1995). Di bawah ini merupakan gambar dari motif kawung.



Gambar 1. Motif Kawung pada Kain Batik
(Sumber : Yudoseputro, 1995)

2.2.2 Canting Cap

Batik cap yang banyak ditemukan di pasaran memiliki keterkaitan erat dengan penggunaan canting cap. Alat ini merupakan inovasi dari canting tulis yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi produksi batik. Umumnya, pengrajin menggunakan canting cap berbahan tembaga atau kuningan yang memiliki berat cukup besar dengan biaya material dan pembuatan yang relatif tinggi. Tingginya harga alat ini berdampak pada keterbatasan variasi motif dalam batik cap, sebab kompleksitas dan keragaman desain pada canting cap akan berbanding lurus dengan peningkatan harganya (Suharto *et al.*, 2014).

Produksi canting cap berbahan tembaga membutuhkan biaya signifikan, dengan kisaran harga Rp1.500.000 hingga Rp2.500.000 per unit. Selain nilai investasi yang besar, proses manufakturnya pun memerlukan waktu cukup panjang, yaitu sekitar tiga sampai empat minggu. Sebagaimana dijelaskan dalam penelitian, industri batik cap masih sangat tergantung pada preferensi pasar. Kondisi ini mengharuskan pelaku usaha batik untuk secara konsisten mengembangkan desain motif yang inovatif dan berbeda dari produk sebelumnya. Konsekuensinya, industri batik pun terus melakukan pemesanan canting cap tembaga baru guna memenuhi kebutuhan produksi (Suharto *et al.*, 2014).

2.3 Kayu

Material kayu berperan penting sebagai faktor penentu karakteristik dan mutu produk *furniture* maupun kerajinan berbahan kayu. Awalnya, industri mebel berkembang dari seni pahat kayu tradisional yang kemudian menghasilkan produk-produk bernilai artistik. Secara umum, produk *furniture* dapat dikategorikan menjadi dua jenis utama. Pertama, *furniture* eksterior yang dirancang untuk penggunaan di area terbuka seperti taman, teras, kawasan pantai, atau pinggir jalan. Jenis kayu yang biasa dimanfaatkan untuk kategori ini meliputi nyatoh, jati, durian, mahoni, dan beberapa varietas lokal lainnya. Kedua, *furniture* interior yang khusus dibuat untuk pemakaian dalam ruangan tertutup. Material kayu yang digunakan untuk jenis ini lebih beragam, seperti eboni, sono kembang, jobar, sawo kecik, dan berbagai jenis kayu berkualitas lainnya. *Furniture* jenis ini biasanya ditempatkan di

area dalam bangunan yang terlindung dari paparan langsung cuaca luar (Novyanto & Nurraharjo, 2022).

Bagi pelaku industri mebel, pemilihan material kayu sebagai bahan baku kerajinan memerlukan analisis mendalam dan pertimbangan matang sebelum menentukan keputusan. Beberapa faktor kritis yang perlu dievaluasi meliputi: karakteristik jenis kayu, usia pohon saat penebangan, serta tahapan pengolahan material menjadi balok kayu siap pakai untuk *furniture*. Kriteria kayu ideal mencakup kualitas kekuatan yang baik, pola serat yang lurus, permukaan yang halus, serta memiliki kandungan air di bawah 15% sebelum melalui proses produksi (Sari, 2015).

Bagi pelaku industri mebel, pemilihan material kayu sebagai bahan baku kerajinan memerlukan analisis mendalam dan pertimbangan matang sebelum menentukan keputusan. Beberapa faktor kritis yang perlu dievaluasi meliputi: karakteristik jenis kayu, usia pohon saat penebangan, serta tahapan pengolahan material menjadi balok kayu siap pakai untuk *furniture*. Kriteria kayu ideal mencakup kualitas kekuatan yang baik, pola serat yang lurus, permukaan yang halus, serta memiliki kandungan air di bawah 15% sebelum melalui proses produksi (Sari, 2015).

2.3.1 Kayu Jati

Jati (*Tectona grandis*) terdapat dalam sejumlah komersial di India, Burma, Thailand, Laos, Kamboja, Vietnam Utara dan Selatan, dan Hindia Timur. Banyak Perkebunan telah dikembangkan di dalam jangkauan alaminya dan di daerah tropis Amerika Latin dan Afrika, dan banyak di antaranya kini memproduksi kayu. Kayu teras bervariasi dari kuning kecokelatan hingga cokelat keemasan gelap dan akhirnya berubah menjadi cokelat pekat setelah terpapar. Kayu ini memiliki tekstur kasar yang tidak rata (berpori cincin), biasanya berbutir lurus, dan memiliki rasa berminyak yang khas. Kayu inti memiliki stabilitas dimensi yang sangat baik dan memiliki tingkat keawetan alami yang sangat tinggi. Meskipun tidak digunakan secara umum di Amerika Serikat di mana kekuatan merupakan hal yang sangat penting, nilai kayu jati umumnya setara dengan kayu ek asli Amerika. Kayu jati umumnya dikerjakan dengan cukup mudah dengan peralatan tangan dan mesin.

Namun, silika dalam kayu sering kali menumpulkan peralatan. *Finishing* dan perekatan cukup memuaskan meskipun perlakuan awal mungkin diperlukan untuk memastikan ikatan yang baik antara *finishing* dan perekatan. Secara intrinsik, jati adalah salah satu kayu yang paling berharga dari semua kayu, tetapi penggunaannya dibatasi oleh kelangkaan dan biaya tinggi. Kayu jati memiliki keunikan karena tidak menimbulkan karat atau korosi saat bersentuhan dengan logam; oleh karena itu, kayu jati sangat berguna dalam industri pembuatan kapal, tangki dan tong, dan perlengkapan yang membutuhkan ketahanan tinggi terhadap asam. Saat ini, kayu jati digunakan dalam konstruksi kapal mahal, lantai furnitur, benda-benda dekoratif, dan veneer untuk kayu lapis dekoratif (Risbrudt *et al.*, 1999).

2.3.2 Kayu Mahoni

Nama mahoni saat ini digunakan untuk beberapa jenis kayu komersial yang berbeda. Kayu mahoni asli, yang dihasilkan oleh genus *Swietenia*, berasal dari Hindia Barat Amerika; di Eropa pada tahun 1600-an, kayu ini merupakan kayu utama untuk mebel berkualitas tinggi, lemari, dan pembuatan kapal. Karena reputasi baik yang terkait dengan nama mahoni didasarkan pada kayu ini, mahoni Amerika kadang-kadang disebut sebagai mahoni sejati. Kayu Afrika terkait, dari genus *Khaya*, telah lama dipasarkan sebagai “mahoni Afrika”, dan sifat-sifat yang mirip dan penampilan keseluruhan memungkinkannya digunakan untuk tujuan yang hampir sama dengan mahoni Amerika. Jenis mahoni yang ketiga, dan yang paling sering ditemui di pasaran, adalah “mahoni Filipina” Nama ini diterapkan pada sekelompok kayu Asia yang termasuk dalam tiga marga yang berbeda: *Shorea*, *Parashorea*, dan *Pentsteme*. Dalam karya ini, informasi tentang “mahoni Filipina” diberikan di bawah pengelompokan Lauan/Merani. Kegunaan utama kayu mahoni adalah sebagai bahan baku mebel dan kabinet, trim interior, pembuatan pola, konstruksi kapal, veneer mewah, instrumen musik, instrumen presisi, panel, pembubutan, ukiran, dan banyak kegunaan lain yang membutuhkan kayu yang menarik dan stabil secara dimensi (Risbrudt *et al.*, 1999).

2.4 Densitas Kayu

Densitas (atau berat jenis) merupakan salah satu sifat fisik kayu yang paling penting. Densitas adalah berat atau massa kayu dibagi dengan volume spesimen

pada kadar air tertentu. Dengan demikian, satuan untuk kerapatan biasanya dinyatakan sebagai *pound per cubic foot* (pcf) atau kilogram per meter kubik (kg/m^3) (Risbrudt *et al.*, 1999). Karakteristik massa jenis berbagai jenis kayu menunjukkan variasi yang signifikan, sehingga mempengaruhi kapasitas absorpsi dan pelepasan airnya. Secara umum, terdapat korelasi positif antara massa jenis kayu dengan kekuatannya - semakin tinggi nilai massa jenis, semakin kuat material kayu tersebut. Data penelitian menunjukkan bahwa kayu jati memiliki massa jenis $0,45 \text{ g/cm}^3$, sementara kayu mahoni memiliki nilai yang lebih tinggi yaitu sekitar $0,64 \text{ g/cm}^3$ (Bahanawan *et al.*, 2020).

Tabel 2. Ukuran Densitas Kayu

Type of Particleboard	Density (pcf)
Low Density	25 – 37
Medium Density	37 – 50
High Density	50 – 70

(Sumber : Risbrudt *et al.*, 1999)

2.5 Design of Experiment (DOE)

Design of Experiment (DOE) merupakan metodologi statistik yang diterapkan dalam penelitian eksperimental untuk optimalisasi kualitas produk dan proses produksi. Menurut *National Institute of Standards and Technology* (NIST) Amerika Serikat, DOE didefinisikan sebagai pendekatan terstruktur dalam analisis masalah teknis melalui pengumpulan data empiris guna memperoleh kesimpulan yang reliabel. Metode ini berfungsi untuk mengidentifikasi hubungan kausal antara variabel *output* (respon) dengan berbagai faktor yang memengaruhinya. Dalam penerapan DOE, terdapat dua klasifikasi variabel utama: (1) variabel bebas (faktor) yang terdiri dari faktor terkendali (*controllable factors*) dan faktor tak terkendali (kovariat/noise factors), serta (2) variabel terikat (respon). Setiap faktor yang diteliti memiliki beberapa level tertentu, dimana treatment mengacu pada kombinasi berbagai level faktor yang diuji dalam suatu eksperimen (Muttaqin, 2019).

Design of Experiments (DOE) menerapkan lima prinsip dasar yang menjadi landasan pelaksanaannya. Kelima prinsip tersebut meliputi: (1) randomisasi, (2) replikasi, (3) *blocking*, (4) ortogonalitas, dan (5) eksperimen faktorial. Randomisasi mengacu pada teknik penempatan acak unit eksperimen ke dalam berbagai

perlakuan, yang bertujuan meminimalkan bias yang mungkin memengaruhi validitas hasil penelitian. Replikasi berarti melakukan pengulangan percobaan dengan perlakuan identik untuk meningkatkan akurasi estimasi efek perlakuan. *Blocking* merupakan strategi pengelompokan unit eksperimen berdasarkan karakteristik tertentu guna mengendalikan variasi yang tidak diinginkan. Prinsip ortogonalitas menjamin bahwa efek masing-masing faktor dapat diestimasi secara independen tanpa korelasi antar faktor. Sedangkan eksperimen faktorial memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi tidak hanya efek individual setiap faktor tetapi juga interaksi antar faktor secara simultan. Secara geometris, desain faktorial mengatur semua faktor bervariasi secara independen dan saling tegak lurus dalam ruang eksperimen (Muttakin, 2019).

(Park, 1996) mengemukakan bahwa berbagai jenis desain eksperimen dapat dikategorikan berdasarkan dua aspek utama: (1) cara mengalokasikan atau menempatkan kombinasi faktor perlakuan, dan (2) tingkat randomisasi yang diterapkan dalam eksperimen tersebut :

1. Desain Faktorial

Desain eksperimen ini memungkinkan peneliti mengeksplorasi semua kemungkinan kombinasi perlakuan yang berasal dari faktor-faktor yang telah ditentukan sebelumnya. Pemilihan urutan kombinasi perlakuan dilakukan dengan metode acak sepenuhnya. Kategori desain ini mencakup eksperimen faktor tunggal, dua faktor, tiga faktor, serta desain faktorial $2k$ (k faktor dengan dua *level*) dan $3k$ (k faktor dengan tiga *level*).

2. Faktorial Fraksional

Desain eksperimen ini diterapkan untuk mengevaluasi beberapa kombinasi perlakuan yang dipilih dari seluruh kemungkinan yang ada. Pemilihan kombinasi perlakuan dilakukan melalui proses randomisasi penuh. Kategori desain ini mencakup beberapa metode khusus seperti *Orthogonal Arrays*, *Plackett-Burman*, *Latin Square*, dan *Graeco-Latin Square*. Penerapan desain ini terutama bermanfaat ketika eksperimen memerlukan biaya tinggi dan waktu pelaksanaan yang panjang.

3. Acak Kelompok Lengkap, Petak Terpisah, dan Tersarang

Desain eksperimen ini melibatkan pelaksanaan semua kombinasi perlakuan yang mungkin, namun dengan penerapan batasan tertentu dalam proses randomisasinya. Salah satu bentuk desain tersebut adalah *randomized complete block design*, yang ditandai dengan karakteristik dimana setiap blok memuat seluruh variasi perlakuan dan proses randomisasi hanya berlaku untuk pengaturan perlakuan dalam masing-masing blok.

4. Blok Tidak Lengkap

Ketika tidak semua perlakuan dapat dimasukkan ke dalam setiap blok dalam rancangan acak lengkap (*randomized complete block design*), maka rancangan tersebut disebut sebagai rancangan blok tidak lengkap (*incomplete block design*). Rancangan ini biasanya digunakan dalam kondisi di mana pelaksanaan seluruh perlakuan di tiap blok tidak memungkinkan, misalnya karena keterbatasan alat atau fasilitas eksperimen. memadai.

5. Permukaan Respon dan Campuran

Tujuan dari desain ini adalah untuk menyelidiki model regresi yang dapat menggambarkan hubungan fungsional antara variabel respons dengan variabel-variabel independennya, sekaligus mengidentifikasi kondisi optimal dari variabel-variabel tersebut. Beberapa jenis desain yang termasuk dalam kategori ini antara lain *central composite design*, *simplex design*, *mixture design*, dan *Evolutionary Operation (EVOP) design*.

2.5.1 Replikasi (*Replication*)

Replikasi merujuk pada pelaksanaan berulang suatu perlakuan eksperimen dalam kondisi identik guna meningkatkan akurasi hasil penelitian. Tujuan utama penerapan replikasi adalah meminimalkan variasi eksperimental sekaligus meningkatkan presisi data yang diperoleh. Dalam penelitian ini, penentuan jumlah pengulangan dilakukan dengan menerapkan formula Federer. Untuk memitigasi kesalahan eksperimen selama proses replikasi, digunakan persamaan perhitungan berikut (Ulfah *et al.*, 2019):

$$(t - 1)(r - 1) \geq 15 \quad (1)$$

$$(27 - 1)(r - 1) \geq 15 \quad (2)$$

$$27r - 27 - r + 1 \geq 15 \quad (3)$$

$$26r \geq 15 + 26 \quad (4)$$

$$26r \geq 41 \quad (5)$$

$$r \geq 1,576 \sim 2 \quad (6)$$

Keterangan :

t : Jumlah perlakuan

r : Jumlah pengulangan/replikasi

2.6 Two-Factor Factorial Design

Factorial Design merupakan rancangan eksperimen yang diaplikasikan ketika penelitian melibatkan dua faktor atau lebih. Desain ini memfasilitasi analisis interaksi antara berbagai *level* faktor yang diteliti. Setiap faktor dalam desain ini umumnya dibatasi pada dua level variasi, yaitu *level* atas (*high*) dan *level* bawah (*low*). Untuk setiap kombinasi faktor, dilakukan sejumlah pengulangan percobaan sebanyak n kali. Nilai n ini dapat dihitung menggunakan persamaan khusus dalam factorial design berikut (Jefri, 2024):

$$n = 2^k \quad (7)$$

Keterangan :

n = Jumlah *run* perlakuan

k = Jumlah faktor

Desain eksperimen faktorial memungkinkan peneliti untuk menganalisis pengaruh individual masing-masing faktor sekaligus mengidentifikasi adanya efek interaksi antar faktor. Metode ini khusus dirancang untuk mengevaluasi dampak gabungan dari beberapa variabel independen secara bersamaan. Secara umum, terdapat tiga tujuan pokok dalam penerapannya: (1) menilai pengaruh variabel terhadap *output*, (2) mengidentifikasi variabel dominan yang paling signifikan pengaruhnya, dan (3) menganalisis efek interaksi antar variabel. Pentingnya analisis interaksi ini disebabkan oleh kemungkinan adanya pengaruh timbal balik antar faktor yang dapat memodifikasi hasil akhir (Jefri, 2024). Dalam konteks desain faktorial dua *level*, meskipun memiliki keunggulan dalam fleksibilitas penerapan baik untuk parameter kuantitatif maupun pertanyaan kualitatif, terdapat beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Desain ini hanya memberikan estimasi efek dalam rentang eksperimen tertentu, tidak menyertakan data replikasi internal, serta

tidak mampu mendeteksi hubungan kuadrat karena hanya menggunakan dua *level* pengujian (Brereton, 2018).

2.7 Analysis of Variance (ANOVA)

Analysis of Variance (ANOVA) merupakan metode analisis statistik yang secara luas diaplikasikan dalam berbagai penelitian eksperimen. Teknik ini pertama kali dikembangkan oleh R. A. Fisher (Marpaung *et al.*, 2017). ANOVA digunakan sebagai alat uji komparatif untuk menganalisis perbedaan mean antar tiga kelompok populasi atau lebih yang bersifat independen. Fungsi utama ANOVA meliputi: (1) menentukan signifikansi pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat, (2) mengidentifikasi faktor-faktor kunci dalam suatu penelitian, serta (3) menganalisis pola interaksi dan dampak masing-masing variabel. Dalam pelaksanaannya, ANOVA menghasilkan statistik F yang berfungsi sebagai indikator kesetaraan mean antar kelompok yang dibandingkan. Penerapan ANOVA mensyaratkan pemenuhan beberapa asumsi dasar berikut (Bluman, 2014):

1. Populasi yang diambil sampelnya harus berdistribusi normal
2. Sampel bersifat independen satu sama lain
3. Variasi populasi harus homogen

Berikut ini merupakan tabel ANOVA pada eksperimen *Two-Factor Factorial Design* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Analysis of Variance (ANOVA) untuk Two-Factorial Experiment

Source of Variation	Sum Square	Degrees of Freedom (DF)	Mean Square (MS)	F0
A treatments	SS_A	a-1	SS_A/df_A	MS_A/MS_E
B treatments	SS_B	b-1	SS_B/df_B	MS_B/MS_E
AB interactions	SS_{AB}	(a-1)(b-1)	SS_{AB}/df_{AB}	MS_{AB}/MS_E
Error	SS_E	ab(n-1)	SS_E/df_E	
Total	SS_T	abn-1		

(Sumber : Montgomery, 2013)

2.8 Pengujian Asumsi-Asumsi ANOVA

Sebelum melakukan uji ANOVA, hal yang harus dilakukan adalah pengujian asumsi-asumsi yang harus dipenuhi dalam ANOVA, antara lain dapat disebutkan sebagai berikut:

1. Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk menguji apakah suatu data berasal dari populasi yang terdistribusi secara normal. Dalam analisis parametrik, asumsi kenormalan data merupakan prasyarat yang harus dipenuhi. Apabila data tidak berdistribusi normal, maka pengujian hipotesis harus menggunakan pendekatan statistik nonparametrik (Prabowo *et al.*, 2022). Kriteria penentuan normalitas data dapat dilihat berdasarkan ketentuan berikut (Herdiansyah & Nugroho, 2022):

- a. Apabila nilai signifikansi melebihi 0,05, data penelitian dianggap mengikuti distribusi normal.
- b. Apabila nilai signifikansi kurang dari 0,05, data penelitian dianggap tidak mengikuti distribusi normal.

2. Uji Homogenitas

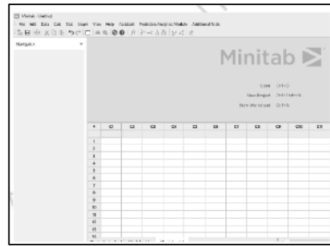
Uji homogenitas adalah prosedur analisis statistik yang digunakan untuk memverifikasi kesamaan varians antar dua kelompok data atau lebih (Prabowo *et al.*, 2022). Kriteria penetapan homogenitas data dapat ditentukan berdasarkan pedoman berikut (Herdiansyah & Nugroho, 2022):

- a. Jika nilai signifikansi atau probabilitas lebih besar dari 0,05, maka hipotesis nol (H_0) diterima.
- b. Jika nilai signifikansi atau probabilitas kurang dari 0,05, maka hipotesis nol (H_0) ditolak.

2.9 Software Minitab

Minitab merupakan perangkat lunak statistik yang dikembangkan khusus untuk kebutuhan analisis data. Program ini menyediakan antarmuka berbasis *Microsoft Excel* yang intuitif, namun tetap mampu menangani berbagai metode statistik tingkat lanjut. Sebagai salah satu *software* statistik populer, Minitab menawarkan kemudahan operasional dilengkapi dengan beragam fitur pengolahan data canggih. Beberapa kemampuan analitik yang tersedia meliputi analisis faktor, analisis diskriminan, dan tabulasi silang, termasuk berbagai metode statistik untuk keperluan desain eksperimen. Desain antarmuka Minitab yang tertata rapi dengan

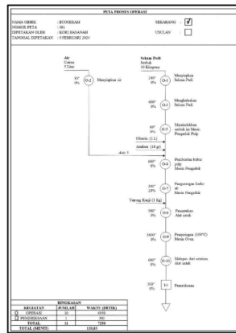
menu analisis yang terorganisir secara sistematis menjadikannya sangat mudah digunakan (Nugroho *et al.*, 2024).



Gambar 2. Tampilan Software Minitab 21
(Sumber : Sihombing & Arsani, 2022)

2.10 Perencanaan Proses

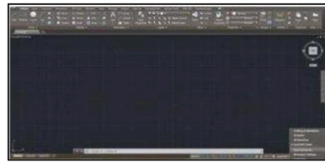
Strategi perencanaan produksi yang matang menjadi faktor penentu kesuksesan perusahaan dalam menciptakan produk berkualitas tinggi sesuai permintaan pasar. Dalam konteks ini, implementasi sistem pengendalian mutu berperan sebagai jaminan bahwa produk akhir memenuhi standar kualitas yang ditentukan baik oleh konsumen maupun produsen (Nauli *et al.*, 2024). Dalam perancangan proses manufaktur mesin *thermoforming*, dilakukan berbagai kalkulasi teknis komponen produksi yang mengikuti Standar Operasional Prosedur (SOP) dan *Operations Process Chart* (OPC). OPC merupakan diagram alur kerja yang memvisualisasikan tahapan produksi melalui dekomposisi pekerjaan menjadi elemen-elemen terstruktur dalam suatu sistem perencanaan manufaktur (Nugraha & Hariri, 2020).



Gambar 3. Peta Proses Operasi dari Produk ECOSEKAM
(Sumber : Nauli *et al.*, 2024)

2.11 Software AutoCAD

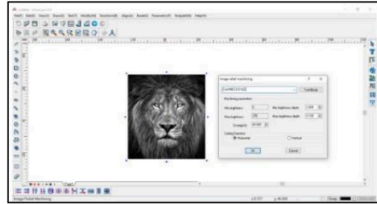
AutoCAD merupakan perangkat lunak desain berbasis komputer yang banyak dimanfaatkan sebagai alat bantu visualisasi objek dan media pembelajaran interaktif. Sebagai singkatan dari *Automatic Computer Aided Design*, program ini berfungsi sebagai sistem desain otomatis yang membantu pengguna dalam berbagai aktivitas perancangan. Kemampuan AutoCAD mencakup pengukuran presisi (panjang, luas, *volume*) serta visualisasi objek dalam format 2D maupun 3D (Terminanto *et al.*, 2023). Perangkat lunak ini menghasilkan berbagai format output sesuai kebutuhan pengguna, termasuk format DFX yang telah menjadi standar pertukaran data dalam industri CAD. Berikut ilustrasi antarmuka standar AutoCAD (Eko, 2020):



Gambar 4. Tampilan Awal AutoCAD
(Sumber : Eko, 2020)

2.12 Software UcanCAM

Proses pemotongan material kayu mahoni dilakukan menggunakan mesin CNC Router G-Weike WK1212 dengan mata pisau *end mill 4 flute* berdiameter 3 mm. Sistem operasional mesin ini mengintegrasikan dua komponen utama: (1) software UcanCAM 10 berfungsi sebagai perangkat lunak CAM untuk pembuatan *gcode* dan *toolpath*, serta (2) DSP controller sebagai antarmuka kontrol mesin. Seluruh pengaturan parameter *level* faktor dikonfigurasi melalui kedua sistem tersebut (Wijaya dkk., 2020). Dalam proses manufaktur, UcanCAM berperan penting dalam tahap praproduksi untuk merancang *toolpath* dan mengkonversi desain menjadi *gcode* yang dapat dieksekusi mesin (Banoel *et al.*, 2021).

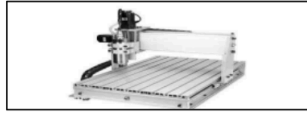


Gambar 5. Tampilan Software UcanCAM
(Sumber : Wijaya & Arsiwi, 2021)

2.13 Mesin CNC Router

Computer Numerical Control (CNC) merupakan sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan melalui perintah terprogram berbasis standar ISO (Banoel *et al.*, 2021). CNC Router merupakan integrasi antara teknologi CNC dengan mesin router, menghasilkan sistem pemotongan presisi untuk material seperti kayu dan bahan lunak lainnya yang memerlukan akurasi tinggi dalam pengerjaan bentuk kompleks. Sistem ini memungkinkan pemotongan berbagai material termasuk kayu, komposit, aluminium, plastik, akrilik, dan busa melalui kontrol komputer yang mengatur pergerakan *cutter* pada sumbu X, Y, dan Z berdasarkan desain digital yang telah diprogram (Salam *et al.*, 2020). Perkembangan teknologi CNC merepresentasikan terobosan signifikan dalam metode pengukiran kayu tradisional, dimana router CNC menawarkan solusi

produksi massal dengan konsistensi tinggi. Keunggulan ini memungkinkan pengrajin memenuhi permintaan dalam skala besar tanpa mengorbankan keseragaman produk (Setiawan *et al.*, 2020).



Gambar 6. Mesin CNC Router
(Sumber : Setiawan *et al.*, 2020)

G-Code merupakan bahasa pemrograman standar dalam operasi mesin CNC yang berbasis pada sistem koordinat grafis dan vektor. Bahasa pemrograman ini berfungsi sebagai *interface* komunikasi antara perangkat lunak komputer dengan sistem kontrol mesin CNC. Secara operasional, mesin akan bergerak mengikuti lintasan yang telah didefinisikan melalui instruksi vektor dalam kode *G-Code*. Format penyimpanan program *G-Code* menggunakan ekstensi file *.ngc* (*Numerical G-Code*). Berikut merupakan klasifikasi berbagai jenis *G-Code* yang umum digunakan (Sk, Julsam, *et al.*, 2019).

Tabel 4. Macam-Macam *G-Code*

G-Code	Kegunaan
G0	Perintah pergerakan cepat
G1	Perintah pergerakan pemakanan lurus
G2	Perintah pergerakan melingkar searah jarum jam
G3	Perintah pergerakan melingkar
G33	Menyayat beberapa jenis ulir dengan kisar konstan
G40	Membatalkan kompensasi radius atau tanpa kompensasi
G41	Kompensasi radius kanan
G42	Perintah kompetensi radius kiri
G54	Berati titik nol benda kerja diaktifkan
G90	Pemrograman <i>absolute</i>
G91	Pemrograman <i>inkrimental</i>
G96	Mengatur kecepatan potong
G97	Pengaturan kecepatan potong konstan OFF
G158	Menentukan awal pemrograman

(Sumber : Sk, Julsam, *et al.*, 2019)

2.14 Parameter Ketelitian Ukuran Pola

Evaluasi presisi dimensi pola dilakukan untuk mengukur akurasi hasil produk yang telah dibuat. Penelitian ini juga bertujuan membandingkan tingkat akurasi dari berbagai teknik produksi yang digunakan. Pengukuran dimensi pola dalam studi ini menggunakan alat ukur digital caliper dengan tingkat ketelitian mencapai 0,01 mm (Abdillah *et al.*, 2020).

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Produk Pola Cor

Pola	Parameter	Hasil Pengukuran					
		A	B	C	D	E	F
3D Print	Sampel 1	68	86,1	15	17,06	15	34
	Sampel 2	68	86	15	17,08	15	34
	Sampel 3	68	86	14,98	17,06	14,98	33,98
	Rata-Rata	68	86,03	14,99	17,07	14,99	33,99
	Panduan	68	86	15	17	15	34
	Celah	0	-0,03	0,01	-0,07	0,01	0,01
	Toleransi	±0,15	±0,15	±0,1	±0,1	±0,1	±0,15
	Hasil	GO	GO	GO	GO	GO	GO
Manual	Sampel 1	68,3	86,2	15	16,8	14,94	34,26
	Sampel 2	68,4	86	14,9	16,7	14,9	34,3
	Sampel 3	68,3	86,5	14,92	16,9	14,82	34,13
	Rata-Rata	68,33	86,23	14,94	16,80	14,89	34,23
	Panduan	68	86	15	17	15	34
	Celah	-0,33	-0,23	0,06	0,20	0,11	-0,23
	Toleransi	±0,15	±0,15	±0,1	±0,1	±0,1	±0,15
	Hasil	NO GO	NO GO	GO	NO GO	NO GO	NO GO

(Sumber : Abdillah *et al.*, 2020)

Evaluasi akurasi pola cor dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata dimensi antara pola yang diproduksi secara konvensional dan pola hasil cetak 3D *Printer*. Perbandingan nilai mean ini bertujuan untuk menilai tingkat presisi yang dapat dicapai oleh masing-masing metode produksi. Selanjutnya, hasil perhitungan mean tersebut dikomparasikan dengan standar toleransi ISO 2768-1:1989 untuk menentukan apakah terjadi penyimpangan (GO) atau masih dalam batas toleransi yang diperbolehkan (NO GO) (Abdillah *et al.*, 2020). Tabel berikut menunjukkan batas penyimpangan yang dapat diterima untuk pengukuran dimensi linier, tidak termasuk bagian tepi yang tidak sempurna (Peter, 2024).

Tabel 6. Penyimpangan yang Diizinkan untuk Dimensi Linier kecuali untuk Tepi yang Patah

Tolerance Class		Permissible deviations for basic size range							
Designation	Description	0,5 ^d up to 3	Over 3 up to 6	Over 6 up to 30	Over 30 up to 120	Over 120 up to 400	Over 400 up to 1000	Over 1000 up to 2000	Over 2000 up to 4000
f	Fine	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	
m	Medium	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2
c	Coarse	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4
v	Very Coarse	±0,5	±1	±1,5	±2,5	±4	±6	±8	

^d For nominal sizes below 0,5 mm, the deviations shall be indicated adjacent to the relevant nominal size(s).

(Sumber : Peter, 2024)

Tabel tersebut menunjukkan standar toleransi umum berdasarkan ISO 2768-1:1989 untuk mengevaluasi apakah suatu penyimpangan masih dalam batas yang diizinkan (GO) atau melampauinya (NO GO). Dalam studi ini, tingkat ketelitian (fine) dari standar ISO dipilih sebagai acuan (Peter, 2024).

METODE PENELITIAN**3.1 Rancangan Penelitian**

Rancangan penelitian ini didasarkan pada permasalahan yang sering dihadapi industri batik PT Batik Banten Mukarnas, yakni diantaranya adalah keterbatasan dalam memperkaya variasi motif yang disebabkan oleh biaya pembuatan canting batik cap berbahan tembaga yang mahal, rendahnya efisiensi produksi, dan kualitas yang konsisten. Hal ini dapat menghambat proses produksi dan inovasi motif batik cap dalam industri batik. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengembangan canting batik cap banten menggunakan bahan dasar kayu berbasis teknologi CNC Router pada PT Batik Banten Mukarnas menggunakan parameter ketelitian ukuran pola sebagai parameter kualitas canting batik cap. Selain itu, pada penelitian ini digunakan metode *Design of Experiment*, khususnya melalui pendekatan *Two-Factor Factorial Design* yang digunakan untuk mengetahui hubungan antara faktor jenis kayu (densitas) dengan berat kayu terhadap kualitas canting batik cap.



Gambar 7. PT Batik Banten Mukarnas

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Batik Banten Mukarnas. PT Batik Banten Mukarnas merupakan pelopor industri batik di Provinsi Banten. PT Batik Banten Mukarnas berlokasi di Jalan Bhayangkara No. 5, Kubil, Cipocok Jaya, Kec. Cipocok Jaya, Kota Serang, Banten 42121. Penelitian ini berlangsung pada bulan Oktober 2024.

3.3 Cara Pengumpulan Data

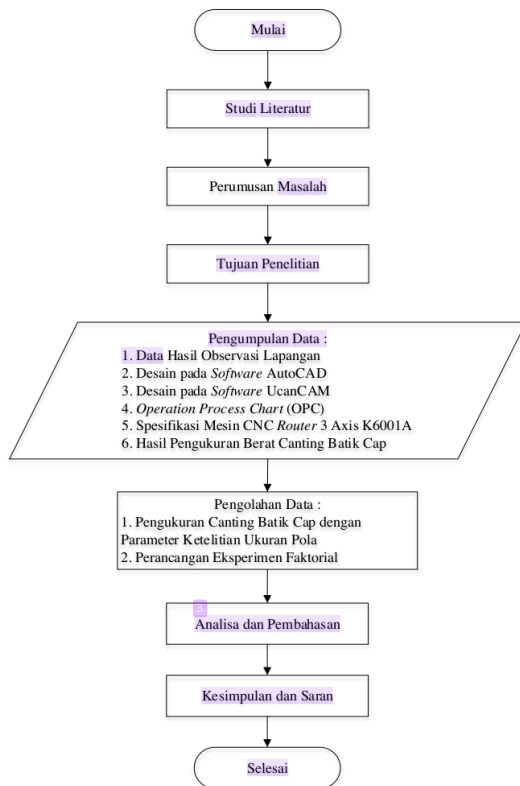
Penelitian ini dibutuhkan beberapa data yang menunjang. Data tersebut terbagi dalam dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung oleh peneliti melalui metode observasi lapangan dan wawancara. Data primer pada penelitian ini mencakup hasil pengamatan langsung desain canting batik cap dari bahan tembaga, motif batik Kawunganten, dan biaya serta lamanya waktu produksi canting batik cap. Data sekunder merupakan data yang didapatkan oleh peneliti secara tidak langsung. Data sekunder bisa diperoleh dari informasi yang telah terkumpul oleh lembaga atau individu lain. Data sekunder pada penelitian ini, yaitu densitas kayu jati dan mahoni, spesifikasi beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya adalah jangka sorong, pengering kayu atau *microwave oven*, dan mesin CNC Router K6001A.

3.4 Alur Penelitian

Alur penelitian menjadi panduan bagi peneliti untuk menyusun dan melaksanakan setiap langkah dengan sistematis, sehingga memastikan keberhasilan penelitian. Alur penelitian ini merupakan serangkaian tahapan yang dirancang peneliti untuk mencapai tujuan penelitian dengan cara yang terstruktur dan sistematis. Alur penelitian digambarkan melalui *flowchart* penelitian. Berikut ini merupakan *flowchart* yang digunakan untuk pemecahan masalah pada penelitian ini.

3.4.1 Flowchart Penelitian Umum

Di bawah ini merupakan langkah-langkah dalam melaksanakan penelitian secara umum yang digambarkan dalam aliran proses sebagai berikut.



Gambar 8. Flowchart Penelitian Umum

3.4.2 Deskripsi Flowchart Penelitian Umum

Berikut ini merupakan penjelasan mengenai flowchart penelitian umum dalam bentuk deskripsi setiap langkahnya, yakni sebagai berikut.

a. Mulai

Tahapan ini merupakan tahapan paling awal pada penelitian. Pada tahapan ini dilakukan berbagai persiapan untuk berjalannya penelitian.

b. Studi Literatur

Pada tahapan ini dilakukan riset mengenai teori-teori penunjang penelitian. Bersamaan dengan berlangsungnya studi lapangan, studi literatur ini dilakukan untuk menguatkan teori dan alasan untuk melakukan penelitian berdasarkan hasil riset atau penelitian terdahulu.

c. Perumusan Masalah

Pada tahapan ini dilakukan penentuan terhadap masalah yang akan dibahas dalam penelitian. Pada penelitian ini, pokok masalah yang dipilih, yaitu mengenai bagaimana pengaruh antara sifat fisik kayu (jati dan mahoni) densitas dengan berat melalui metode *Two-Factor Factorial Design* serta pemilihan jenis kayu terbaik dalam menentukan kualitas canting batik cap.

d. Tujuan Penelitian

Pada tahap ini dilakukan penentuan tujuan berlangsungnya penelitian agar penelitian dapat berjalan dengan target yang jelas dan memberikan manfaat.

e. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data untuk keberlangsungan penelitian. Data yang dikumpulkan berupa gambar motif Batik Kawunganten, pemilihan variabel respon, faktor, dan *level*, serta penentuan jumlah perlakuan (*treatment*).

f. Pengolahan Data

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan data yang didapatkan untuk mendapatkan jawaban dari permasalahan yang ada. Pengolahan data pada penelitian ini diantaranya adalah pengukuran canting batik cap dengan parameter kelitian ukuran pola dan perancangan eksperimen faktorial yang meliputi penentuan variabel respon, faktor, *level*, dan perlakuan, penentuan variabel bebas dan terikat, pembuatan desain perancangan eksperimen, *main effect plot*, *interaction plot*, penentuan hipotesis awal (H_0) dan

hipotesis alternatif (H_1), Uji asumsi ANOVA, dan analisis variansi serta penarikan kesimpulan.

g. Analisa dan Pembahasan

Pada tahapan ini dilakukan analisis hasil pengolahan data. Selain berdasarkan hasil data yang didapatkan, pada tahapan ini juga dilakukan peninjauan kembali terhadap teori-teori pendukung dan penelitian terdahulu yang dapat menjadi acuan pada penelitian ini.

h. Kesimpulan dan Saran

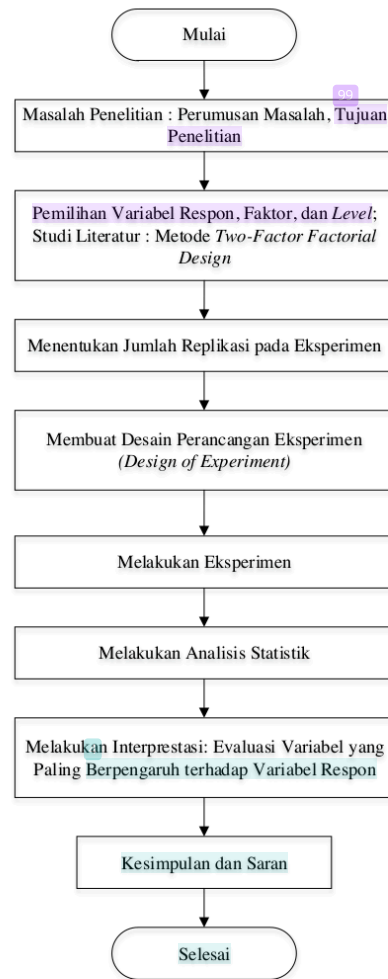
Setelah dilakukan analisis dan didapatkan hasil pembahasannya, tahapan selanjutnya, yaitu penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang dilakukan. Kesimpulan ini harus menjawab setiap poin berdasarkan perumusan dan tujuan penelitian.

i. Selesai

Setelah semua tahapan dilakukan dan kesimpulan sudah didapatkan, maka penelitian dianggap telah selesai.

3.4.3 Flowchart Metode *Two-Factor Factorial Design*

Berikut ini merupakan langkah-langkah dalam melakukan perencanaan desain eksperimen dengan metode *Two-Factor Factorial Design*.



Gambar 9. Flowchart Metode Two-Factor Factorial Design

3.4.4 Deskripsi Flowchart Metode Two-Factor Factorial Design

Berikut ini merupakan deskripsi dari langkah-langkah untuk metode *Two-Factor Factorial Design*.

a. Mulai

Tahapan ini merupakan tahapan paling awal pada penelitian. Pada tahapan ini dilakukan berbagai persiapan untuk berjalannya penelitian.

b. Masalah Penelitian (Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian)

Menjelaskan permasalahan utama yang ingin dipecahkan oleh penelitian serta tujuan yang ingin dicapai. Tahap ini mencakup identifikasi rumusan masalah dan tujuan penelitian.

c. Pemilihan Variabel Respon, Faktor, dan *Level* serta Studi Literatur (Metode *Two-Factor Factorial Design*)

Menentukan variabel yang akan diukur sebagai hasil (respon), faktor yang akan diuji (seperti jenis material), dan tingkatannya (misalnya dua *level*). Kemudian melakukan kajian Pustaka terkait variabel yang diukur, parameter eksperimen, serta perlakuan yang akan diuji menggunakan metode *Two-Factor Factorial Design*.

d. Menentukan Jumlah Replikasi pada Eksperimen

Tahapan ini merupakan perhitungan jumlah replikasi pada eksperimen melalui rumus replikasi untuk meningkatkan keandalan, validitas, dan kualitas hasil penelitian.

e. Membuat Desain Perancangan Eksperimen (*Design of Experiment*)

Pada langkah ini, dilakukan pembuatan tabel eksperimen yang mengkombinasikan atau menyilangkan semua faktor tertentu terhadap tiap *level* dari faktor lainnya yang ada dalam eksperimen tersebut.

f. Melakukan Eksperimen

Tahap eksekusi eksperimen sesuai dengan rancangan desain eksperimen yang telah dibuat sebelumnya.

g. Analisis Statistik

Melakukan analisis data hasil eksperimen menggunakan metode statistik.

h. Interpretasi Statistik

Menginterpretasikan hasil analisis data menggunakan metode statistik untuk menentukan faktor yang paling memengaruhi respon eksperimen.

i. Kesimpulan dan Saran

Merangkum hasil penelitian, menjawab rumusan masalah, serta memberikan rekomendasi berdasarkan temuan penelitian.

j. Selesai

Setelah semua tahapan dilakukan dan kesimpulan sudah didapatkan, maka penelitian dianggap telah selesai.

3.5 Analisis Data

Analisis data merupakan tahap penting dalam penelitian yang memungkinkan peneliti untuk mendapatkan pemahaman lebih mendalam dari data-data yang telah dikumpulkan. Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan untuk memahami pengaruh jenis kayu (densitas tinggi dan sedang) serta berat kayu (kering dan basah) terhadap kualitas hasil canting batik cap yang dihasilkan menggunakan teknologi CNC Router. Selain itu, mengetahui jenis kayu diantara kayu jati dan kayu mahoni yang memiliki kualitas terbaik untuk digunakan sebagai bahan cetakan melalui parameter ketelitian ukuran pola pada canting batik cap.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

4.1 Pengumpulan Data

Dalam melakukan penelitian ini, dibutuhkan rincian informasi mengenai motif batik Kawunganten dan alat yang akan digunakan dalam melakukan eksperimen. Berikut ini merupakan data-data yang digunakan dalam penelitian ini.

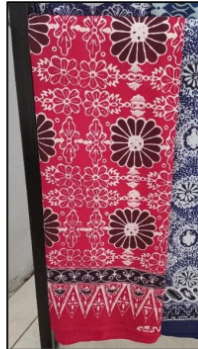
4.1.1 Data Hasil Observasi Lapangan

Pengumpulan data dalam penelitian ini salah satunya adalah dilakukan melalui observasi langsung di lokasi produksi batik di PT Batik Banten Mukarnas. Diketahui bahwa salah satu teknik batik yang digunakan oleh PT Batik Banten Mukarnas adalah cap. Canting batik cap yang digunakan oleh PT Batik Banten Mukarnas adalah berbahan dasar tembaga. Salah satu canting cap batik berbahan dasar tembaga dapat dilihat pada Gambar 10 di bawah ini.



Gambar 10. Canting Batik Cap Tembaga PT Batik Banten Mukarnas

Gambar 10 merupakan salah satu canting batik cap berbahan dasar tembaga yang dimiliki oleh PT Batik Banten Mukarnas. Canting batik cap tembaga di atas digunakan untuk membuat motif batik pinggiran kain. Canting batik cap tembaga di atas dibuat dalam waktu 2 minggu. Harga canting batik cap tembaga di atas adalah Rp2.000.000.

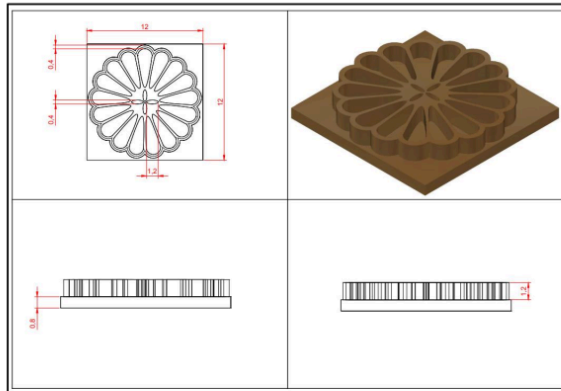


Gambar 11. Model Batik Kawunganten PT Batik Banten Mukarnas

Gambar 11 merupakan kain batik motif Kawunganten yang diproduksi oleh PT Batik Banten Mukarnas setelah dilakukan proses pewarnaan. Saat ini, pembuatan batik motif Kawunganten dilakukan dengan teknik lukis. Untuk meningkatkan efisiensi produksi, perlu dilakukan pembuatan canting batik cap. Selain itu, untuk memperoleh **canting batik cap dengan harga yang lebih murah** dari sisi materialnya, penelitian ini bertujuan untuk membuat canting batik cap berbahan dasar kayu.

4.1.2 Desain pada *Software* AutoCAD

Desain batik motif Kawunganten dalam penelitian ini dibuat menggunakan *software* AutoCAD untuk memastikan presisi dan akurasi dalam menggambarkan pola. *Software* ini dipilih karena kemampuannya dalam menghasilkan garis yang presisi serta fleksibilitasnya dalam mengatur skala dan detail desain. Setiap elemen motif, seperti pola geometris dan detail khas lainnya, diukur dan disesuaikan untuk mencerminkan keaslian batik motif Kawunganten. Desain ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk pembuatan canting batik cap berbasis CNC Router. Di bawah ini merupakan hasil desain batik motif Kawunganten pada *software* AutoCAD dalam ukuran cm dan skala 1:1.

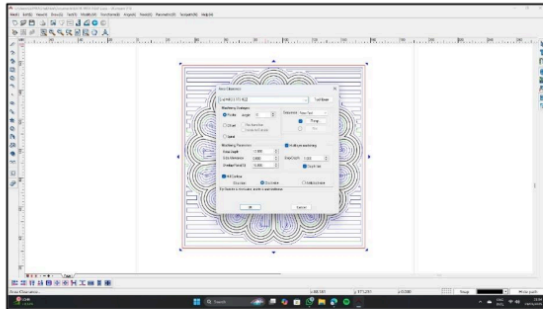


Gambar 12. Desain Motif Batik Kawunganten pada Software AutoCAD

Gambar 12 menunjukkan desain canting batik cap motif Kawunganten yang dibuat menggunakan *software* AutoCAD. Pada tampilan perspektif 3D, terlihat motif Kawunganten yang telah dipahat ke dalam bentuk canting batik cap berbahan kayu. Desain ini memiliki dimensi dasar 12 x 12 cm, dengan kedalaman relief 1,2 cm pada pola motif. Pada tampilan proyeksi dua dimensi, dapat dilihat pengaturan ketebalan dasar cetakan serta ketinggian pola sesuai dengan kebutuhan proses pencetakan batik.

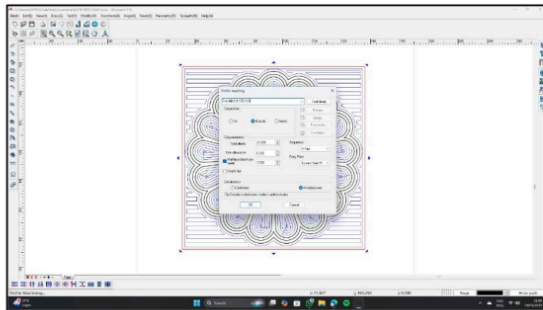
4.1.3 Desain pada *Software* UcanCAM

Desain yang telah dibuat dalam *software* AutoCAD selanjutnya diimpor ke dalam *software* UcanCAM untuk proses konversi menjadi format yang sesuai dengan mesin CNC Router (.nc). UcanCAM digunakan karena kemampuannya dalam mengolah desain menjadi jalur alat (*toolpath*) yang diperlukan untuk pengoperasian mesin CNC Router. Proses ini melibatkan pengaturan parameter seperti jenis alat potong, kecepatan *spindle*, kedalaman potong, serta pengaturan jalur pemotongan berdasarkan pola batik Kawunganten. Hasil desain dari *software* ini menjadi tahap akhir sebelum dieksekusi oleh mesin CNC Router. Di bawah ini merupakan desain batik motif Kawunganten beserta pengaturan parameter pada *software* UcanCAM.



Gambar 13. Pengaturan Area Clearance

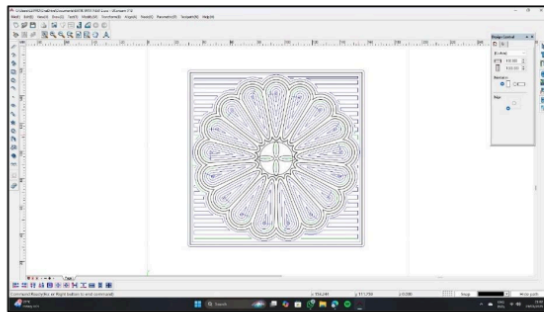
Gambar 13 menunjukkan proses pengaturan jalur pemotongan (*toolpath*) menggunakan perangkat lunak UCancam V13 untuk desain berbentuk pola simetris menyerupai motif batik Kawunganten. Dalam jendela pengaturan “*Profile Machining*” terlihat bahwa alat potong yang digunakan adalah *End Mill* berukuran 3,175 mm (H28), dengan posisi pemotongan diatur pada bagian luar desain. Parameter pemotongan meliputi kedalaman total sebesar 21 mm, tanpa toleransi samping (*side allowance*) dan kedalaman per langkah sebesar 3 mm untuk memastikan pemotongan dilakukan secara bertahap. Urutan pemotongan dimulai dari sumbu X pertama (*X First*), dengan arah pemotongan berlawanan arah jarum jam (*anticlockwise*).



Gambar 14. Pengaturan Profile Machining

Gambar 14 menunjukkan antarmuka perangkat lunak UcanCAM yang digunakan untuk membuat jalur pahat (*toolpath*) pada canting batik cap dengan pola

ukiran yang rumit. Pada pengaturan “*Profile Machining*”, terlihat pengaturan untuk proses pemotongan profil menggunakan pahat jenis *End Mill* dengan diameter 3,175 mm. Pemotongan dilakukan pada bagian luar garis desain (*outside cut position*), dengan total kedalaman sebesar 21 mm yang dicapai secara bertahap melalui lintasan dengan kedalaman per tahap sebesar 3 mm. Arah pemotongan dipilih berlawanan arah jarum jam (*anticlockwise*), yang ditujukan untuk memastikan hasil ukiran lebih halus dan sesuai dengan desain. Jalur pahat yang divisualisasikan dalam gambar menggambarkan urutan pemotongan, dimulai dari titik masuk yang telah ditentukan. Di bawah ini merupakan gambar hasil pengaturan jalur pahat pada perangkat lunak UcanCAM.

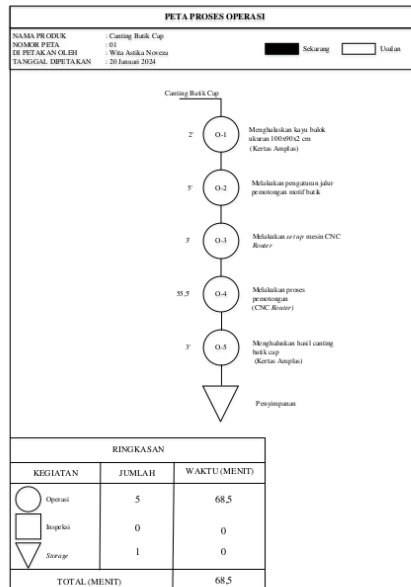


Gambar 15. Desain Batik Motif Kawunganten pada *Software* UcanCAM

Dapat dilihat pada Gambar 15 merupakan desain batik motif Kawunganten pada tampilan *software* UcanCAM V13. Setelah dilakukan pembuatan jalur pahat (*toolpath*) sesuai dengan desain yang telah dibuat pada *software* AutoCAD, desain dapat disimpan dalam format .nc untuk dapat dilakukan proses pada mesin CNC Router. Melalui *flashdisk*, file .nc disimpan sebagai *input file* pada remot CNC Router.

4.1.4 Operation Process Chart (OPC)

Di bawah ini merupakan *Operation Process Chart* (OPC) pada pembuatan canting batik cap berbahan dasar kayu jati dan mahoni.



Gambar 16. Operation Process Chart (OPC) Produksi Canting Batik Cap

Gambar 16 menunjukkan *Operation Process Chart* (OPC) produksi Canting Batik Cap di Laboratorium Sistem Produksi FT UNTIRTA. Terdapat 6 kegiatan yang terdiri dari 5 kegiatan operasi dan 1 kegiatan penyimpanan. Lamanya waktu kegiatan operasi yang berlangsung sebesar 1 jam 8 menit 30 detik. Total waktu untuk satu kali proses produksi canting batik cap, yaitu sebesar 1 jam 8 menit 30 detik.

4.1.5 Spesifikasi Mesin CNC Router 3 Axis K6001A

Mesin CNC Router yang digunakan adalah CNC Router Quick K6100A. Mesin CNC Router Quick K6100A memiliki dimensi area kerja, yaitu 60 x 100 cm yang dilengkapi spindle motor power 2200 W. Mesin potong dan ukir berbasis komputer otomatis ini mampu menjalankan proses pemotongan dan pengukiran secara otomatis. Mesin ini sangat berguna untuk proses pengerjaan memotong dan mengukir bahan-bahan material diantaranya kayu, papan kayu, *Premature*

Ventricular Contractions (PVC), *Medium Density Fiberboard* (MDF), plastik, akrilik, aluminium, tembaga, dan bahan material lainnya.



Gambar 17. Mesin CNC Router K6001A

Gambar 17 merupakan mesin CNC Router K6001A yang digunakan untuk melakukan proses pengukiran pada produk canting batik cap. Mesin CNC Router ini juga mampu membuat ukiran atau relief tiga dimensi karena memiliki motor penggerak 3 Axis (X, Y, dan Z) yang berarti mesin ini mampu melakukan pahatan material dengan kedalaman yang bervariasi yang sesuai dengan program yang dibuat sebelumnya dan mendapatkan hasil ukiran yang rinci.

4.1.6 Hasil Pengukuran Berat Canting Batik Cap

Terdapat dua *level* untuk faktor berat kayu yang digunakan dalam eksperimen penelitian ini, yakni kering dan basah. Teknik pengeringan kayu dengan memanfaatkan energi gelombang mikro (*microwave*) untuk menghasilkan kayu kering. Berikut ini merupakan gambar *microwave oven* yang digunakan dalam tahapan pengeringan kayu.



Gambar 18. Microwave Oven SHARP R-222Y(S)

Gambar di atas merupakan gambar *microwave oven* yang digunakan dalam tahapan pengeringan kayu pada penelitian ini. *Microwave oven* ini bermerek SHARP R-222Y(S) dengan tegangan 220V – 50 Hz serta frekuensi sebesar 2450 MHz. Pengeringan kayu dilakukan selama 10 menit dengan 5 kali pengoperasian *microwave oven* yang masing-masing terdiri dari 2 menit *microwave oven* hidup dengan jeda 5 menit *microwave oven* mati. Di bawah ini merupakan timbangan analitik yang digunakan dalam mengukur berat kayu kering dan basah.



Gambar 19. Joil Timbangan Baker Digital

Gambar 19 merupakan gambar timbangan baker digital dengan merek Joil. Timbangan analitik ini memiliki ketelitian 0,01 gram dengan kapasitas 500 gram. Kemudian, timbangan analitik ini menggunakan energi 2 buah baterai AAA. Selain itu, timbangan ini memiliki ukuran 13 x 10,9 x 2 cm. Di bawah ini merupakan tabel hasil pengukuran berat kayu kering dan basah.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Berat Canting Batik Cap Kayu

No. Eksperimen	Replikasi	Jenis Kayu	Berat Basah (gr)	Berat Kering (gr)
1	1	Mahoni	109,49	
	2	Mahoni	104,65	
	3	Mahoni	108,50	
	4	Mahoni	106,34	
	5	Mahoni	106,38	
	6	Mahoni	104,33	
2	1	Mahoni		101,49
	2	Mahoni		102,77
	3	Mahoni		101,37
	4	Mahoni		101,65
	5	Mahoni		101,34
	6	Mahoni		102,42
3	1	Jati	78,66	
	2	Jati	80,52	
	3	Jati	78,47	
	4	Jati	78,56	
	5	Jati	77,61	
	6	Jati	78,23	
4	1	Jati		73,49
	2	Jati		77,06
	3	Jati		77,14
	4	Jati		75,04
	5	Jati		73,33
	6	Jati		74,59

Pada Tabel 7, terlihat adanya perbedaan yang signifikan antara berat basah dan berat kering untuk masing-masing jenis kayu. Pada kayu jati, rata-rata berat basah lebih rendah dibandingkan kayu mahoni berturut-turut adalah 106,62 gram dan 78,68 gram, yang menunjukkan bahwa kayu mahoni cenderung memiliki kandungan air lebih tinggi sebelum proses pengeringan. Setelah proses pengeringan, kayu mahoni menunjukkan pengurangan berat yang lebih signifikan dibandingkan kayu jati, namun tetap memiliki berat kering yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa kayu mahoni memiliki densitas yang lebih tinggi, sehingga lebih berat meskipun kandungan airnya telah berkurang.

4.2 Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data, penulis melakukan pengolahan data melalui pengukuran canting batik cap dengan parameter ketelitian ukuran pola dan *Design of Experiment* (DOE), yakni *Two-Factor Factorial Design*.

4.2.1 Pengukuran Canting Batik Cap dengan Parameter Ketelitian Ukuran Pola

Tabel ini memuat parameter ketelitian pola yang mengikuti standar pengukuran berdasarkan penelitian (Abdillah *et al.*, 2020). Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong digital berketelitian 0,01 mm guna memastikan hasil yang akurat. Bagian canting batik cap yang dianalisis merujuk pada Gambar 12, dengan 12 sampel sebagai titik pengukuran pada setiap komponen yang diteliti.

Tabel 8. Hasil Pengukuran Produk Canting Batik Cap Kayu

No.	Jenis Kayu	Parameter	Hasil Pengukuran Dimensi (cm)		
			Dimensi A	Dimensi B	Dimensi C
1	Mahoni	Sampel 1	1,18	0,46	0,98
		Sampel 2	1,2	0,47	0,9
		Sampel 3	1,25	0,4	0,97
		Sampel 4	1,21	0,44	0,94
		Sampel 5	1,2	0,46	1,21
		Sampel 6	1,2	0,4	0,98
		Sampel 7	1,21	0,4	1,2
		Sampel 8	1,2	0,44	0,98
		Sampel 9	1,2	0,47	0,98
		Sampel 10	1,18	0,46	0,9
		Sampel 11	1,21	0,44	0,97
		Sampel 12	1,25	0,4	0,94
		Rata-Rata	1,21	0,44	0,97
		Panduan	1,2	0,4	1,2
		Celah	0,01	0,04	-0,20
		Toleransi	±0,01	±0,005	±0,01
		Hasil	GO	NO GO	NO GO
2	Jati	Sampel 1	1,14	0,44	1,02
		Sampel 2	1,14	0,4	0,96
		Sampel 3	1,13	0,4	0,9
		Sampel 4	1,13	0,48	1,02
		Sampel 5	1,14	0,4	1,02
		Sampel 6	1,14	0,4	0,98
		Sampel 7	1,18	0,41	0,97
		Sampel 8	1,18	0,4	1,02
		Sampel 9	1,2	0,4	0,96
		Sampel 10	1,2	0,48	1,02
		Sampel 11	1,2	0,4	0,98
		Sampel 12	1,2	0,4	1,02
		Rata-Rata	1,17	0,42	0,99
		Panduan	1,2	0,4	1,2
		Celah	-0,04	0,02	-0,21
		Toleransi	±0,01	±0,005	±0,01
		Hasil	NO GO	NO GO	NO GO

Keterangan :

S = Produk canting batik cap

A = Kedalaman motif kelopak bunga

B = Lebar luar motif kelopak bunga

C = Panjang motif ellips

Hasil pengukuran mengindikasikan bahwa canting batik cap berbahan kayu mahoni memiliki tingkat presisi lebih tinggi daripada yang terbuat dari kayu jati. Canting mahoni memenuhi kriteria GO karena seluruh dimensinya sesuai standar ISO. Sebaliknya, sebagian besar dimensi linier dan sudut pada canting jati berada di luar batas toleransi yang ditetapkan ISO. Dengan demikian, canting berbahan jati tidak disarankan untuk digunakan, terutama karena dimensi utamanya (bagian terluar produk) melebihi deviasi maksimum yang diperbolehkan.

4.2.2 Perancangan Eksperimen Faktorial

Perancangan eksperimen faktorial dilakukan untuk menentukan pengaturan yang optimal dari faktor yang mempengaruhi parameter kualitas yang dipilih dalam proses produksi canting batik cap untuk PT Batik Banten Mukarnas. Eksperimen faktorial yang digunakan pada penelitian ini adalah 2^2 . Di bawah ini merupakan tahapan yang dilakukan pada perancangan eksperimen faktorial pada penelitian ini.

a. Penentuan Faktor, *Level*, dan Perlakuan (*Treatment*)

Setelah melakukan perumusan masalah dan tujuan penelitian, selanjutnya adalah pemilihan faktor, *level*, dan perlakuan. Di bawah ini merupakan faktor, *level*, dan perlakuan (*Treatment*) yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 9. Faktor dan *Level* pada Eksperimen

Faktor		Keterangan
Jenis Kayu (Densitas)	Kayu Mahoni	Kayu dengan densitas tinggi
	Kayu Jati	Kayu dengan densitas sedang
	Berat Basah	Kayu dalam kondisi basah
Berat Kayu	Berat Kering	Kayu dalam kondisi kering

Berdasarkan Tabel 9 dapat diketahui bahwa pada penelitian ini digunakan dua faktor diantaranya adalah faktor jenis kayu (densitas) dan berat kayu. Selain ini, pada penelitian ini digunakan masing-masing 2 *level* dengan nilai tinggi dan rendah pada masing-masing faktor. Pada faktor jenis kayu (densitas) terdiri dari *level* kayu dengan densitas tinggi (kayu mahoni) dan sedang (kayu jati). Kemudian, pada faktor berat kayu terdiri dari *level* kayu dalam kondisi basah (berat basah) dan kering (berat kering).

Tabel 10. Kombinasi Perlakuan (*Treatment*) dalam Eksperimen

Jenis Kayu	Berat Kayu	
	Basah	Kering
Kayu Mahoni	Y1 : Kayu Mahoni, Basah	Y2 : Kayu Mahoni, Kering
Kayu Jati	Y3 : Kayu Jati, Basah	Y4 : Kayu Jati, Kering

Berdasarkan Tabel 10 dapat diketahui bahwa terdapat empat kombinasi *treatment* yang dilakukan pada eksperimen penelitian ini. Hal ini dapat dihasilkan melalui perumusan pada *Two-Factor Factorial*, yaitu 2^2 dengan hasil 4 perlakuan (*treatment*). Kombinasi *treatment* tersebut diantaranya adalah kayu mahoni dengan berat basah, kayu mahoni dengan berat kering, kayu jati dengan berat basah, dan kayu jati dengan berat kering.

b. Penentuan Variabel Bebas dan Variabel Terikat

Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi variabel terikat, sedangkan variabel terikat adalah variabel yang keadaannya dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas canting batik cap. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Jenis kayu (densitas)

2. Berat kayu

c. Penentuan Jumlah Replikasi pada Eksperimen

Di bawah ini merupakan rincian perhitungan replikasi pada penelitian ini.

$$(t - 1)(r - 1) \geq 15 \quad (8)$$

$$(4 - 1)(r - 1) \geq 15 \quad (9)$$

$$3r - 3 \geq 15 \quad (10)$$

$$3r \geq 15 + 3 \quad (11)$$

$$3r \geq 18 \quad (12)$$

$$r \geq 6 \quad (13)$$

Berdasarkan perhitungan replikasi di atas diperoleh bahwa pada penelitian kali ini masing-masing perlakuan (*treatment*) dilakukan enam kali replikasi.

Diperoleh total eksperimen yang dihasilkan adalah sebanyak 24 kali.

d. Pembuatan Desain Perancangan Eksperimen

Desain eksperimen yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan eksperimen faktor 2². Pada tabel di bawah ini dapat dilihat hasil eksperimen dengan faktor jenis kayu (densitas) dan berat kayu. Masing-masing faktor terdapat dua *level* dengan masing-masing *level* dilakukan empat replikasi.

Tabel 11. Data Hasil Eksperimen

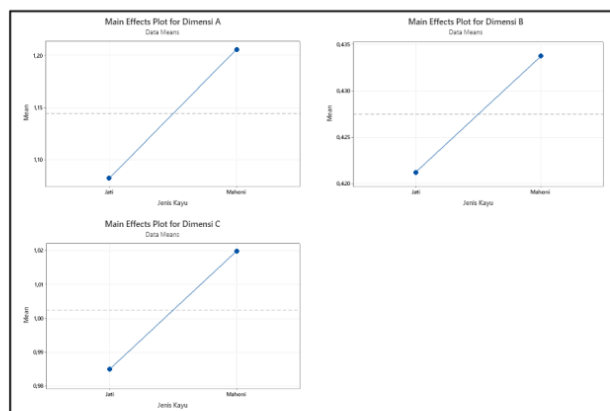
No. Treatment	Replikasi	Faktor		Hasil Eksperimen (cm)		
		Jenis Kayu	Berat Kayu	Dimensi A	Dimensi B	Dimensi C
1	1	Mahoni	Basah	1,18	0,46	0,98
	2	Mahoni	Basah	1,2	0,47	0,90
	3	Mahoni	Basah	1,25	0,4	0,97
	4	Mahoni	Basah	1,21	0,44	0,94
	5	Mahoni	Basah	1,2	0,46	0,98
	6	Mahoni	Basah	1,2	0,4	0,98
2	1	Mahoni	Kering	1,21	0,4	0,96
	2	Mahoni	Kering	1,2	0,44	0,98
	3	Mahoni	Kering	1,2	0,47	0,98
	4	Mahoni	Kering	1,18	0,46	0,90
	5	Mahoni	Kering	1,21	0,44	0,97
	6	Mahoni	Kering	1,25	0,4	0,94
3	1	Jati	Basah	1,14	0,44	1,02
	2	Jati	Basah	1,14	0,4	0,96
	3	Jati	Basah	1,13	0,4	0,96
	4	Jati	Basah	1,13	0,48	0,98
	5	Jati	Basah	1,14	0,4	1,02
	6	Jati	Basah	1,14	0,4	0,98
4	1	Jati	Kering	1,18	0,41	0,97
	2	Jati	Kering	1,18	0,4	1,02
	3	Jati	Kering	1,2	0,4	0,96
	4	Jati	Kering	1,2	0,48	1,02
	5	Jati	Kering	1,2	0,4	0,98
	6	Jati	Kering	1,2	0,4	1,02

e. *Main Effect Plot*

Main effect plot adalah diagram yang digunakan untuk menggambarkan pengaruh utama (*main effect plot*) dari setiap faktor terhadap respon atau variabel respon yang diamati. Berikut ini adalah diagram *main effect plot* dari faktor jenis kayu (densitas) dan berat kayu terhadap kualitas canting batik cap.

1. *Main Effect Plot* Faktor Jenis Kayu (Densitas)

Berikut ini merupakan *main effect plot* dari faktor jenis kayu (densitas) terhadap rata-rata parameter ketelitian ukuran pola canting batik cap.



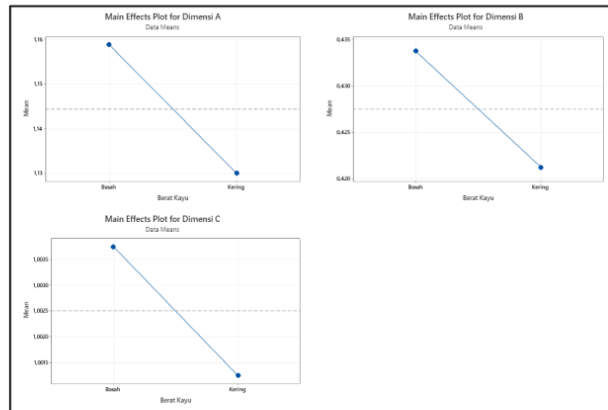
Gambar 20. Main Effect Plot Faktor Jenis Kayu (Densitas)

20

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa terdapat pengaruh faktor jenis kayu (densitas) terhadap rata-rata ketelitian ukuran pola canting batik cap. Faktor jenis kayu (densitas), yakni kayu mahoni memiliki pengaruh terhadap rata-rata ketelitian ukuran pola canting batik cap dari seluruh dimensi A, B, dan C. Dalam artian lain, faktor jenis kayu (densitas), yakni kayu mahoni memiliki pengaruh terhadap kualitas canting batik cap.

2. Main Effect Plot Faktor Berat Kayu

Di bawah ini merupakan *main effect plot* dari faktor berat kayu terhadap rata-rata ketelitian ukuran pola canting batik cap.

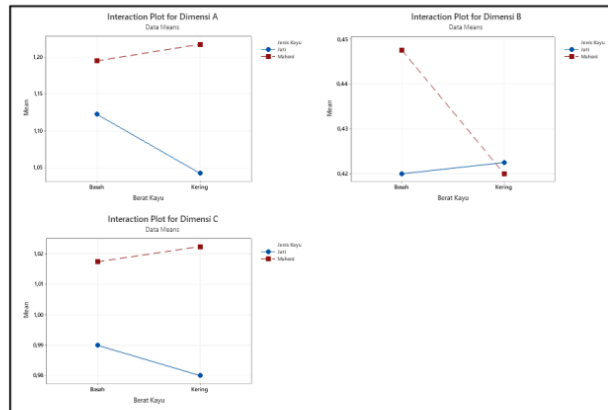


Gambar 21. Main Effects Plot Faktor Berat Kayu

Gambar 21 menunjukkan bahwa terdapat pengaruh antara berat kayu basah terhadap rata-rata ketelitian ukuran pola canting batik cap. Berat kayu basah mempengaruhi rata-rata ketelitian ukuran pola pada dimensi A, B, dan C. Dalam artian lain, berat kayu basah memiliki pengaruh terhadap kualitas canting batik cap.

e. *Interaction Plot*

Berikut ini merupakan *interaction plot* yang digunakan untuk melihat pengaruh interaksi dari faktor jenis kayu (densitas) dan berat kayu terhadap rata-rata ketelitian ukuran pola canting batik cap.



Gambar 22. Interaction Plot Faktor Jenis Kayu (Densitas) dan Berat Kayu

20

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa terdapat interaksi antara faktor jenis kayu (densitas) dengan berat kayu terhadap rata-rata ketelitian ukuran pola dari parameter B karena adanya garis-garis silang-menyilang. Selain itu, dapat diketahui bahwa garis-garis tidak berpotongan (pararel) antara faktor jenis kayu (densitas) terhadap rata-rata ketelitian ukuran pola dari parameter A dan C. Hal tersebut dapat diartikan bahwa tidak ada interaksi antara faktor jenis kayu (densitas) dengan berat kayu.

57

f. Penentuan Hipotesis Awal (H_0) dan Hipotesis Alternatif (H_1)

Hipotesis awal (H_0) adalah pernyataan yang diuji secara statistik berupa pertanyaan tidak adanya hubungan atau tidak adanya pengaruh. Sebaliknya, hipotesis alternatif (H_1) adalah pernyataan adanya hubungan atau adanya pengaruh. Berikut ini merupakan hipotesis yang digunakan dalam perancangan eksperimen ini.

1. Faktor Utama (*Main Effects*)

a. Faktor Jenis Kayu (Densitas)

H_0 : Tidak ada pengaruh signifikan antara jenis kayu (mahoni dan jati) terhadap kualitas canting batik cap

H1 : Ada pengaruh signifikan antara jenis kayu (mahoni dan jati) terhadap kualitas canting batik cap

b. Faktor Berat Kayu

H0 : Tidak ada pengaruh signifikan antara berat kayu (basah dan kering) terhadap kualitas canting batik cap

H1 : Ada pengaruh signifikan antara berat kayu (basah dan kering) terhadap kualitas canting batik cap

2. Interaksi Antar Faktor

H0 : Tidak ada pengaruh signifikan antara jenis kayu dan berat kayu terhadap kualitas canting batik cap.

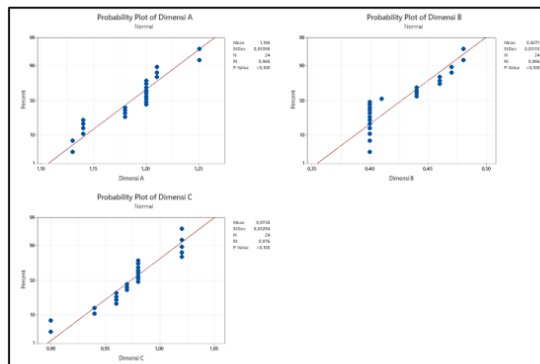
H1 : Ada pengaruh signifikan antara jenis kayu dan berat kayu terhadap kualitas canting batik cap

g. Uji Asumsi ANOVA

Sebelum melakukan analisis variansi (ANOVA), terdapat prasyarat yang harus dipenuhi agar hasil analisis menjadi *valid* dan dapat diandalkan. Di bawah ini merupakan asumsi-asumsi penting dalam ANOVA :

1. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui apakah data berdistribusi normal atau tidak. Berikut ini merupakan hasil uji normalitas pada penelitian ini.



Gambar 23. Uji Normalitas

Berdasarkan gambar di atas diketahui bahwa data mendekati garis normal atau data menyebar di sekitar garis diagonal dan mengikuti arah garis diagonal tersebut. Hal tersebut dapat diartikan bahwa data berdistribusi secara normal. Di mana, diperoleh nilai p -value berturut-turut untuk nilai parameter A, B, dan C dari hasil ketelitian ukuran pola canting batik cap adalah sebesar $> 0,1$ sehingga $p\text{-value} > 0,05$, maka dapat dikatakan bahwa data berdistribusi secara normal.

2. Uji Homogenitas

Uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui apakah varians distribusi data antar kelompok itu sama atau tidak. Uji homogenitas pada penelitian ini menggunakan *Levene Test*. Jika, nilai p -value *Levene Test* kurang dari 0,05, maka data dapat dikatakan tidak homogen. Namun, apabila nilai p -value *Levene Test* lebih besar dari 0,05, maka data dapat dikatakan homogen. Berikut ini merupakan hasil uji homogenitas pada penelitian ini.

Tests		
Method	Test Statistic	P-Value
Multiple comparisons	—	0,004
Levene	1,90	0,161

Gambar 24. Uji Homogenitas

Berdasarkan gambar di atas, diperoleh bahwa nilai p -value *Levene Test* sebesar 0,161. Dapat disimpulkan bahwa nilai p -value *Levene Test* $> 0,05$. Oleh karena itu, data dapat dikatakan homogen atau data antar kelompok memiliki varians yang sama.

h. Analisis Variansi dan Penarikan Kesimpulan

Setelah prasyarat uji ANOVA terpenuhi, maka selanjutnya dilakukan perhitungan ANOVA 2 arah dengan menggunakan *software* Minitab. Di bawah ini merupakan hasil pengujian ANOVA 2 arah pada penelitian ini.

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Jenis Kayu	1	0,007004	0,007004	7,91	0,011
Berat Kayu	1	0,000037	0,000037	0,04	0,839
Jenis Kayu*Berat Kayu	1	0,000204	0,000204	0,23	0,636
Error	20	0,017717	0,000886		
Total	23	0,024963			

Gambar 25. Hasil Uji ANOVA

Berdasarkan gambar di atas, diketahui bahwa hasil uji ANOVA dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara faktor jenis kayu (densitas), berat kayu, serta pengaruh interaksi jenis kayu dan berat kayu terhadap kualitas canting batik cap. Nilai p -value pada faktor jenis kayu (densitas) adalah sebesar 0,011 atau dalam kata lain p -value $< 0,05$ sehingga dapat diartikan jenis kayu (densitas) memiliki pengaruh terhadap kualitas canting batik cap (H_0 ditolak). Namun, nilai p -value pada faktor berat kayu adalah sebesar 0,839 sehingga p -value $> 0,05$ yang artinya faktor berat kayu tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas canting batik cap (H_0 diterima). Hal yang sama ditunjukkan pada hasil p -value terhadap interaksi antara faktor jenis kayu (densitas) dan berat kayu terhadap kualitas canting batik cap, yakni sebesar 0,636 atau dalam kata lain nilai p -value $> 0,05$ sehingga dapat diartikan bahwa interaksi antara faktor jenis kayu (densitas) dan berat kayu tidak memiliki pengaruh terhadap kualitas canting batik cap. Berikut ini merupakan tabel hasil penarikan kesimpulan dari hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 12. Rekapitulasi Penarikan Kesimpulan Faktor

Source	Kesimpulan
Jenis Kayu (Densitas) (ai)	Berpengaruh terhadap kualitas canting batik cap
Berat Kayu (bj)	Tidak berpengaruh terhadap kualitas canting batik cap
Jenis Kayu (Densitas) (ai) x Berat Kayu (bj)	Tidak berpengaruh terhadap kualitas canting batik cap

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Perencanaan Proses

Untuk menghasilkan produk cangting batik cap berbahan dasar kayu yang berkualitas dan memenuhi kebutuhan konsumen, penulis melakukan pembuatan perencanaan proses produksi. Pada penelitian ini, perencanaan proses pembuatan cangting batik cap berbahan dasar kayu mengacu pada *Operation Process Chart* (OPC). Peta Proses Operasi adalah suatu peta yang menggambarkan langkah-langkah operasi dan pemeriksaan yang dialami bahan-bahan dalam urut-urutannya sejak awal sampai menjadi produk jadi utuh maupun sebagai bagian setengah jadi. Peta ini juga memuat informasi-informasi yang diperlukan untuk menganalisis waktu kerja, material, tempat, alat, mesin yang digunakan (Permana *et al.*, 2022).

Operation Process Chart (OPC) pada pembuatan cangting batik cap berbahan dasar kayu memiliki lima proses dan satu penyimpanan. Rincian proses-proses di samping diantaranya adalah menghaluskan kayu balok berukuran 100 x 90 x 2 cm, melakukan pengaturan jalur pemotongan motif batik melalui *software* UcanCAM, melakukan *set up* mesin CNC Router, melakukan proses pemotongan, menghaluskan hasil cangting batik cap, kemudian dilakukan penyimpanan. Pada proses penghalusan bahan baku dan cangting batik cap yang telah dihasilkan dilakukan menggunakan kertas amplas halus. Proses produksi cangting batik cap kayu pada penelitian ini membutuhkan waktu 1 jam 8 menit 30 detik. Total waktu di samping meliputi proses penghalusan bahan baku selama 2 menit, pengaturan jalur pemotongan motif batik selama 5 menit, *set up* mesin CNC Router selama 3 menit, proses pemotongan selama 55 menit 30 detik, dan penghalusan hasil cangting batik cap selama 3 menit. Hal ini selaras dengan penelitian (Nugraha & Hariri, 2020) bahwa dalam pembuatan mesin *thermoforming* mengacu pada *Operation Process Chart* (OPC) yang sudah terlampir pada lampiran. Diperoleh estimasi waktu pembuatan total mesin *thermoforming* dari OPC yang telah dibuat adalah

2655 menit. Estimasi waktu pembuatan tersebut termasuk dalam proses pembuatan yang dibagi menjadi lima bagian.

5.2 Analisis Hasil Pengukuran Canting Batik Cap dengan Parameter Ketelitian Ukuran Pola

Kecepatan produksi dan presisi canting batik berbahan kayu merupakan faktor kritis dalam penciptaan motif batik cap. Aspek ini penting mengingat pembuatan canting kayu merupakan tahap awal proses produksi, dimana akurasi dimensi dan kualitas permukaan yang tinggi akan mengurangi potensi cacat pada motif akhir. Penelitian ini melakukan evaluasi presisi geometris pada canting batik yang diproduksi menggunakan mesin CNC *Router* melalui analisis komparatif. Metode analisis dilakukan dengan membandingkan nilai rata-rata dimensi geometris antara canting berbahan kayu mahoni dan jati. Perbandingan nilai mean ini bertujuan untuk mengevaluasi tingkat akurasi masing-masing material. Selanjutnya, hasil perhitungan statistik tersebut dikonfrontasikan dengan standar toleransi ISO 2768-1:1989 untuk menentukan status kesesuaian (GO/NO GO) berdasarkan rentang toleransi yang berlaku (Abdillah *et al.*, 2020). Standar toleransi yang diterapkan dalam studi ini menggunakan kelas ketelitian *fine* (presisi tinggi).

Penentuan ketelitian ukuran pola pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung terhadap hasil canting batik cap kayu dengan menggunakan jangka sorong ketelitian 0,01. Bagian-bagian yang diukur disajikan dalam Gambar 12, yakni diantaranya adalah kedalaman motif kelopak bunga (Dimensi A), lebar luar motif kelopak bunga (Dimensi B), dan panjang motif ellips (Dimensi C) dengan *guide* ukuran berturut-turut sebesar 1,2 cm, 0,4 cm, dan 1,2 cm. Pada penelitian ini, dilakukan pengukuran ketelitian ukuran pola pada masing-masing delapan sampel (S) hasil canting batik cap yang terbuat dari kayu mahoni dan jati. Kemudian, toleransi yang ISO yang digunakan diantaranya adalah untuk dimensi A dan C sebesar $\pm 0,01$ cm (dimensi berada di dalam rentang ukuran 0,6 – 3 cm) dan dimensi B sebesar $\pm 0,005$ (dimensi berada di dalam rentang ukuran 0,3 – 0,6 cm). Pada sampel canting batik cap berbahan dasar kayu mahoni, khususnya pada dimensi A diperoleh *gap* antara rata-rata (*mean*) dan *guide* pada pengukuran ketelitian ukuran pola sebesar 0,01 cm. Hasil di samping apabila dibandingkan

dengan toleransi ISO sebesar $\pm 0,01$ maka dapat disimpulkan bahwa dimensi A berada dalam penyimpangan atas sebesar $+0,01$ dan penyimpangan bawah sebesar $-0,01$. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa canting batik berbahan kayu mahoni memenuhi kriteria GO karena seluruh dimensinya sesuai dengan persyaratan standar ISO. Sebaliknya, analisis terhadap canting berbahan kayu jati mengungkapkan bahwa tidak ada satupun hasil pengukuran yang memenuhi batas toleransi ISO, sehingga dikategorikan sebagai NO GO. Temuan ini membuktikan bahwa penggunaan kayu mahoni secara signifikan meningkatkan kualitas produk canting batik. Kesimpulan ini sejalan dengan temuan Abdillah *et al.* (2020) yang mengamati deviasi pada pola cetak. Pada produksi menggunakan 3D Printer, tercatat deviasi atas $+0,01$ mm dan deviasi bawah $-0,07$ mm, menghasilkan rentang toleransi total 0.08 mm. Sementara itu, metode konvensional menunjukkan deviasi lebih besar yaitu $+0,20$ mm (atas) dan $-0,33$ mm (bawah), dengan toleransi mencapai 0,53 mm. Berdasarkan perbandingan ini, produk 3D *Printer* memenuhi kualifikasi GO menurut standar ISO, sedangkan produk konvensional tidak memenuhi standar.

5.3 Analisis Hasil Eksperimen

Pada penelitian ini, digunakan desain eksperimen (*Design of Experiment*), yaitu *Two-Factor Factorial Design*. *Design of Experiment* atau perancangan eksperimen adalah suatu rancangan percobaan (dengan tiap langkah tindakan yang betul-betul terdefinisikan) sedemikian rupa sehingga informasi yang berhubungan dan diperlukan untuk persoalan yang sedang diteliti dapat dikumpulkan (Sudjana, 1995). Perancangan eksperimen dilakukan untuk mengetahui pengaruh faktor jenis kayu (densitas) dan berat kayu terhadap kualitas canting batik cap berbahan dasar kayu. Selain itu, pada perancangan eksperimen ini dilakukan untuk mengetahui ada atau tidak adanya pengaruh interaksi antar jenis kayu (densitas) dengan berat kayu terhadap kualitas canting batik cap berbahan dasar kayu.

Pada penelitian ini, digunakan 2 faktor dengan 2 *level* pada masing-masing faktor. Penentuan faktor diperoleh dari penelitian (Novyanto & Nurraharjo, 2022) mengenai penentuan jenis kayu untuk bahan meubel dengan metode *Simple Additive Weighting* dengan karakteristik terbaik berdasarkan sifat fisiknya di mana

kayu jati menempati peringkat pertama dan kayu mahoni menempati peringkat kedua. Faktor yang digunakan adalah jenis kayu dengan *level* berupa kayu mahoni (densitas tinggi) dan kayu jati (densitas sedang) serta berat kayu dengan *level* berupa berat basah dan kering. Kemudian, variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kayu (densitas) dan berat kayu. Selain itu, variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas canting batik cap. Berdasarkan perhitungan diperoleh, jumlah replikasi dan jumlah eksperimen yang harus dilakukan pada penelitian ini keduanya adalah sebanyak 4 desain perancangan eksperimen dengan desain eksperimen yang digunakan adalah eksperimen faktor 2^2 .

Pada hasil eksperimen dilakukan pengolahan data secara statistik melalui diagram *main effect plot* dan *interaction plot*. *Main effect plot* pada faktor jenis kayu (densitas) terhadap dimensi A, B, dan C memiliki pengaruh yang sama, yakni penggunaan kayu mahoni dalam pembuatan canting batik cap mempengaruhi rata-rata ketelitian ukuran pola sebagai parameter kualitas dari canting batik cap. Selain itu, *main effect plot* pada faktor berat kayu terhadap dimensi A, B, dan C memiliki pengaruh yang sama, yakni kayu dalam keadaan basah mempengaruhi rata-rata ketelitian ukuran pola sebagai parameter kualitas canting batik cap. Kemudian, pada *interaction plot* menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara jenis kayu (densitas) dengan berat kayu terhadap dimensi B sebagai parameter kualitas canting batik cap. Kemudian, pada penelitian ini dilakukan uji ANOVA 2 arah dan penarikan kesimpulan yang dilihat dari nilai *p-value*. Jika nilai *p-value* $< 0,05$ maka H_0 ditolak dan dapat disimpulkan terdapat pengaruh perlakuan terhadap kualitas canting batik cap dan sebaliknya jika nilai *p-value* $> 0,05$ maka H_0 diterima dan dapat disimpulkan tidak terdapat pengaruh perlakuan terhadap kualitas canting batik cap. Berdasarkan hasil uji ANOVA pada penelitian ini diketahui bahwa jenis kayu (densitas) berpengaruh terhadap kualitas canting batik cap. Hal tersebut diperoleh berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh sebesar 0,011 atau *p-value* $< 0,05$. Hal yang tidak serupa terjadi pada nilai signifikansi faktor berat kayu, yakni sebesar 0,839 atau *p-value* $> 0,05$. Dalam artian lain, berat kayu tidak berpengaruh terhadap kualitas canting batik cap. Hal yang serupa juga terdapat pada nilai

signifikansi yang diperoleh dari faktor interaksi antara jenis kayu (densitas) dengan berat kayu terhadap kualitas canting batik cap, yakni sebesar 0,636 atau $p\text{-value} > 0,05$. Dalam artian lain, dapat diketahui bahwa tidak adanya pengaruh interaksi faktor tersebut terhadap kualitas canting batik cap berbahan dasar kayu.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan, yaitu sebagai berikut.

1. Hasil pengukuran ketelitian ukuran pola menunjukan bahwa penggunaan kayu mahoni mampu meningkatkan kualitas canting batik cap. Data pengukuran menunjukkan deviasi dimensi sebesar $+0,01$ (maksimum) dan $-0,01$ (minimum), yang mengindikasikan canting batik berbahan kayu mahoni memenuhi kriteria GO berdasarkan standar toleransi ISO 2768-1:1989. Sebaliknya, analisis pada canting berbahan kayu jati tidak menemukan satupun dimensi yang memenuhi batas toleransi standar tersebut, sehingga seluruh pengukurannya tergolong NO GO.
2. Hasil eksperimen menunjukan bahwa jenis kayu (densitas) dapat mempengaruhi kualitas canting batik cap. Hal ini diperoleh berdasarkan nilai signifikansi yang diperoleh pada ANOVA 2 arah sebesar $0,011$ atau $p\text{-value} < 0,05$ pada faktor jenis kayu (densitas) terhadap respon kualitas canting batik cap. Pada nilai $p\text{-value}$ faktor berat kayu adalah sebesar $0,839$ sehingga $p\text{-value} > 0,05$ yang artinya faktor berat kayu tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas canting batik cap (H_0 diterima).

6.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut ini merupakan saran untuk penelitian selanjutnya.

- a. Bagi Penelitian Selanjutnya

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan faktor dan *level* terkait karakteristik fisik kayu lainnya yang dapat digunakan pada desain eksperimen faktorial.
 2. Untuk penelitian selanjutnya dapat menambahkan faktor dan *level* terkait proses pemesinan CNC *Router* yang dapat digunakan pada desain eksperimen faktorial.
- b. Bagi PT Batik Banten Mukarnas
1. PT Batik Banten Mukarnas diharapkan dapat mempertimbangkan penggunaan kayu mahoni dalam pembuatan canting batik cap berbahan dasar kayu.
 2. PT Batik Banten Mukarnas diharapkan dapat mengembangkan desain canting batik cap yang lebih variatif sesuai dengan permintaan pasar untuk meningkatkan daya saing produk.

ORIGINALITY REPORT

17%

SIMILARITY INDEX

17%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

6%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	mdmetric.com Internet Source	1%
2	dspace.uii.ac.id Internet Source	1%
3	Submitted to Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Student Paper	1%
4	repository.its.ac.id Internet Source	1%
5	www.coursehero.com Internet Source	1%
6	core.ac.uk Internet Source	1%
7	repository.president.ac.id Internet Source	1%
8	www.scribd.com Internet Source	1%
9	eprints.untirta.ac.id Internet Source	<1%

10	text-id.123dok.com Internet Source	<1 %
11	repository.ub.ac.id Internet Source	<1 %
12	docplayer.info Internet Source	<1 %
13	jurnal.untirta.ac.id Internet Source	<1 %
14	e-jurnal.pnl.ac.id Internet Source	<1 %
15	www.indonetwork.co.id Internet Source	<1 %
16	journal.uinsgd.ac.id Internet Source	<1 %
17	semnastera.polteksmi.ac.id Internet Source	<1 %
18	eprints2.undip.ac.id Internet Source	<1 %
19	pt.scribd.com Internet Source	<1 %
20	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
21	repository.atmaluhur.ac.id Internet Source	<1 %

22	publikasi.mercubuana.ac.id Internet Source	<1 %
23	eprints.uny.ac.id Internet Source	<1 %
24	Submitted to Institut Agama Islam Al-Zaytun Indonesia Student Paper	<1 %
25	es.scribd.com Internet Source	<1 %
26	repository.uin-suska.ac.id Internet Source	<1 %
27	repositori.usu.ac.id Internet Source	<1 %
28	www.ranjangminimalis.com Internet Source	<1 %
29	proceeding.sentrinov.org Internet Source	<1 %
30	123dok.com Internet Source	<1 %
31	Submitted to Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya Student Paper	<1 %
32	dinastirev.org Internet Source	<1 %

33	journal.untar.ac.id Internet Source	<1 %
34	id.123dok.com Internet Source	<1 %
35	Luthfi Chandra Amarullah, Sulfah Anjarwati, M. Agus Salim Al Fathoni. "ANALISIS PENGARUH LIMBAH GRC (GLASSFIBRE REINFORCED CEMENT) DAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN MATERIAL BETON TERHADAP KUAT TEKAN BETON", CIVeng: Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, 2021 Publication	<1 %
36	ejournal.itn.ac.id Internet Source	<1 %
37	www.perumperindo.co.id Internet Source	<1 %
38	docobook.com Internet Source	<1 %
39	repository.uinsu.ac.id Internet Source	<1 %
40	blog.mariberkarya.com Internet Source	<1 %
41	j-innovative.org Internet Source	<1 %

42	Achmad Farikhin Ramadhani, Benazir Imam Arif, Huki Chandra. "Optimasi Setting Mesin Cutting roll Menggunakan Design off Experiment (Studi Kasus: CV. Surya Gemilang)", Jurnal Teknik Industri Terintegrasi, 2024 Publication	<1 %
43	comserva.publikasiindonesia.id Internet Source	<1 %
44	doku.pub Internet Source	<1 %
45	ejournal.mandalanursa.org Internet Source	<1 %
46	ejurnal.mipa.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
47	repositori.unsil.ac.id Internet Source	<1 %
48	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1 %
49	jasabengkelbubutdibandung.blogspot.com Internet Source	<1 %
50	swarajabbarnews.com Internet Source	<1 %
51	www.jrpma.sps-perbanas.ac.id Internet Source	<1 %

52	huseinhz.wordpress.com Internet Source	<1 %
53	repo.bunghatta.ac.id Internet Source	<1 %
54	repo.itera.ac.id Internet Source	<1 %
55	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1 %
56	Submitted to Ciputra University Student Paper	<1 %
57	perpustakaan.stan.ac.id Internet Source	<1 %
58	repository.usd.ac.id Internet Source	<1 %
59	www.forda-mof.org Internet Source	<1 %
60	Submitted to West Career and Technical Academy Student Paper	<1 %
61	ejournalmapeki.org Internet Source	<1 %
62	newcomerscuerna.org Internet Source	<1 %
	repository.unugha.ac.id	

63

Internet Source

<1 %

64

www.dictio.id

Internet Source

<1 %

65

www.ikea.co.id

Internet Source

<1 %

66

Efik Yusdiansyah, Jijen Hendar.
"Implementasi Batik Mark Dalam Upaya Daya
Saing Produk Batik Indonesia", Anterior
Jurnal, 2022

Publication

<1 %

67

documents.mx

Internet Source

<1 %

68

dspace.hangtuah.ac.id

Internet Source

<1 %

69

eprints.umm.ac.id

Internet Source

<1 %

70

katalog.ukdw.ac.id

Internet Source

<1 %

71

repositori.uma.ac.id

Internet Source

<1 %

72

snti.trisakti.ac.id

Internet Source

<1 %

73

Gusri Akhyar Ibrahim, Joni Iskandar, Arinal
Hamni, Sri Maria Puji Lestari. "Analisa

<1 %

Keausan Pahat pada Pemmesinan Bor Magnesium AZ31", MECHANICAL, 2018

Publication

74

Rachmawati Apriani, Putra Novianto.
"Pengaruh pencampuran bahan baku acacia
crassicarpa, acacia mangium dan eucalyptus
terhadap kualitas pulp", JURNAL VOKASI
TEKNOLOGI INDUSTRI (JVTI), 2020

Publication

<1 %

75

Submitted to Universitas Brawijaya

Student Paper

<1 %

76

id.scribd.com

Internet Source

<1 %

77

id.wikipedia.org

Internet Source

<1 %

78

jurnal.uisu.ac.id

Internet Source

<1 %

79

lib.unnes.ac.id

Internet Source

<1 %

80

repo.polkesraya.ac.id

Internet Source

<1 %

81

shdigital.co

Internet Source

<1 %

82

wiwitwidiastuti01.blogspot.com

Internet Source

<1 %

83

www.researchgate.net

Internet Source

<1 %

84

Dinda Ramadhani Putri, Azolla Degita Azis, Muhammad Nur Rizqi. "ANALISIS RASIO KEUANGAN DAN FINANCIAL DISTRESS SEBELUM DAN SESUDAH COVID-19 SUBSECTOR FOOD AND BEVERAGE", Jurnal Maneksi, 2023

Publication

<1 %

85

academicjournal.yarsi.ac.id

Internet Source

<1 %

86

demokratis.co.id

Internet Source

<1 %

87

digilib.uin-suka.ac.id

Internet Source

<1 %

88

fr.scribd.com

Internet Source

<1 %

89

issuu.com

Internet Source

<1 %

90

journal.uinjkt.ac.id

Internet Source

<1 %

91

journal.wima.ac.id

Internet Source

<1 %

92

jurnal.dharmawangsa.ac.id

Internet Source

<1 %

93	nanopdf.com Internet Source	<1 %
94	repositories.buddhidharma.ac.id Internet Source	<1 %
95	repositories.stiamak.ac.id Internet Source	<1 %
96	research.rug.nl Internet Source	<1 %
97	wisatajateng.com Internet Source	<1 %
98	www.forestry.gov.my Internet Source	<1 %
99	www.neliti.com Internet Source	<1 %
100	www.youngontop.com Internet Source	<1 %
101	journal.ipm2kpe.or.id Internet Source	<1 %

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography Off