

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Kajian Teori**

##### **2.1.1. Mesin CNC Router**

Globalisasi telah mengubah lanskap industri furniture kayu secara signifikan dengan meningkatkan intensitas persaingan dan memperketat standar kualitas internasional. Mesin CNC router hadir sebagai solusi utama untuk memenuhi tuntutan tersebut karena mampu menghasilkan produksi berpresisi tinggi, efisiensi material, dan desain inovatif. Dengan kemampuan memproduksi komponen yang memiliki toleransi ketat, teknologi ini mendukung produsen untuk memenuhi standar pasar ekspor yang menuntut konsistensi serta kecepatan pengiriman, menjadikannya alat vital untuk mempertahankan posisi kompetitif di pasar global (Sudarno, Martono, & Mauladin, 2016)

Efisiensi produksi menjadi faktor penting dalam menghadapi tekanan biaya akibat globalisasi. Mesin CNC router mampu meminimalkan pemborosan bahan hingga 30% dengan memanfaatkan material secara optimal, mempercepat siklus produksi, dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja ahli. Peningkatan produktivitas yang dihasilkan memberikan dampak kumulatif berupa pengurangan biaya operasional sekaligus peningkatan margin keuntungan, yang menjadi fondasi utama daya saing industri furniture kayu (Nugroho & Sujadi, 2019)

Regulasi internasional yang semakin ketat terkait keberlanjutan dan keselamatan produk mendorong produsen furniture kayu untuk beradaptasi dengan cepat. CNC router membantu memastikan kepatuhan terhadap standar seperti FSC (Forest Stewardship Council) dan EN71 untuk mainan anak dengan memaksimalkan penggunaan bahan baku bersertifikat dan meningkatkan konsistensi kualitas hasil produksi. Hal ini memudahkan produsen untuk memenuhi persyaratan pasar ekspor yang memiliki perhatian besar terhadap isu keberlanjutan (Andre Budhi Hendrawan, 2020)

Meskipun investasi awal teknologi CNC cukup tinggi, analisis biaya menunjukkan bahwa pengembalian modal dapat tercapai dalam kurun waktu 2–3 tahun berkat peningkatan produktivitas dan pengurangan scrap material. Selain itu, strategi pembiayaan berbasis leasing dan dukungan subsidi pemerintah turut mempercepat adopsi teknologi ini, khususnya pada sektor usaha kecil dan menengah (UKM), yang menjadi tulang punggung industri furniture kayu di banyak negara berkembang (Dani Irawan, 2023)

Inovasi teknologi CNC router terus berkembang seiring dengan kemajuan era Industri 4.0, termasuk integrasi Internet of Things (IoT) untuk pemantauan kinerja mesin secara real-time dan penerapan pemeliharaan prediktif. Fitur-fitur ini mampu mengurangi downtime hingga 25% serta meningkatkan keandalan sistem, yang menjadi aspek krusial dalam menjaga keberlangsungan rantai pasok yang ketat di pasar global. Modernisasi ini memberikan peluang bagi

produsen untuk meningkatkan efisiensi operasional secara berkelanjutan (Alexander Rio Pulasthama, 2019)

### 2.1.2. Efisiensi Produksi

Efisiensi produksi adalah kemampuan suatu proses produksi untuk menghasilkan output maksimal dengan penggunaan input minimal, tanpa mengorbankan kualitas produk. Dalam konteks industri furniture, efisiensi berarti memanfaatkan sumber daya seperti bahan baku kayu, tenaga kerja, mesin, dan waktu secara optimal untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi dengan biaya serendah mungkin. Efisiensi produksi yang baik memungkinkan perusahaan mempertahankan daya saing, terutama di pasar global yang menuntut kecepatan, presisi, dan konsistensi.

Faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi produksi mencakup waktu, biaya, tenaga kerja, dan material. Waktu berhubungan dengan kecepatan proses produksi dan kemampuan meminimalkan waktu henti (*downtime*). Biaya mencakup pengendalian pengeluaran operasional agar tidak terjadi pemborosan. Tenaga kerja berperan penting dalam produktivitas; keterampilan dan pelatihan karyawan menentukan hasil kerja. Material yang digunakan harus berkualitas baik dan sesuai spesifikasi agar tidak terjadi cacat produksi, karena pemborosan bahan akan langsung menurunkan efisiensi.

Untuk mengukur efisiensi produksi, industri furniture menggunakan beberapa indikator utama, seperti rasio output terhadap input (*productivity ratio*), tingkat pemakaian bahan baku (*material utilization rate*), waktu siklus produksi (*cycle time*), dan tingkat cacat produk (*defect rate*). Semakin tinggi output yang dihasilkan dengan input yang sama, semakin efisien suatu proses produksi. Selain itu, indikator biaya per unit produk dan tingkat pemanfaatan kapasitas mesin juga menjadi ukuran penting dalam menilai sejauh mana perusahaan mengoptimalkan sumber dayanya.

Dalam industri furniture kayu, penerapan teknologi modern seperti mesin CNC *router* membantu meningkatkan efisiensi dengan meminimalkan limbah bahan, mempercepat produksi, dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual. Efisiensi produksi yang tinggi tidak hanya berdampak pada pengurangan biaya dan peningkatan laba, tetapi juga membantu perusahaan memenuhi standar keberlanjutan, menjaga konsistensi kualitas, dan mempercepat pengiriman ke pasar yang semakin kompetitif.

Penerapan teknologi CNC tidak hanya mempercepat proses produksi tetapi juga meningkatkan konsistensi kualitas produk. (Dani Irwan, 2024) mencatat bahwa adopsi CNC di UD Barokah Mebel Mojokerto meningkatkan efisiensi waktu produksi hingga 40% dan mengurangi variabilitas kualitas produk (Jurnal Abdimas Indonesia). Pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) menunjukkan bahwa pemanfaatan CNC dapat mengurangi *downtime* mesin dan kerugian produksi hingga 15%

### **2.1.3. Kualitas Produksi**

Kualitas produksi dalam desain produk adalah sejauh mana sebuah produk memenuhi standar yang ditetapkan, baik dari segi fungsi, estetika, maupun kepuasan pengguna. Dalam industri furniture kayu, kualitas tidak hanya diukur dari penampilan visual tetapi juga ketepatan desain, kenyamanan penggunaan, dan kesesuaian dengan kebutuhan pasar. Produk yang berkualitas mencerminkan konsistensi proses produksi dan kepatuhan pada spesifikasi teknis yang direncanakan sejak tahap desain.

Parameter utama yang menentukan kualitas produksi meliputi akurasi dimensi, kualitas finishing, dan daya tahan produk. Akurasi dimensi memastikan setiap komponen sesuai dengan rancangan sehingga mudah dirakit dan aman digunakan. Finishing yang baik, seperti pengamplasan halus dan pelapisan cat atau pernis, meningkatkan estetika sekaligus melindungi material dari kerusakan. Daya tahan menunjukkan kemampuan produk bertahan dari pemakaian sehari-hari dan faktor lingkungan, yang menjadi indikator penting bagi konsumen dalam menilai kualitas.

Perkembangan teknologi, seperti penerapan mesin CNC *router* dan perangkat lunak *CAD/CAM*, berperan besar dalam meningkatkan kualitas produk. Teknologi memungkinkan pembuatan komponen dengan presisi tinggi, konsistensi produksi yang stabil, dan penyelesaian finishing yang lebih halus. Selain itu, otomatisasi membantu mengurangi kesalahan manusia, mempercepat proses produksi, dan memungkinkan inovasi desain yang lebih kompleks, yang pada akhirnya meningkatkan nilai tambah dan daya saing produk di pasar global.

### **2.1.4. Industri Desain Produk**

Industri desain produk, khususnya pada sektor furnitur kayu, memiliki karakteristik yang menggabungkan estetika, fungsi, dan efisiensi produksi. Industri ini menuntut pemahaman mendalam tentang material kayu, teknik konstruksi, ergonomi, dan tren pasar untuk menciptakan produk yang memenuhi kebutuhan pengguna sekaligus menarik secara visual. Proses desain melibatkan riset pasar, pengembangan konsep, prototyping, hingga produksi massal dengan mempertimbangkan keberlanjutan bahan dan nilai tambah produk agar dapat bersaing di pasar yang kompetitif.

Dalam era globalisasi, industri desain produk menghadapi persaingan yang semakin ketat dan tuntutan inovasi berkelanjutan. Perkembangan teknologi seperti perangkat lunak *CAD/CAM*, mesin CNC *router*, dan integrasi Industri memungkinkan desain yang lebih presisi, personalisasi produk, dan produksi yang efisien. Tren ini mendorong produsen furniture kayu untuk cepat beradaptasi dengan selera pasar global, mengoptimalkan rantai pasok, dan menciptakan inovasi yang mampu memberikan keunggulan kompetitif di tengah dinamika pasar internasional.

## 2.2. Penelitian Terdahulu

### 2.2.1. Penggunaan CNC Dalam Industri Furniture

CNC telah menjadi teknologi inti dalam transformasi industri furniture, memungkinkan produksi dengan presisi tinggi, waktu pengerjaan lebih singkat, dan fleksibilitas desain. Studi terkini oleh (Nasyiin Faqih, 2024) menunjukkan optimalisasi penggunaan mesin CNC pada UMKM mebel di Jawa Tengah berhasil meningkatkan kapasitas produksi hingga 35% dan mengurangi cacat produk sebesar 20% (Jurnal Diseminasi). Implementasi CNC juga mendukung adopsi *mass customization*, di mana produsen dapat membuat desain unik dengan biaya yang tetap efisien.

Untuk membahas tinjauan penelitian yang relevan terkait penerapan CNC di industri furniture, terdapat beberapa studi yang signifikan. Pertama, penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mesin CNC dalam pembuatan furniture telah menghasilkan peningkatan signifikan dalam efisiensi produksi. CNC memungkinkan produksi yang lebih cepat dan konsisten, mengurangi waktu pemrosesan yang diperlukan untuk setiap bagian furniture, serta meminimalkan kesalahan manusia dalam proses produksi.

Selain itu, penelitian juga menyoroti dampak teknologi CNC terhadap kualitas produk. Dengan presisi tinggi yang dimungkinkan oleh mesin ini, detail-detail halus dalam desain dapat direproduksi secara konsisten, meningkatkan akurasi dan keunggulan estetika produk furniture. Ini secara langsung mengarah pada peningkatan persepsi nilai dan kepuasan pelanggan terhadap produk akhir.

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa integrasi teknologi CNC dalam industri furniture memberikan manfaat yang jelas dalam hal efisiensi, kualitas, dan daya saing. Mesin CNC tidak hanya mengoptimalkan proses produksi secara keseluruhan, tetapi juga memungkinkan para produsen untuk mengeksplorasi desain-desain yang lebih kompleks dan inovatif, membuka peluang baru untuk pengembangan produk dan pertumbuhan bisnis yang berkelanjutan dalam industri furniture.

### 2.2.2. Dampak CNC pada Efisiensi Dan Kualitas Di Industri Desain

#### Produk

Sebagian besar penelitian terdahulu mengenai penerapan teknologi CNC banyak berfokus pada industri manufaktur skala besar. Penelitian-penelitian tersebut umumnya menyoroti penggunaan mesin CNC dalam lini produksi massal, yang menuntut kecepatan, presisi, dan efisiensi biaya untuk memenuhi permintaan pasar global. Dalam konteks ini, variabel yang sering dikaji meliputi optimasi proses pemotongan, pemrograman mesin yang kompleks, dan integrasi CNC dengan sistem

produksi berbasis otomasi lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan CNC pada industri berskala besar mampu meningkatkan produktivitas secara signifikan dan menurunkan tingkat kesalahan produksi.

Namun, studi mengenai dampak penggunaan CNC dalam industri desain produk skala menengah atau workshop masih relatif terbatas. Industri ini memiliki karakteristik yang berbeda dari manufaktur massal, seperti variasi desain yang tinggi, volume produksi yang lebih kecil, dan tuntutan fleksibilitas yang lebih besar. Oleh karena itu, hasil penelitian pada industri skala besar tidak selalu dapat diterapkan langsung pada skala menengah, karena faktor-faktor seperti keterampilan operator, investasi peralatan, dan adaptasi teknologi menjadi lebih dominan.

Penelitianmu berupaya mengisi celah tersebut dengan menganalisis secara spesifik bagaimana penggunaan teknologi CNC memengaruhi efisiensi dan kualitas produksi di industri desain produk skala menengah. Fokusnya bukan hanya pada peningkatan produktivitas, tetapi juga pada bagaimana CNC membantu workshop mempertahankan kualitas tinggi, mengurangi limbah material, dan mempercepat waktu penyelesaian proyek yang sering kali bersifat custom. Dengan pendekatan ini, penelitianmu memberikan kontribusi baru yang relevan bagi pelaku industri yang belum memiliki kapasitas produksi masif.

Selain itu, penelitian ini menyoroti tantangan nyata yang dihadapi oleh workshop atau industri skala menengah dalam mengadopsi teknologi CNC, seperti biaya investasi awal, kebutuhan pelatihan tenaga kerja, dan penyesuaian alur kerja. Faktor-faktor ini sering kali tidak dibahas secara mendalam dalam penelitian sebelumnya yang berfokus pada manufaktur besar, karena perusahaan besar biasanya memiliki sumber daya yang cukup untuk mengatasi hambatan tersebut. Penelitianmu memberikan perspektif yang lebih realistis tentang implementasi CNC pada bisnis dengan skala yang lebih terbatas.

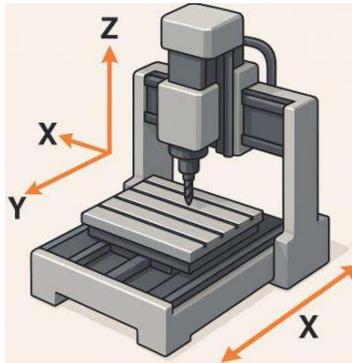
Akhirnya, dengan membandingkan hasil penelitianmu dengan studi sebelumnya, terlihat adanya kebutuhan akan penelitian yang lebih

mendalam tentang dampak CNC dalam meningkatkan daya saing industri desain produk skala menengah. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengusaha workshop dan perancang produk untuk memahami manfaat teknologi CNC secara lebih komprehensif, sekaligus menjadi dasar bagi pengembangan strategi adopsi teknologi yang lebih efektif di sektor ini

### **2.2.3. Kerangka Pemikiran**

Mesin CNC 3-axis adalah jenis mesin CNC yang dapat bergerak pada tiga sumbu utama: X (kiri-kanan), Y (depan-belakang), dan Z (atas-bawah). Dengan tiga sumbu ini, mesin mampu melakukan berbagai proses pemotongan, pengeboran, dan pembentukan material dalam bentuk dua dimensi dan tiga dimensi sederhana. Teknologi ini paling umum digunakan dalam industri furniture, manufaktur logam, dan pembuatan prototipe karena keseimbangan antara biaya, fleksibilitas, dan presisi.

Proses kerja dimulai dari pembuatan desain di software CAD (Computer-Aided Design) yang kemudian diterjemahkan menjadi perintah G-code untuk mesin. CNC 3-axis bekerja otomatis sesuai instruksi, mengurangi ketergantungan pada keterampilan manual operator. Keunggulannya termasuk presisi tinggi, konsistensi hasil, dan kemampuan memproduksi komponen dengan detail yang rumit secara cepat. Selain itu, waktu setup lebih singkat dibandingkan mesin manual, sehingga meningkatkan efisiensi produksi. Meskipun sangat berguna, CNC 3-axis memiliki keterbatasan dalam menangani desain kompleks yang memerlukan pemotongan dari banyak sudut, yang biasanya membutuhkan mesin 4-axis atau 5-axis. Namun, untuk produksi furniture, panel kayu, komponen dekoratif, dan produk dengan relief sederhana, mesin CNC 3-axis sudah sangat memadai. Penggunaan mesin ini dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi pemborosan material, dan memperbaiki kualitas akhir produk, menjadikannya pilihan utama bagi industri skala kecil hingga menengah.



Gambar 1 Ilustrasi Mesin CNC

Sumber : Pribadi

#### 2.2.4. Penggunaan teknologi CNC berpengaruh positif terhadap efisiensi produksi

Hipotesis ini berarti bahwa penerapan mesin CNC dapat meningkatkan efisiensi dalam proses produksi. Efisiensi di sini mencakup pengurangan waktu produksi, penggunaan material yang lebih optimal, pengurangan kesalahan manusia, dan peningkatan produktivitas tenaga kerja. CNC memungkinkan pemotongan dan perakitan yang lebih presisi dan otomatis, sehingga waktu pengerjaan lebih singkat dibandingkan metode manual. Jika hipotesis ini terbukti, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan CNC benar-benar membantu perusahaan mencapai output yang lebih banyak dengan sumber daya yang sama atau lebih sedikit.

Hipotesis ini menyatakan bahwa penggunaan teknologi CNC dapat meningkatkan kualitas hasil akhir produk. Kualitas produksi yang dimaksud meliputi ketepatan dimensi, konsistensi hasil, kualitas finishing, dan daya tahan produk. Dengan kontrol numerik yang presisi, CNC dapat menghasilkan potongan dan desain yang akurat, mengurangi cacat produksi, serta menghasilkan produk dengan standar yang sama di setiap siklus produksi. Jika hipotesis ini terbukti, maka CNC dapat dianggap sebagai solusi untuk memenuhi tuntutan pasar terhadap kualitas yang lebih tinggi.