

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Permasalahan yang terdapat pada sebuah objek penelitian ini yaitu dilandasi dengan masalah penumpukan limbah serbuk kayu, yang disebabkan belum adanya pihak yang menangani terkait dengan sistem pengolahan limbah serbuk kayu. Oleh karena itu dibutuhkan beberapa metode yang tepat yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Penyelesaian masalah, diperlukan referensi, dasar teori, serta penelitian - penelitian terdahulu yang relevan terkait dengan masalah yang dialami pada objek penelitian tersebut.

Kerajinan merupakan salah satu budaya Indonesia dalam kegiatan kreatif serta membutuhkan kemampuan dan keterampilan dalam menciptakan suatu karya dengan aspek fungsional dan estetika. Kerajinan berasal dari kata “rajin” yang artinya orang yang mendalami pada bidang tersebut, sehingga benar-benar harus terampil, sabar, tekun, dan teliti. Menciptakan suatu produk kerajinan dapat dimulai dari berbagai jenis bahan material alam atau material jadi, contohnya seperti tanah liat, kain atau tekstil, plastik, kerang, kertas, rotan, kayu, dan sebagainya.

Kerajinan juga sebagai salah satu kebutuhan pada manusia dalam memanfaatkan sumber daya alam, dan sebagai bentuk untuk mengembangkan usaha dengan memanfaatkan ketersediaan sumber daya alam yang ada. Salah satu contoh kerajinan yang berkembang yaitu kerajinan industri kayu mulai dari pembuatan mebel atau *furniture*, ukiran kayu, daun pintu, rumah joglo / limasan, selain itu juga terdapat berbagai pengolahan kayu dari material mentah seperti kayu gergajian (*sawn timber*), *moulding*, kayu lamina (*laminated wood*), kayu lapis, (*plywood*), papan blok, (*block board*), papan partikel (*partikel board*), papan plastik (*wood plastic composite*), papan semen (*cement board*), papan serat (*fiber board*).

Saat ini banyak kerajinan yang menggunakan material kayu dikarenakan material tersebut termasuk bahan alami yang terdiri dari struktur dan sel yang menjadikan kayu memiliki banyak sifat - sifat karakteristik yang unik. Salah satu karakteristik dari kayu yaitu kerapatan yang merupakan perbandingan antara massa atau berat benda dari volume masing - masing jenis kayu tersebut. Kerapatan pada kayu berhubungan dengan porositasnya yaitu merupakan proporsi rongga kosong pada kayu (Koch, 1964). Pada era industri saat ini, Industri perkerajinan di Indonesia semakin diminati oleh berbagai negara, namun karakteristik yang diminati lebih

spesifik lagi. Diantaranya pada kadar air yang sesuai, hal tersebut juga karena kesesuaian dengan iklim pada masing - masing negara. Kadar air yang dikehendaki yaitu dibawah 10%. Keadaan tersebut jika terdapat kayu dengan kadar air diatas 10% tidak bisa hanya dilakukan pengeringan secara alamiah, melainkan diperlukan juga pengeringan buatan (Budianto, 1996).

Penelitian yang dilakukan Arina, dkk (2023) menyebutkan pemanfaatan limbah serbuk kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan penguat untuk polipropilena. Alternatif solusi yang digunakan yaitu dengan kombinasi polipropilena dengan penambahan irganox 1010 sebagai antioksidan utama dan irgafos 108 sebagai antioksidan pendukung, lalu hasil dari tujuan penelitian yang dilakukan dengan melakukan perbandingan sifat termal polipropilena.

Penelitian yang dilakukan Ubaidillah, dkk (2023) menyebutkan bahwa limbah serbuk kayu yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar untuk pembuatan papan partikel. Alternatif solusi yang digunakan yaitu dengan menyaring 100 gram limbah kayu jati dengan menggunakan ayakan berukuran 5 mesh, sebanyak 100 gram getah, dan 100 gram tepung kanji. Penerapan metode yang dilakukan dengan menerapkan teknik pengujian kekuatan lentur dan pengukuran densitas dengan menggunakan mesin molding, lalu hasil dari tujuan penelitian pengujian kekuatan lentur dan pengujian densitas menunjukkan bahwa semua pengujian memenuhi persyaratan sesuai dengan standar SNI 03-2105-2006.

Penelitian yang dilakukan Desiasni, dkk (2023) menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi yaitu pada pengolahan kayu menghasilkan sekitar 15-20% serbuk gergaji dari total limbah sekitar 40-50%. Sumber serbuk kayu dapat ditemukan pada industri mebel atau pabrik pengrajin kayu di wilayah Sumbawa. Limbah serbuk kayu tersebut dapat dimanfaatkan dengan pembuatan material komposit dari limbah kayu menjadi papan partikel. Alternatif solusi yang dilakukan yaitu dengan penerapan industri *furniture* memiliki potensi untuk mendukung pengembangan bahan pengganti kayu yang bersifat alternatif, sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari serbuk kayu yang dihasilkan. Penerapan metode yang dilakukan peneliti ini yaitu menyiapkan spesimen yang diuji dengan menggunakan metode pengujian *Modulus of Elasticity (MOE)* dan *Modulus of Rupture (MOR)* sesuai dengan standar JIS A 5908(2003). Hasil tujuan dari penelitian ini yaitu serbuk kayu mahoni yang tidak terpakai dapat dimanfaatkan

sebagai komponen dalam produksi papan komposit. Papan komposit tersebut didominasi oleh partikel serbuk dengan ukuran *mesh* yang besar atau tebal.

Penelitian yang dilakukan Sulaksono, dkk (2022) menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi penumpukan limbah serbuk kayu di industri seringkali diabaikan, dibuang, dan dibakar karena kurangnya kesadaran akan dampak negatifnya dan kurangnya pengetahuan mengenai proses daur ulang limbah serbuk kayu. Peneliti ini menyebutkan bahwa serbuk kayu yang dapat digunakan dengan berbagai macam cara, alternatif solusi yang dilakukan yaitu dengan perancangan konsep mesin mixer dan press serbuk kayu yang portable. Penerapan metode yang dilakukan peneliti ini yaitu proses perancangan, digunakan metode Varien Deutscher Ingenieure 2221 (VDI 2221). Hasil akhir dari penelitian ini menyebutkan bahwa spesifikasi mesin pencampur serbuk kayu yang dirancang memiliki kapasitas untuk mencampur 6 kg serbuk kayu bersama zat perekat

Penelitian yang dilakukan Lukman, dkk. (2022) menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi tingginya jumlah limbah kayu yang dibuang atau tidak digunakan, baik berasal dari kegiatan manufaktur perabotan maupun dari gudang kayu. Peneliti ini menyebutkan bahwa langkah penyelesaian yang diambil adalah memperkenalkan teknik pengelolaan limbah kayu sehingga dapat diubah produk yang bernilai ekonomis. Alternatif solusi yang dilakukan yaitu memberikan pelatihan kepada masyarakat sehingga mampu meningkatkan perekonomian masyarakat. Penerapan metode yang dilakukan peneliti yaitu dengan mengadakan kegiatan sosialisasi pemanfaatan limbah kayu, pendampingan pembuatan produk dari limbah kayu, proses pengeleman HPL, dan finishing perapian sisi HPL. Hasil akhir dari penelitian ini menyebutkan bahwa kegiatan pengabdian ini memberikan manfaat bagi mitra atau warga setempat karena melalui pelatihan dan pendampingan ini mereka dapat memanfaatkan limbah kayu menjadi produk fungsional

Penelitian yang dilakukan Amrussalam, dkk (2022) menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi pada suatu objek perusahaan yang diamati belum memaksimalkan pemanfaatan sisa dari hasil manufaktur atau limbah serbuk kayu dari hasil produksi mebelnya. Limbah tersebut hanya ditumpuk dan dibakar untuk menghilangkan waste di tempat produksi. Penelitian ini menyebutkan bahwa langkah untuk memanfaatkan limbah serbuk kayu dalam memperoleh nilai tambah ekonomis. Alternatif solusi yang dilakukan peneliti ini yaitu memberikan pelatihan

dan pendampingan kepada objek atau mitra dalam memanfaatkan limbah serbuk kayu sehingga memperoleh value added yang bernilai ekonomis. Penerapan metode yang dilakukan yaitu dengan memanfaatkan limbah dari serbuk kayu untuk dijadikan produk paving block dalam 4 tahapan. Hasil akhir dari penelitian ini yaitu pelaksanaan kegiatan tersebut dapat meningkatkan pengetahuan dan keterampilan objek atau mitra terhadap suatu potensi pemanfaatan limbah serbuk kayu menjadi produk bernilai ekonomis yaitu perancangan paving block.

Penelitian yang dilakukan Laksono, dkk (2021) menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi yaitu peningkatan eksploitasi hutan disertai dengan peningkatan volume limbah kayu. Kegiatan tersebut baik dari kegiatan eksploitasi maupun industri masih belum terdapat adanya pengolahan limbah yang optimal. Penelitian ini menyebutkan bahwa mengendalikan dampak negatif lingkungan dalam mewujudkan keberlanjutan lingkungan dengan memanfaatkan limbah, alternatif solusi yang dilakukan peneliti ini yaitu limbah dari hasil eksploitasi maupun industri dapat diterapkan untuk memproduksi dan mengumpulkan nilai produk seperti panel kayu. Penerapan metode yang dilakukan oleh peneliti ini yaitu pembuatan papan partikel dengan menggunakan uji karakteristik yaitu modulus elastisitas (MOE), modulus patah (MOR), dan keteguhan tarik. Peneliti menyebutkan hasil akhir dari penelitian ini yaitu bahwa kayu ulin dan bambu memiliki karakteristik yang mendekati kayu tropis keras seperti kayu jati.

Penelitian yang dilakukan Rusdi, dkk (2020) menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi yaitu belum memiliki aplikasi pemesanan dan pengiriman serbuk kayu oleh CV Usaha Bersama yang digunakan sebagai pengadaan bahan baku PT.Fumakilla. Tujuan dari peneliti ini menyebutkan bahwa membuat prototype aplikasi pemesanan dan pengiriman serbuk kayu, alternatif solusi yang dilakukan peneliti ini yaitu membuat Prototype Aplikasi Berbasis *web*. Penerapan metode yang dilakukan peneliti ini yaitu pengujian unit dengan pendekatan black-box testing dengan tujuan untuk memperlihatkan kinerja perangkat lunak dengan baik.

Hasil akhir dari penelitian yang dilakukan yaitu proses pembuatan *web* dapat dijalankan dan data yang dimasukkan maupun hasil yang dikeluarkan dapat sesuai.

Penelitian yang dilakukan Maulana, dkk (2020) menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi yaitu serbuk kayu yang dihasilkan dari proses pemotongan selama ini seringkali dibiarkan dan mengakibatkan berbagai masalah. Tujuan dari peneliti ini yaitu mengurangi pencemaran lingkungan limbah serbuk kayu, alternatif solusi yang dilakukan oleh peneliti ini dengan pemanfaatan

pengolahan menjadi bahan bakar biopellet. Penerapan metode yang dilakukan oleh peneliti yaitu proses pembuatan pellet dari serbuk kayu, langkah yang dilakukan mencakup persiapan bahan baku, pencampuran zat perekat, penempatan, pengeringan, dan analisis hasil. Hasil akhir dari penelitian yang dilakukan yaitu tahap proses produksinya, kualitas pada pellet kayu sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembaban dan karakteristik dari jenis kayu yang digunakan

Penelitian yang dilakukan oleh Tifani, dkk (2018) menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi yaitu penggunaan kayu yang semakin meningkat selain itu penumpukan limbah yang dihasilkan dari kulit pohon pinang. Tujuan dari peneliti yaitu dapat mengurangi limbah kulit pinang dan menjadikan kulit pinang menjadi lebih bernilai ekonomis. Alternatif solusi yang dilakukan pada peneliti ini yaitu partikel kayu mahang memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan kulit pinang, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan fleksibilitas papan partikel. Penerapan metode pada penelitian ini yaitu dengan melakukan pengujian sifat fisis yaitu mulai dari kerapatan, kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal. Metode lain yang digunakan yaitu pengujian sifat mekanis yaitu pengujian elastisitas. Hasil akhir pada penelitian yang dilakukan yaitu papan partikel yang terbuat dari campuran cacahan kulit pinang dan serbuk kayu mahoni memenuhi persyaratan fisik sesuai dengan standar JIS A 5908 2003 dan SNI 03-2105-2006, namun sifat mekanisnya masih belum memenuhi standar.

Penelitian yang dilakukan oleh Ramadan, dkk. (2019) menyebutkan bahwa permasalahan yang terjadi belum terlaksananya proses pengolahan limbah yang teratasi dengan baik. Tujuan dari penelitian ini yaitu melakukan sistem manajemen pengolahan limbah pada PT.X. Alternatif solusi yang dilakukan oleh peneliti yaitu pengolahan limbah yang belum terlaksana dengan baik dapat menerapkan sistem standarisasi internasional sehingga pengelolaan limbah pada PT.X dapat teratasi. Penerapan metode yang dilakukan oleh peneliti ini yaitu dengan melakukan penerapan sistem manajemen lingkungan pengolahan limbah berdasarkan klausul ISO 14001:2015. Hasil akhir pada penelitian yang dilakukan yaitu dengan menerapkan sistem manajemen lingkungan pada PT.X sudah memenuhi persyaratan sesuai dengan ISO 14001,

Tabel 2.1. Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Pustaka	Objek	Permasalahan	Tujuan	Solusi	Metode	Hasil
1	Arina, dkk (2023)	PT. Laksana Teknik Makmur	Industri otomotif saat ini masih memanfaatkan bahan baku plastik daur ulang dalam tahapan proses produksinya	Pemanfaatan limbah serbuk kayu	Menggunakan kombinasi polipropilena dengan penambahan irganox 1010 sebagai antioksidan utama dan irgafos 108 sebagai antioksidan pendukung	Memanfaatkan limbah serbuk kayu sebagai bahan penguat untuk polipropilena	Melakukan perbandingan sifat termal polipropilena
2	Ubaidillah, dkk. (2023, November)	Laboratorium Material Teknik Unwahas	Berdasarkan pengamatan, limbah serbuk kayu yang dihasilkan hanya dilepaskan dan dihilangkan dengan cara pembakaran	Bahan dasar untuk pembuatan papan partikel.	Menyaring 100 gram limbah kayu jati dengan menggunakan ayakan berukuran 5 mesh, sebanyak 100 gram getah, dan 100 gram tepung kanji	Menerapkan teknik pengujian kekuatan lentur dan pengukuran densitas dengan menggunakan mesin molding	Berbagai variasi tekanan dalam pengujian kekuatan lentur dan pengujian densitas menunjukkan bahwa semua pengujian memenuhi persyaratan sesuai dengan standar SNI 03-2105-2006

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Pustaka	Objek	Permasalahan	Tujuan	Solusi	Metode	Hasil
3	Desiasni, dkk (2023)	Industri mebel di kabupaten Sumbawa Besar, NTB.	Pengolahan kayu menghasilkan sekitar 15-20% serbuk gergaji dari total limbah sekitar 40-50%. Sumber serbuk kayu dapat ditemukan pada industri mebel atau pabrik pengrajin kayu di wilayah Sumbawa	Pembuatan material komposit dari limbah kayu menjadi papan partikel	Industri <i>furniture</i> memiliki potensi untuk mendukung pengembangan bahan pengganti kayu yang bersifat alternatif, sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari serbuk kayu yang dihasilkan	Spesimen diuji dengan menggunakan metode pengujian <i>Modulus of Elasticity (MOE)</i> dan <i>Modulus of Rupture (MOR)</i> sesuai dengan standar JIS A 5908(2003)	Serbuk kayu mahoni yang tidak terpakai dapat dimanfaatkan sebagai komponen dalam produksi papan komposit. Papan komposit tersebut didominasi oleh partikel serbuk dengan ukuran <i>mesh</i> yang besar atau tebal
4	Sulaksono, dkk (2022)	Usaha Kecil Menengah (UKM) atau home industry	Limbah serbuk kayu di industri seringkali diabaikan, dibuang, dan dibakar karena kurangnya kesadaran akan dampak negatifnya dan kurangnya pengetahuan mengenai proses daur ulang limbah serbuk kayu	Serbuk kayu yang dapat digunakan dengan berbagai macam cara.	Perancangan Konsep Mesin Mixer dan Press Serbuk Kayu yang Portable	Proses perancangan, digunakan metode Varien Deutscher Ingenieure 2221 (VDI 2221)	Spesifikasi mesin pencampur serbuk kayu yang dirancang memiliki kapasitas untuk mencampur 6 kg serbuk kayu bersama zat perekat

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Pustaka	Objek	Permasalahan	Tujuan	Solusi	Metode	Hasil
5	Lukman, dkk. (2022)	Desa Ulee Reuleueng Kecamatan Dewantara	Tingginya jumlah limbah kayu yang dibuang atau tidak digunakan, baik berasal dari kegiatan manufaktur perabotan maupun dari gudang kayu	Langkah penyelesaian yang diambil adalah memperkenalkan teknik pengelolaan limbah kayu sehingga dapat diubah produk yang bernilai ekonomis	Memberikan pelatihan kepada masyarakat sehingga mampu meningkatkan perekonomian masyarakat	Metode peneliti yang digunakan yaitu dengan mengadakan kegiatan sosialisasi pemanfaatan limbah kayu, pendampingan pembuatan produk dari limbah kayu, proses pengeleman HPL, dan finishing perapian sisi HPL	Kegiatan pengabdian ini memberikan manfaat bagi mitra atau warga setempat karena melalui pelatihan dan pendampingan ini mereka dapat memanfaatkan limbah kayu menjadi produk fungsional
6	Amrussalam, dkk (2022)	UD. Tabola Mebel	Mitra pada objek yang diamati belum memaksimalkan pemanfaatan sisa dari hasil manufaktur atau limbah serbuk kayu dari hasil produksi mebelnya. Limbah tersebut hanya ditumpuk dan dibakar untuk menghilangkan waste di tempat produksi	Memanfaatkan limbah serbuk kayu dalam memperoleh nilai tambah ekonomis	Memberikan pelatihan dan pendampingan kepada objek atau mitra dalam memanfaatkan limbah serbuk kayu sehingga memperoleh value added yang bernilai ekonomis	Metode yang dilakukan oleh penelitian ini yaitu dengan memanfaatkan limbah dari serbuk kayu untuk dijadikan produk paving block dalam 4 tahapan	Pelaksanaan kegiatan tersebut dapat meningkatkan pengetahuan dan keterampilan objek atau mitra terhadap suatu potensi pemanfaatan limbah serbuk kayu menjadi produk bernilai ekonomis yaitu perancangan paving block

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Pustaka	Objek	Permasalahan	Tujuan	Solusi	Metode	Hasil
7	Laksono, dkk (2021).	-	Peningkatan eksploitasi hutan disertai dengan peningkatan volume limbah kayu. Dari kegiatan tersebut baik dari kegiatan eksploitasi maupun industri masih belum terdapat adanya pengolahan limbah yang optimal.	Mengendalikan dampak negatif lingkungan dalam mewujudkan keberlanjutan lingkungan dengan memanfaatkan limbah	Limbah dari hasil eksploitasi maupun industri dapat diterapkan untuk memproduksi dan mengumpulkan nilai produk seperti panel kayu	Metode yang digunakan oleh peneliti ini yaitu pembuatan papan partikel dengan menggunakan uji karakteristik yaitu modulus elastisitas (MOE), modulus patah (MOR), dan keteguhan tarik	Hasil pengujian tersebut mengatakan bahwa kayu ulin dan bambu memiliki karakteristik yang mendekati kayu tropis keras seperti kayu jati
8	Rusdi, dkk (2020)	PT.Fumakilla	Belum memiliki aplikasi pemesanan dan pengiriman serbuk kayu Oleh CV Usaha Bersama yang digunakan sebagai pengadaan bahan baku PT.Fumakilla	Membuat Prototype Aplikasi Pemesanan Dan Pengiriman Serbuk Kayu	Membuat Prototype Aplikasi Berbasis WEB	Menerapkan metode pengujian unit dengan pendekatan black-box testing dengan tujuan untuk memperlihatkan kinerja perangkat lunak dengan baik	Proses pembuatan WEB dapat dijalankan dan data yang dimasukan maupun hasil yang dikeluarkan dapat sesuai

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Pustaka	Objek	Permasalahan	Tujuan	Solusi	Metode	Hasil
9	Maulana, dkk (2020)	Wilayah Ranjok yang terletak di Gunung Sari, Kabupaten Lombok Barat	Serbuk kayu yang dihasilkan dari proses pemotongan selama ini seringkali dibiarkan dan mengakibatkan berbagai masalah	Mengurangi pencemaran lingkungan limbah serbuk kayu	Pemanfaatan pengolahan menjadi bahan bakar Biopelet	Proses pembuatan pelet dari serbuk kayu, langkah yang dilakukan mencakup persiapan bahan baku, pencampuran zat perekat, penempaan, pengeringan, dan analisis hasil	Tahap proses produksinya, kualitas pada pelet kayu sangat dipengaruhi oleh tingkat kelembaban dan karakteristik dari jenis kayu yang digunakan
10	Tifani, dkk (2018, December)	Kabupaten Bengkalis	Permasalahan yang terjadi yaitu penggunaan kayu yang semakin meningkat selain itu penumpukan limbah yang dihasilkan dari kulit pohon pinang	Tujuan dari peneliti dapat mengurangi limbah kulit Pinang dan menjadikan kulit pinang menjadi lebih bernilai ekonomis.	Partikel kayu mahang memiliki kekuatan lebih tinggi dibandingkan dengan kulit pinang, sehingga dapat meningkatkan kekuatan dan fleksibilitas papan partikel	Metode yang dilakukan dengan melakukan pengujian sifat fisis yaitu mulai dari kerapatan, kadar air, daya serap air, dan pengembangan tebal. Metode lain yang digunakan yaitu pengujian sifat mekanis yaitu pengujian elastisitas	Papan partikel yang terbuat dari campuran cacahan kulit pinang dan serbuk kayu mahoni memenuhi persyaratan fisik sesuai dengan standar JIS A 5908 2003 dan SNI 03-2105-2006, namun sifat mekanisnya masih belum memenuhi standar.

Tabel 2.1. Lanjutan

No	Pustaka	Objek	Permasalahan	Tujuan	Solusi	Metode	Hasil
11	Ramadan, dkk. (2019)	PT.X	Permasalahan yang terjadi belum terlaksananya proses pengolahan limbah yang teratasi dengan baik	Melakukan sistem manajemen pengolahan limbah pada PT.X	Pengolahan limbah yang belum terlaksana dengan baik dapat menerapkan sistem standarisasi internasional sehingga pengelolaan limbah pada PT.X dapat teratasi	Metode yang dilakukan dengan melakukan penerapan sistem manajemen lingkungan pengolahan limbah berdasarkan klausul ISO 14001:2015	Penerapan sistem manajemen lingkungan pada PT.X sudah memenuhi persyaratan sesuai dengan ISO 14001

2.2. Dasar Teori

Bagian ini merupakan teori - teori yang menjadi dasar dari penelitian yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah. Berdasarkan pencarian yang dilakukan oleh peneliti teori ini didapatkan dari beberapa kata kunci yang digunakan diantaranya yaitu kayu, serbuk kayu, dan pengolahan serbuk kayu.

2.2.1. Kayu

Kayu merupakan salah satu bahan bangunan alam pertama yang digunakan untuk menunjang kegiatan manusia, Kayu merupakan bahan bangunan yang mudah diolah dan sumber daya alam yang tidak akan pernah habis, sehingga masyarakat akan selalu membutuhkannya (Frick 1998). Kayu sebagai bahan bangunan tentunya memiliki kekuatan dengan karakteristik sifat atau mekaniknya, sehingga konsumen tentunya akan memilih jenis kayu yang baik sesuai dengan penggunaannya. Faktor - faktor yang mempengaruhi kekuatan sifat atau karakteristik sifat kayu diantaranya yaitu faktor biologis (mikroorganisme yang menyerang kayu), kadar air pada kayu, dan berat jenis kayu. Hal tersebut nantinya dapat diproses dalam mengantisipasi pada penurunan karakteristik pada kayu, sehingga upaya pencegahan yang mempengaruhi kekuatan pada kayu dapat dipertahankan. Upaya tersebut dilakukan pengawetan dengan bahan zat kimia. Dunia industri kayu pengerjaan kayu disebut dengan istilah (*wood working*) yaitu merupakan proses pengerjaan dari kayu solid ataupun panel kayu menjadi produk dengan nilai jual, berdaya guna, dan berestetika dengan melewati beberapa rangkaian proses. Rangkaian proses manufaktur yang dilakukan mulai dari proses pengeringan, penggergajian atau pemotongan, penyerutan, pembubutan, pengamplasan, hingga pada proses akhir yaitu pengecatan (Darmawan 1997). Jenis produk yang dibuat dengan menggunakan material kayu contohnya seperti mebel, peralatan rumah tangga, dan berbagai produk kerajinan. Ruang lingkup pada industri manufaktur kayu mulai dari perencanaan (*planing*), pendesainan (*designing*), pemesinan atau pemotongan (*machining/cutting*), perakitan (*assembling*), pengecatan atau pengkilapan (*finishing*). Mesin yang biasa digunakan dalam proses pengerjaan kayu diantaranya yaitu *jigsaw* merupakan mesin yang digunakan untuk memotong kayu dengan ukuran awal menjadi ukuran yang diinginkan, *planner (surfacers)* merupakan mesin yang digunakan untuk menyerut dan meratakan sisi pada kayu, *shaper* merupakan mesin yang digunakan untuk membentuk profil tertentu pada sisi kayu, *sander* merupakan mesin yang digunakan untuk menghaluskan permukaan pada kayu, sehingga kayu

dapat lebih halus. Pengamatan dan wawancara jenis kayu yang digunakan oleh UMKM Kajeng Jawi diantaranya yaitu kayu jati, kayu mahoni, kayu mindi, kayu nangka, dan kayu pinus. Tentunya sifat dasar dan karakteristik pada masing - masing kayu berbeda, maka diperlukan perlakuan khusus dalam melakukan proses manufaktur sehingga memiliki kualitas yang baik saat melakukan proses *finishing*.

2.2.2. Kayu Jati

Kayu jati memiliki nama ilmiah *Tectona Grandis L. f.* yang merupakan salah satu jenis kayu dengan peminat paling banyak, hal tersebut dikarenakan kayu jati memiliki motif corak yang unik dan elegan, kuat, tahan lama, dan mudah dikerjakan. Ketersediaan kayu jati mengalami keterbatasan dalam 5 – 10 tahun terakhir, para pengrajin kayu terpaksa menggunakan kayu jati unggul yaitu kayu jati yang umurnya masih dibawah 10 tahun sebagai bahan bakunya. Industri *furniture* kayu jati di Pulau Jawa hampir 100% memanfaatkan kayu jati unggul yang ketersediaannya cukup melimpah (Suryadi, 2002). Namun mutu produk pada *furniture* dengan menggunakan material kayu jati unggul cenderung lebih rendah dibandingkan dengan produk sejenis yang terbuat dari kayu jati tua (jati konvensional). Pembuatan produk mebel dan furniture dengan menggunakan material kayu jati unggul cenderung mudah diserang oleh serangga rayap sehingga membuat produk *furniture* kurang stabil (tidak tahan lama).

2.2.3. Kayu Mahoni

Kayu mahoni memiliki nama latin *Swietenya Macrophylla Jack* merupakan kayu yang banyak digunakan sebagai bahan bangunan di Indonesia, walaupun tidak sekuat dengan kualitas kayu jati kayu ini memiliki banyak peminat bagi pengrajin usaha mebel dan furniture. Kayu mahoni memiliki masa tanam yang singkat dibandingkan dengan masa tanam kayu jati, selain itu biaya pada kayu mahoni tidak terlalu mahal. Kayu mahoni memiliki mutu yang rendah karena selain umur kayu yang muda, kayu mahoni juga tidak diberi perlakuan pemeliharaan, sehingga terkadang banyak unsur cacar seperti serat yang miring, dan cacat bentuk (Muslich Dkk 2006). Kayu mahoni memiliki ciri khas yang berwarna merah kekuningan, jenis kayu tersebut juga memiliki tekstur yang lebih lembut dibandingkan dengan kayu yang lain, memiliki pola corak yang unik karena termasuk arah serat *interlocked grain*, selain itu memiliki permukaan kayu yang licin dan mengkilap.

2.2.4. Kayu Mindi

Kayu Mindi memiliki nama latin yaitu *Melia Azedarach Linn* merupakan jenis kayu yang banyak ditanam di wilayah hutan daerah Yogyakarta, hal tersebut dikarenakan pohon mindi adalah salah satu pohon yang mudah tumbuh di berbagai media atau kondisi tanah. Daerah penyebaran tanaman pohon mindi menyebar ke seluruh pulau Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat (NTB), dan Nusa Tenggara Timur (NTT). Pohon mindi mampu tumbuh diberbagai jenis tanah seperti tanah tertier, tanah liat, tanah berbatu, dan tanah berpasir vulkanis, selain itu pohon ini juga dapat tumbuh di bukit - bukit rendah sampai ketinggian 1.000 mdpl (Martawijaya, 1989). Tinggi pohon mindi bisa mencapai 40 m dengan panjang cabang 20 m, selain itu diameter pada pohon ini bisa mencapai 185 cm. Sifat fisik dari kayu mindi yaitu kulit luar yang berwarna merah coklat sampai kelabu hitam, memiliki alur atau serat yang dangkal sampai dalam, dan dapat mengelupas kecil - kecil sampai kepingan besar.

2.2.5. Kayu Nangka

Tanaman atau pohon nangka memiliki nama latin yaitu *Artocarpus heterophyllus Lamk* merupakan salah satu tanaman serbaguna, karena semua bagian dari tanaman ini dapat digunakan sebagai keperluan baik dari kayunya maupun buahnya. Kayu nangka memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai sumber alternatif kayu, tetapi banyak industri atau pengrajin kayu tidak menggunakan kayu tersebut karena kualitas kayu nangka masih berada di bawah kayu jati, selain itu pohon atau kayu nangka usianya cenderung kayu dengan golongan masih muda dibandingkan dengan kayu yang lain, hal tersebut dikarenakan kualitas kayu dipengaruhi oleh usia dari pohon tersebut.

2.2.6. Kayu Pinus

Pohon pinus memiliki nama latin *Pinus Merkusi* pohon pinus merupakan tumbuhan yang berdaun jarum, pohon ini pada awalnya digunakan sebagai tanaman reboisasi dan rehabilitasi tanah kosong. Pohon pinus seringkali dimanfaatkan ketika proses pengambilan getah yang dapat digunakan sebagai campuran bahan sabun, kertas, plastik, minyak cat, parfum, batik dan sebagainya (M. Hadi Saputra, 2014). Proses manufaktur kayu pinus juga dimanfaatkan sebagai produk dari mebel, meskipun kayu pinus tidak termasuk pada golongan kayu yang keras namun kayu pinus termasuk material kayu yang kokoh di golongan kayu lunak, sehingga banyak digunakan sebagai perabotan atau mebel.

2.2.7. Pengolahan Serbuk Kayu

Proses manufaktur industri kayu, tentunya akan menghasilkan limbah salah satunya yaitu limbah serbuk kayu. Serbuk kayu (*sawdust*) merupakan limbah yang dihasilkan dari pemotongan kayu yang terjadi dengan menggunakan bantuan mesin atau manual. Hasil dari proses pemotongan tersebut menghasilkan tingkat kehalusan partikel atau *mesh* pada serbuk kayu yang berbeda - beda, hal tersebut dapat dilihat dari alat potong yang digunakan. Ukuran *mesh* atau tingkat partikel kehalusan serbuk kayu umumnya dimulai dari 20 - 80 *mesh*, tingkat kehalusan tersebut pastinya memiliki fungsi yang berbeda - beda ketika dimanfaatkan kembali. Limbah serbuk kayu yang tidak dimanfaatkan dengan baik pada suatu jenis UMKM atau perusahaan industri kayu dapat menyebabkan permasalahan mulai dari proses manufaktur yang memakan area atau letak pembuangan limbah yang penuh di area proses manufaktur yang dikarenakan penumpukan limbah serbuk kayu.

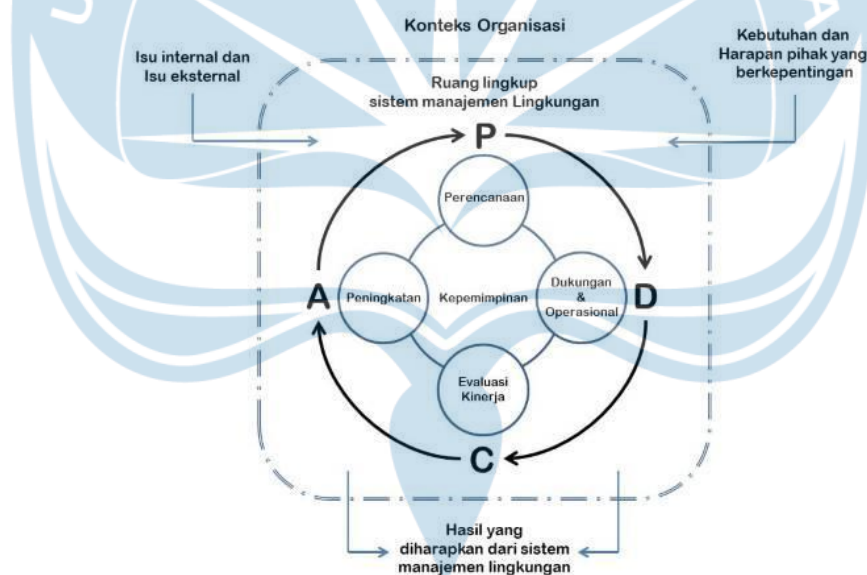
Pengolahan limbah serbuk kayu dapat dilakukan dengan memanfaatkan limbah yang dihasilkan pada proses pemotongan material kayu. Pengolahan limbah serbuk kayu tersebut terdapat banyak jenis pemanfaatan ulang sehingga menjadi produk yang dapat pakai kembali diantaranya seperti komposit serbuk kayu, briket bioarang, biomassa bahan bakar pellet, dan berbagai macam pengolahan kembali. Dengan melakukan pengolahan atau pemanfaatan limbah serbuk kayu pihak dari UMKM atau Industri kayu tentunya dapat mengelola *sustainable waste chips* pada kayu.

A. Penanganan serbuk kayu dengan menggunakan aplikasi berbasis web

Pengolahan limbah serbuk kayu dapat juga dilakukan dengan cara melakukan pembuatan *prototype* aplikasi berbasis *web* yang dapat menjalankan sistem untuk pemesanan dan pengiriman serbuk kayu dengan pihak lain. Proses pemesanan tersebut perusahaan dapat menggunakan aplikasi yang berbasis web, sehingga dapat memantau proses pemesanan sampai diterimanya ke pihak yang memesan, selain itu proses pengiriman dapat dilakukan dengan menggunakan transportasi *pick up*. Pengolahan limbah serbuk kayu juga dapat digunakan melakukan kerjasama dengan pihak UMKM yang lain untuk dimanfaatkan sebagai alat pembakaran, namun hal tersebut juga dapat menyebabkan polusi sehingga tidak dapat *sustainability* dengan lingkungan di sekitar.

B. Pengolahan dengan Penerapan ISO 14001 : 2015

ISO merupakan standar internasional yang digunakan untuk mengatasi perlindungan lingkungan dan pencegahan pencemaran yang terjadi. Standar Internasional ISO 14001 merupakan tahapan untuk mengatur sistem manajemen pada lingkungan dengan melakukan sertifikasi. Sertifikasi pada perusahaan atau UMKM harus mendaftarkan kepada badan sertifikasi. Keuntungan yang didapatkan melalui sertifikasi ISO yaitu tidak hanya bagi perusahaan tetapi juga lingkungan sekitar ikut merasakan dampaknya. Tahapan sertifikasi diperlukan beberapa proses diantaranya yaitu membangun kesadaran, melakukan pengembangan kebijaksanaan, setelah itu melakukan analisa dan identifikasi dari limbah yang menumpuk, kepemilikan dokumentasi pada UMKM, lalu melakukan dokumentasi implementasi, tahap selanjutnya melakukan sistem audit internal, dan meninjau kebijakan manajemen, setelah itu melakukan analisis kesenjangan, dan tahap akhir audit sertifikasi akhir. Berikut merupakan konsep dari penerapan ISO 14001 pada gambar dibawah.



Gambar 2.1. Konsep *Plan Do Check Action*

Sumber : <https://belajar-k3.web.app/ISO14001/TujuanPenerapanISO14001.html>

C. Komposit Serbuk Kayu

Komposit serbuk kayu merupakan produk yang terbuat dari lembaran atau potongan-potongan kecil kayu yang direkatkan bersama (Maloney, 1996). Produk serbuk kayu merupakan komposit yang terbuat dari plastik sebagai matriks dan serbuk kayu sebagai pengisi atau *filler*, kedua material tersebut digabungkan

sehingga menjadi produk komposit serbuk kayu. Penggabungan dari matriks plastik dan serbuk kayu memiliki tujuan untuk mengurangi densitas, meningkatkan kepadatan, meningkatkan kekakuan, dan mengurangi biaya per unit volume. Penggabungan antara plastik dan serbuk kayu sebagai pengisi juga dapat meningkatkan kekuatan dan sifat fisik dari produk tersebut. Pembuatan komposit serbuk kayu memiliki konsep memanfaatkan kembali hasil sisa *machining* atau penggergajian yang sudah tidak digunakan kembali, selain itu juga dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan kayu. Produk komposit serbuk kayu dapat digunakan sebagai perabotan rumah tangga maupun komponen bangunan seperti jendela, pintu, dinding, dan lantai. Pembuatan papan komposit yang akan dilakukan juga memiliki dasar jurnal pada komposisi pembuatan papan partikel, menurut Annisa, N. (2023) yaitu dengan menggunakan komposisi 30% serbuk kayu dan 70% resin polyester pada sampel papan partikel yang lain yaitu dengan menggunakan komposisi 20% serbuk kayu dan 80% resin polyester.



Gambar 2.2. Papan Partikel

Sumber : <https://jasafurniture.wordpress.com/bahan-baku-furniture/>



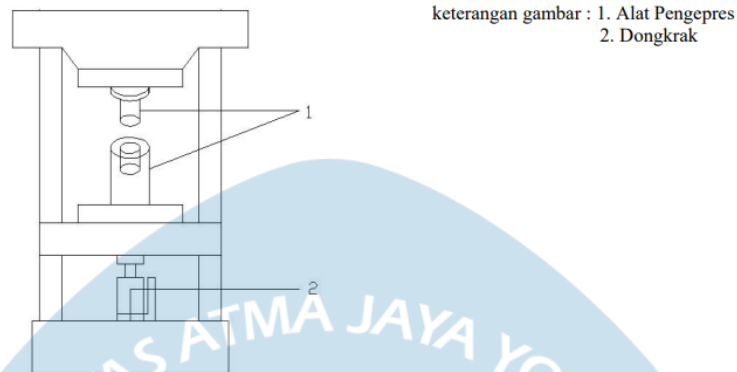
Gambar 2.3. Komposit Plastik Kayu

Sumber : <https://www.reddiplex.com/wp-content/uploads/Wood-Composite-Page.png>

D. Pengolahan Briket bioarang

Briket bioarang merupakan salah satu jenis alternatif bahan bakar yang berasal dari biomassa, briket bioarang ini juga jenis olahan produk bahan bakar padat yang

mengandung karbon, mempunyai nilai kalori yang tinggi, dan dapat menyala dalam waktu yang lama. Bioarang merupakan arang yang diperoleh dengan membakar kering tanpa udara (pirolisis).



Gambar 2.4. Alat Pencetak Briket

Sumber : Jurnal Yudanto, A., & Kusumaningrum, K. (2009). Pembuatan Briket Bioarang dari arang serbuk gergaji kayu jati

E. Pengolahan Bahan Bakar Biopellet

Biopellet merupakan bahan bakar padat yang dihasilkan dari proses pengempaan biomassa dan dapat menjadi sumber bahan bakar energi alternatif dalam bentuk pellet. Bahan bakar biopellet dapat berupa limbah ampas yang tidak terpakai seperti serbuk kayu, serabut kelapa, ampas kopi, dan bahan organik lainnya. Dengan memanfaatkan salah satu energi alternatif yaitu biomassa yang memiliki potensi untuk dikembangkan menjadi energi terbarukan. Pemanfaatan energi alternatif yang berasal dari limbah serbuk kayu, hal tersebut dapat menjadi pilihan alternatif dalam mengatasi krisis energi pada era sekarang. Kayu menjadi sumber energi alternatif yang diharapkan terutama salah satu manfaatnya yang dapat menggantikan sumber bahan bakar minyak.

2.2.8. Minitab Statistical Software 2019

Minitab Statistical Software 2019 merupakan *software* yang digunakan sebagai pengolahan data statistik untuk melakukan analisis perhitungan dalam penelitian. Perangkat lunak ini memiliki berbagai fungsi dan fitur dalam mengolah analisis data sehingga membantu penelitian untuk menemukan perhitungan yang dibutuhkan dalam melakukan penelitian. Penelitian ini penggunaan minitab dapat digunakan sebagai pengolahan data seperti uji normalitas, uji homogenitas, dan uji anova 2 arah. Data data yang dibutuhkan nantinya akan dimasukan ke dalam

software minitab untuk dilakukan pengolahan dan analisis data. Berikut merupakan gambar *software minitab* yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 2.5. Software Minitab 2019

2.2.9. Metode Taguchi

Metode eksperimen dua variabel Taguchi merupakan bagian dari Metode Taguchi untuk perancangan eksperimen (*Design of Experiment/DOE*) dengan tujuan mengoptimalkan proses atau produk untuk meminimalkan variasi dan kerugian akibat ketidaksesuaian. Metode Taguchi merupakan pendekatan sistematis untuk eksperimen yang menggunakan array orthogonal (*Orthogonal Array/OA*). Kelebihan menggunakan metode taguchi untuk dua variabel yaitu hanya memerlukan sedikit eksperimen, lalu berfokus pada variasi dan kualitas.

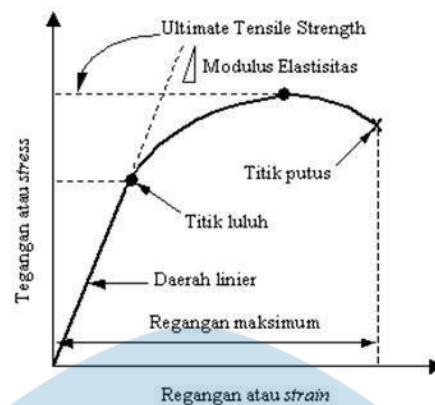
2.2.10. Desain Eksperimen

Desain eksperimen merupakan suatu rancangan dalam melakukan percobaan yang dapat memberikan informasi yang berhubungan dengan permasalahan yang sedang diteliti. Penggunaan desain eksperimen dilakukan dengan metode analisa penyelesaian sesuai dengan kondisi percobaan penelitian yang akan dilakukan dan memiliki langkah-langkah yang perlu diambil sebelum melakukan eksperimen. Tujuan dari desain eksperimen ini yaitu untuk memperoleh atau mengumpulkan informasi sebanyak banyaknya yang diperlukan dalam melakukan penelitian yang akan dirancang, dalam mendapatkan informasi yang berguna desain eksperimen dibuat sesederhana mungkin, penelitian hendaknya melakukan eksperimen atau perancangan seefisien mungkin mengingat waktu, biaya, tenaga, dan bahan yang digunakan. Data yang diperoleh dengan desain eksperimen diperoleh berdasarkan desain yang tepat, sehingga dapat sesuai dengan proses analisis yang nantinya akan diperoleh, selain itu desain eksperimen berupaya untuk memperoleh informasi yang maksimum dengan menggunakan biaya yang minimum. Menurut Brown (2019), perancang eksperimen di definisikan sebagai suatu percobaan pada sebuah proses dengan perubahan yang sengaja dilakukan

pada variabel input, sehingga kita dapat mengamati dan mengidentifikasi penyebab perubahan yang terjadi pada output proses tersebut. Fokus pada perancangan eksperimen dapat ditinjau dari dua aspek yaitu aspek *engineering* dan aspek *science*, pada aspek *engineering* perancang eksperimen melakukan tahapan aktivitas pembuatan produk yang terdiri dari formulasi dan perancangan produk baru, pengembangan proses manufaktur, dan peningkatan proses, pada aspek *science* perancang eksperimen melakukan tahapan dalam pembentukan dan perubahan aktivitas fisik dan melakukan eksperimen dengan campuran bahan kimia.

2.2.11. Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material merupakan serangkaian metode pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat fisik, mekanik, kimia, termal, maupun listrik dari suatu material. Tujuan dalam pengujian karakteristik yaitu untuk mengetahui perilaku sifat dasar material, seperti perlakuan menggunakan kekuatan tarik, kekerasan, ketangguhan, dan konduktivitas panas atau listrik. Pengujian karakteristik juga memastikan material di uji dengan standar yang sesuai dengan penggunaan ASTM (*American Standard Testing and Material*), ISO (*International Organization for Standardization*), atau JIS (*Japanese Industrial Standards*) selain itu pengujian karakteristik material juga dapat dilakukan dalam penelitian dan pengembangan untuk material baru seperti komposit, polimer ataupun keramik. Penelitian yang dilakukan yaitu dengan menggunakan sifat mekanik dengan melakukan uji tarik dengan standar ASTM. Uji tarik tersebut termasuk pada sifat mekanik dari perlakuan material dengan sifat kekuatan, sifat mekanik kekuatan (*strength*) yaitu suatu material untuk menerima tegangan yang menyebabkan material menjadi patah, berdasarkan jenis beban yang bekerja kekuatan dibagi menjadi beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung. Tahapan dalam uji tarik yaitu dengan membuka cengkaman pada grip mesin UTM (*universal testing machine*), lalu menjepit spesimen pada cengkaman tersebut, setelah itu beban ditarik secara kontinu dan konstan dengan kecepatan tertentu hingga spesimen mengalami titik patahan atau titik putusnya. Tujuan dari uji tarik ini yaitu untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum, kekuatan tarik luluh, modulus elastisitas, dan perpanjangan pada titik putusnya. Berikut merupakan gambar grafik dari pengujian tarik.



Gambar 2.6. Grafik Hasil Uji Tarik

2.2.12. Uji Normalitas

Uji Normalitas merupakan pengujian statistik yang digunakan dalam menguji asumsi distribusi normal pada data. Data pada sampel atau populasi dapat dikatakan berdistribusi normal jika nilai sampel atau populasi ada pada rata rata yang mengumpul di bagian tengah, dan mediannya berada pada batas kewajaran tertentu (Sintia dkk., 2022). Uji normalitas merupakan langkah penting yang digunakan untuk menilai suatu sampel atau populasi yang digunakan dalam penelitian berdistribusi normal atau tidak. Uji asumsi normalitas menjadi dasar dari banyak metode analisis parametrik, seperti uji-t, ANOVA, regresi linear, dan korelasi pearson. Untuk menguji suatu data berdistribusi normal terdapat beberapa pendekatan visual dan statistik yang dapat digunakan. Berikut merupakan beberapa metode umum yang digunakan untuk menguji normalitas data.

A. Histogram

Histogram merupakan salah satu metode visual yang dapat digunakan untuk menilai distribusi data. Histogram data yang berdistribusi normal akan membentuk pola seperti lonceng yang simetris (bell curve), hasil histogram yang menunjukkan bahwa distribusi data mendekati asumsi normal dapat dilihat dengan sebagian besar data yang berkumpul di sekitar rata rata yang membentuk puncak di tengah (Adi et al. 2003).

B. Q-Q Plot

Q-Q Plot merupakan metode visual yang digunakan dalam menilai normalitas data dengan membandingkan distribusi data aktual dengan distribusi normal teoritis. Pada visual Q-Q Plot data yang berdistribusi normal muncul ketika titik titik dalam Q-Q Plot membentuk garis yang lurus. Hasil dari Q-Q Plot akan menunjukkan

bahwa sebagian besar titik data berada di sepanjang garis diagonal, hal tersebut menunjukkan bahwa distribusi data mendekati distribusi yang normal.

2.2.13. Uji Homogenitas

Uji homogenitas merupakan uji statistik yang digunakan dalam menentukan varians pada sampel atau populasi dari dua data atau lebih memiliki nilai varian kelompok yang sama atau tidak (Hidayat, 2021). Uji homogenitas menjadi salah satu asumsi dasar ANOVA yang menjadi syarat bahwa varians antar kelompok harus homogen. Jika varians tidak homogen maka hasil dari ANOVA tidak mungkin valid. Pengujian uji homogenitas terdapat macam macam pengujian yang dilakukan untuk uji homogenitas yaitu sebagai berikut.

a. Uji Bartlett

Uji Bartlett dapat digunakan dalam menguji varians antar beberapa kelompok data yang memiliki nilai sama atau tidak. Uji ini cukup sensitif jika data tidak memenuhi asumsi normalitas, sehingga paling tepat digunakan ketika data dari setiap kelompok memiliki distribusi normal. Cara kerja uji Bartlett yaitu dengan menghitung statistik yang membandingkan varians di antara kelompok tersebut. Jika nilai P dari uji ini lebih kecil dari tingkat signifikansi yang ditentukan, seperti 0.05 maka menyatakan bahwa semua varian ditolak, yang berarti terdapat perbedaan antar varians yang signifikan.

b. Uji Fisher

Uji Fisher dapat disebut juga sebagai Uji Fisher F-test yang digunakan juga untuk menguji homogenitas varians. Uji ini untuk membandingkan varians dua kelompok dengan menghitung rasio varians. Statistik F yang diperoleh digunakan untuk menentukan apakah perbedaan antara dua varians tersebut signifikan. Jika rasio varians yang dihitung lebih besar dari nilai F kritis pada tingkat signifikansi tertentu, maka hipotesis nol yang menyatakan kedua varians sama ditolak. Uji ini juga rentan terhadap pelanggaran asumsi normalitas.

c. Uji Levene

Uji Levene merupakan alternatif dari uji Bartlett dan uji Fisher yang lebih kuat dalam menghadapi pelanggaran asumsi normalitas. Uji Levene juga dapat digunakan untuk mengecek apakah varians dari dua atau lebih kelompok yang sama. Uji ini menghitung deviasi dari median atau rata rata setiap kelompok dan kemudian menganalisis varians deviasi tersebut. Jika nilai P dari uji Levene lebih kecil dari tingkat signifikansi yang ditentukan, hipotesis nol yang menyatakan semua varians sama akan ditolak.

2.2.14. Uji Anova

Anova atau *Analysis of Variances* dapat digunakan untuk melakukan analisis komparasi multivariabel, selain itu juga dapat digunakan untuk membandingkan rata rata populasi. Jenis data yang tepat untuk anova adalah nominal, asumsi dasar yang harus terpenuhi dalam analisis varian yaitu :

1. kenormalan (normalitas)

Asumsi anova pada tahap dasar yang harus dipenuhi yaitu adalah uji kenormalan. Uji kenormalan dilakukan untuk melihat sampel atau populasi pada penelitian mengikuti distribusi normal sesuai dengan aturan dari pengujian statistik.

2. Kesamaan variansi (homogenitas)

Sebelum melakukan uji anova setiap kelompok hendaknya berasal dari sampel atau populasi yang sama dengan variansi yang sama pula. Jika banyaknya sampel sama pada setiap kelompok maka kesamaan variansinya dapat diabaikan, tetapi jika bila sampel pada masing masing kelompok tidak sama maka kesamaan variansi populasi sangat diperlukan.

Anova dapat digolongkan kedalam beberapa kriteria, yaitu

- A. One Way ANOVA

Anova satu arah (one way anova) digunakan ketika yang dianalisis terdiri dari satu variabel terikat dan satu variabel bebas. Interaksi ini mengacu pada hubungan antar faktor dalam mempengaruhi variabel bebas, dalam anova sebuah sampel atau populasi dapat dikatakan adanya perbedaan yang signifikan jika P value pada hasil yaitu kurang dari 0.05.

- B. Two Way ANOVA

Anova dua arah (two way anova) digunakan ketika sumber keragaman yang terjadi tidak hanya disebabkan oleh satu faktor (perlakuan), namun juga ada faktor lain yang mungkin jadi penyebab keragaman hasil juga harus diperhatikan. Faktor tersebut bisa berupa perlakuan lain yang menjadi faktor kedua untuk mengetahui pengaruh dari hasil uji anova. Tujuan dari uji anova dua arah yaitu untuk mengetahui apakah adanya pengaruh dari berbagai kriteria yang di uji terhadap hasil yang diinginkan.

2.2.15. Metode Kolmogorov-Smirnov Test

Uji statistik Kolmogorov-Smirnov merupakan suatu uji yang digunakan untuk menguji hipotesis nol yang menyatakan bahwa dua sampel bebas berasal dari populasi atau sampel yang identik dalam hal lokasi dan distribusi. Uji Kolmogorov-Smirnov atau Uji K-S membandingkan distribusi kumulatif dan sampel dengan

distribusi kumulatif dari distribusi teoritis yaitu dengan mengukur jarak maksimum antara dua fungsi distribusi kumulatif. Kekurangan dari Uji K-S adalah kurang sensitif di ekor distribusi, dan kurang akurat untuk sampel kecil jika parameter distribusi tidak diketahui, uji K-S biasanya digunakan pada sampel $n > 50$, kelebihan dari uji ini yaitu non-parametrik, sehingga tidak memerlukan asumsi bentuk distribusi, dan dapat digunakan untuk distribusi selain normal.

2.2.16. Metode Shapiro-Wilk Test

Uji statistik metode Shapiro-Wilk dikembangkan oleh Samuel Shapiro dan Martin Wilk pada tahun 1965. Uji Shapiro Wilk digunakan dalam menguji pada suatu sampel berasal dari distribusi normal, uji ini sangat sensitif dalam mendeteksi deviasi dari normalitas, terutama pada ukuran sampel kecil hingga sedang yaitu $n < 50$. Kelebihan dari uji statistik ini yaitu sangat sensitif untuk ukuran sampel kecil dan lebih kuat daripada uji K-S dalam menguji normalitas.

2.2.17. Metode Liliefors Test

Uji Liliefors di desain untuk menaksir distribusi normal ketika satu atau kedua dari parameter sampel atau populasi. Liliefors test merupakan modifikasi dari uji K-S yang diperkenalkan untuk mengatasi kelemahan uji K-S ketika mean dan standar deviasi dari sampel atau populasi tidak diketahui dan harus diestimasi dari sampel. Kegunaan uji ini yaitu ketika ingin menguji normalitas tetapi parameter populasi atau sampel dari rata rata dan standar deviasi tidak diketahui, kegunaan lainnya yaitu cocok untuk data dengan ukuran kecil hingga sedang.

2.2.18. Metode Anderson-Darling Test

Uji Anderson-Darling merupakan uji statistik yang termasuk dalam kategori fungsi distribusi empiris. Uji ini mengukur seberapa baik data mengikuti distribusi normal, dengan memberikan bobot lebih besar pada ekor distribusi. Uji ini menjadikannya lebih sensitif terhadap deviasi di ekor dibandingkan dengan uji lainnya seperti uji K-S. Kelebihan dari uji ini yaitu lebih sensitif terhadap ketidaksesuaian pada ekor distribusi, dan umumnya lebih kuat daripada uji K-S untuk mendeteksi non normalitas.