

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Nanas merupakan salah satu buah tropis yang mudah dijumpai di Indonesia. Produksi nanas berdasarkan Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura mencatatkan setiap tahunnya mengalami kenaikan. Pada tahun 2021, untuk provinsi Jawa Barat mencatatkan produksi sebesar 2.761.953 kuintal, jumlah tersebut meningkat 10% dari tahun 2020. Daerah dengan produksi nanas terbesar di provinsi Jawa Barat adalah Kabupaten Subang dengan nilai produksi sebesar 2.703.299 kuintal.

Pada saat musim panen, umumnya petani hanya memanfaatkan buah nanas sebagai sumber penghasilan. Proses pemanenan tersebut menghasilkan limbah daun nanas yang belum banyak dimanfaatkan oleh para petani. Satu batang pohon nanas dapat menghasilkan limbah daun nanas antara 2-3 kilogram, dan dengan jarak tanaman 1 meter maka setiap 100 meter persegi dapat menghasilkan limbah sebesar 200-300 kg dan untuk lahan satu hektar limbah yang dihasilkan dapat mencapai 30 ton (Dwiastuti, 2010).

Limbah daun nanas dapat diolah menjadi serat yang memiliki nilai jual. Pemanfaatan ini belum banyak dilakukan karena keterbatasan alat, fungsi dan juga permintaan pasar. Serat nanas dapat diolah menjadi benang, kain, tambang, maupun kerajinan. Proses pembuatan serat menjadi produk tenunan membutuhkan waktu yang lama, sehingga pada penelitian ini pemanfaatan yang dilakukan adalah dengan membuat produk *non woven*.

Non woven umumnya menggunakan serat sintetis yang memiliki daya tahan tinggi dan sulit terurai. Namun, serat alam kerap digunakan untuk menghasilkan sifat tertentu pada *non woven*. Pemanfaatan serat alam yang mudah terurai membuat *non woven* yang dihasilkan lebih ramah lingkungan, meskipun hanya dapat diterapkan untuk penggunaan dalam waktu singkat. Terdapat banyak metode yang dapat dilakukan untuk membuat *non woven* salah satunya dengan cara *thermal bonding*.

Dari permasalahan tersebut, maka dibuatlah skripsi berjudul :

“STUDI PEMBUATAN *NON WOVEN* BERBAHAN DASAR SERAT DAUN NANAS DAN *POLYESTER LOW MELT* DENGAN METODE *THERMAL BONDING*”.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Seperti apa hasil pengujian kain *non woven* terhadap pengujian gramasi, ketebalan, kekuatan tarik dan kekuatan sobek ?
2. Apa pengaruh variasi presentase komposisi yang dilakukan terhadap karakteristik *non woven*?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk membuat *non woven* berbahan dasar serat daun nanas dengan metode *thermal bonding*.

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui karakteristik *non woven* dari variasi yang dilakukan terhadap pengujian yang dilakukan.
2. Mengetahui potensi pemanfaatan serat daun nanas sebagai alternatif tekstil.

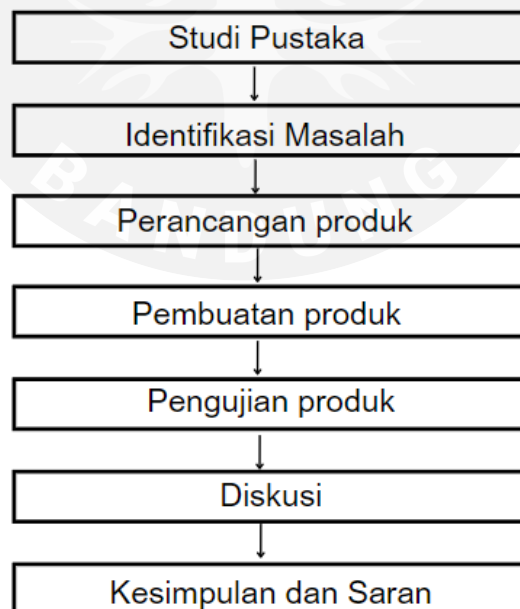
1.4 Kerangka Pemikiran

Pembuatan *non woven* dengan bahan utama serat daun nanas meliputi banyak alur proses. Limbah daun nanas terlebih dahulu diubah menjadi serat melalui proses dekortikasi. Selain itu, proses pembuatan serat nanas dapat menggunakan metode perendaman dengan bahan kimia (Dwiastuti, 2010), namun membutuhkan waktu yang lama sehingga tidak efektif.

Pembuatan *non woven* dengan metode *thermal bonding* menggunakan material pengikat berupa serat *thermoplastic*. Serat yang digunakan sebagai material pengikat adalah *polyester low melt* yang memiliki titik leleh lebih rendah dari poliester pada umumnya. Pembuatan *non woven* akan divariasikan antar serat penyusunnya. Variasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan komposisi 80/20, 70/30 dan 60/40 antara serat daun nenas dan *polyester low melt*. Orientasi arah serat yang digunakan adalah orientasi acak. Berdasarkan variasi yang akan dilakukan, dapat ditarik hipotesis bahwa *non woven* yang akan dibuat memiliki sifat kuat, mulur tinggi, dan berrongga. *Non woven* dengan variasi 80/20 akan memiliki nilai kekuatan tarik dan sobek lebih rendah karena penggunaan bahan pengikat yang lebih sedikit, sehingga serat tidak dapat berikatan dengan baik. Sedangkan *non woven* dengan variasi 60/40 akan memiliki kekuatan tarik dan sobek paling tinggi karena penggunaan material pengikat lebih banyak, sehingga serat dapat berikatan dengan baik.

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian yang dilakukan adalah dengan metode eksperimental dengan tujuan untuk mengetahui kemungkinan hubungan sebab akibat dengan melakukan kendali.



Gambar 1.1 *Flowchart* Metodologi Penelitian

Keterangan :

1. Studi Pustaka : Menghimpun informasi yang berkaitan dengan suatu objek dengan maksud mempermudah penelitian, informasi dapat diperoleh dari buku, skripsi-skripsi terdahulu, jurnal ilmiah dan sumber-sumber lainnya.
2. Identifikasi Masalah : Tahap awal dalam penguasaan masalah yang kemungkinan bisa diselesaikan dalam penelitian.
3. Perancangan Produk : Proses mempersiapkan segala bahan baku, metode dan keperluan lain untuk membuat produk.
4. Pembuatan Produk : Proses pembuatan dengan metode yang telah ditetapkan.
5. Pengujian Produk : Proses pengujian untuk mengetahui karakteristik produk dan tingkat keberhasilan produk.
6. Diskusi : membahas hasil penelitian dan membandingkan hasil variabel yang dilakukan.
7. Kesimpulan dan Saran : Memberikan kesimpulan dan saran secara menyeluruh berdasarkan penelitian.

1.6 Batasan Penelitian

1. Pengujian yang dilakukan hanya pengujian gramasi, ketebalan, kekuatan tarik dan kekuatan sobek terhadap kain *non woven* berbahan dasar serat nanas.
2. Variasi yang digunakan hanya persentase komposisi antara serat penyusunnya .
3. Perbandingan komposisi yang digunakan 60:40, 70:30, 80:20 antara serat daun nanas dan *polyester low melt* dengan total berat ditentukan sebesar 40 gram.
4. Variabel tetap pada pembuatan *non woven* adalah :
 - Berat total : 40 gram
 - Suhu : 140°C
 - Tekanan : 10 psi
 - Luas bidang : 30 x 30 cm
 - Waktu penekanan : 60 detik

1.7 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di Politeknik STTT Bandung yang berlokasi di jalan Jakarta no. 31, Kebonwaru, Kecamatan Batununggal, Kota Bandung dan Balai Besar Tekstil yang berlokasi di Jalan Jendral Ahmad Yani no 390 Bandung.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Klasifikasi Tanaman Nanas

2.1.1 Tanaman Nanas

Nanas atau dalam bahasa latin disebut *anas cosmosus* merupakan buah tropis yang telah tersebar luas di seluruh dunia. Di Indonesia, buah nanas dibudidaya baik pada dataran rendah maupun dataran tinggi. Daerah penghasil nanas yang terkenal di Indonesia adalah Subang, Bogor, Palembang, Riau dan Blitar (Rahmat, 2018).

Tanaman nanas terdiri dari bagian akar, batang, daun, tangkai buah, buah, mahkota dan anakan. Tanaman nanas dapat dipanen secara bertahap hingga tiga kali. Panen pertama sebanyak 25%, kedua 50%, dan ketiga 25% dari jumlah yang ada. Tanaman yang sudah berumur 4-5 tahun perlu diremajakan karena pertumbuhannya lambat dan buahnya kecil (Ardiansyah, 2010). Setelah tahap pemanenan, daun nanas harus dipotong agar tangkai buah baru dapat tumbuh.

2.1.2 Serat Daun Nanas

Serat daun nanas adalah salah satu jenis serat yang berasal dari tumbuhan yang diperoleh dari daun-daun nanas . Bentuk daun nanas menyerupai pedang yang meruncing pada ujungnya. Daun nanas berwarna hijau kehitaman. Daun nanas memiliki karakteristik agak kaku, berserat, tidak memiliki tulang daun serta memiliki duri di bagian sisinya. Panjang daun nanas berkisar antara 55-75 cm dengan lebar 3 sampai 5 cm dan tebal 0,18 sampai 0,27 cm tergantung pada variasi jenisnya. Daun muda tumbuh lebih panjang diatas daun tua. Pertumbuhan Panjang daun juga dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari dan jarak tanam antar tanaman. Dalam satu batang tanaman nanas jumlah daunnya dapat mencapai 40-80 helai (Hidayat, 2008).

Tabel 2. 1 Karakteristik daun nanas berdasarkan varietas

Varietas nanas	Karakteristik fisik daun nanas		
	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)
Assam local	75	4,7	0,21
Cayenalisa	55	4,0	0,21

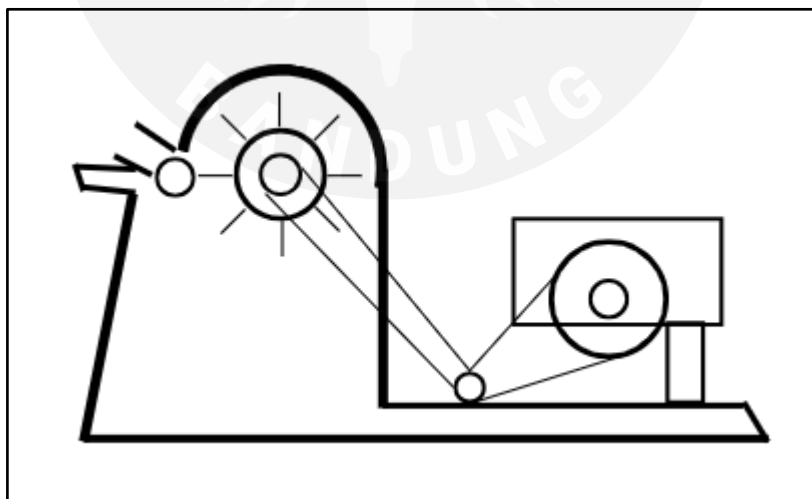
Tabel 2. 1 Karakteristik daun nanas berdasarkan varietas (lanjutan)

Kallara local	56	3,3	0,22
Kew	73	5,2	0,25
Mauritius	55	5,3	0,18
Pulimath local	68	3,4	0,27
Smooth cayenne	58	4,7	0,21
Valera moranda	65	3,9	0,23

Sumber : (Pratikno Hidayat, 2008) jurnal teknoin vol.3 no. 2, teknologi pemanfaatan serat daun nanas sebagai alternatif bahan baku tekstil.

2.1.3 Dekortikasi Daun Nanas

Dekortikasi adalah proses pemisahan serat yang berasal dari daun maupun batang sehingga terpisah dari bahan penyusun lainnya. Proses ekstraksi serat nanas dilakukan dengan metode dekortikasi menggunakan alat yang disebut mesin dekortikator. Mesin dekortikator terdiri dari suatu silinder atau drum yang berputar dengan dilengkapi pisau pemukul. Pisau pemukul berupa plat besi yang berjumlah 8- 12 buah. Putaran pisau pemukul dan roll pembesut berfungsi untuk mengekstraksi daun nanas menjadi serat. Sumber energi yang digunakan dapat berasal dari energi listrik maupun dari bensin tergantung tipe mesin.



Gambar 2. 1 Skema mesin dekortikator

2.1.4 Sifat-Sifat Serat Daun Nanas

Menurut (Hidayat, 2008), serat daun nanas memiliki komposisi kimia meliputi selulosa sebesar 69,5% - 71,5%, lignin sebesar 4,4% - 4,7%, pektin sebesar 1,0% - 1,2%, pentosan sebesar 17,0% - 17,8%, kadar abu 0,71% - 0,87%, dan kadar lemak dan wax sebesar 3,0% - 3,9%. Kadar lignin dalam serat mempengaruhi sifat fleksibilitas serat. Tingkat kadar lignin yang tinggi membuat fleksibilitas seratnya rendah dan sebaliknya. Kadar lignin yang relatif rendah membuat serat nanas memiliki sifat fleksibilitas yang tinggi. Selain itu, serat nanas memiliki kemampuan serap air yang baik.

Serat daun nanas memiliki berat jenis yang hampir sama dengan serat alam lainnya seperti rami dan *flax*. Beberapa sifat fisik dari serat nanas adalah kekuatan tarik, mulur, dan modulus young. Perbandingan sifat fisik serat nanas dengan serat alami lain dapat dilihat pada tabel dibawah :

Tabel 2. 2 Sifat mekanis serat alam

Serat	Densitas (g/cm ³)	Elongasi (%)	Kekuatan tarik (MPa)	Modulus young (GPa)
Nanas	1,44	2,5 - 3,5	400 – 1000	34 – 82
Flax	1,5	2,7 - 3,5	345 – 1035	27,6
Jute	1,3	1,5 - 1,8	393 – 773	26,5
Rami	1,45	3,6 - 3,8	400 – 938	61,4 – 128
Abaka	1,35	0,25 – 1,0	500 – 700	7,7 – 20,8
Sabut kelapa	1,51	1,5 – 1,8	680 – 1245	-

Sumber : (Eriningsih dkk, 2014) jurnal pembuatan dan karakterisasi peredam suara dari bahan baku serat alam.

2.2 Serat *Polyester Low Melt*

polyester low melt merupakan salah satu variasi dari serat poliester yang mampu meleleh pada rentang suhu 110-180°C. Serat ini memiliki struktur yang berbeda dari poliester umumnya. Serat *polyester low melt* memiliki struktur inti selubung yang tersusun dari poliester biasa dan poliester yang telah dimodifikasi (Fahrurroji, 2020). Serat ini berfungsi untuk mengikat serat nanas pada saat proses *thermal*

bonding dengan menggunakan mesin *hot press*. Serat *polyester* ini memiliki massa jenis sebesar 1,215 g/cm³.

2.3 Non Woven

Selain pertenunan dan perajutan, proses pembuatan kain dapat dilakukan dengan menggunakan *non woven*. Penggunaan istilah *non woven* dikenalkan di Amerika pada tahun 1942 ketika memproduksi kain dengan merekatkan serat-serat *Non woven* umumnya diproduksi dengan serat buatan, hampir 90% diproduksi dengan bahan baku serat buatan seperti *polyester* (63%), *polypropylene* (23%), *acrylic* (2%) dan poliamida (1.5%). (Russell, 2007)

Menurut EDANA (*the European disposable and non woven association*) *non woven* adalah manufaktur yang berbentuk lembaran atau jaring yang sejajar atau berorientasi acak yang terikat akibat adanya friksi dan atau kohesi dan atau adhesi. Tetapi ada material yang dikecualikan dari definisi tersebut seperti kertas, produk hasil tenunan, rajutan dan jahitan (Russel, 2007).

Menurut INDA (*North America Association of The Non Woven Fabrics Industry*) *non woven* adalah lembaran atau jaring yang tersusun akibat adanya ikatan yang menjerat antara serat dan filamen dengan melalui beberapa proses mekanik, thermal atau kimia.

Teknologi dalam metode pembuatan *non woven* sangat beragam. Tiap metode memberikan hasil yang memiliki karakteristik yang berbeda. Awalnya, pembuatan *non woven* dibuat dengan membentuk *web* dari serat untuk kemudian diikat secara mekanis, thermal maupun kimiawi. Kemudian, muncul inovasi metode sehingga pembuatan *non woven* dapat dilakukan melalui ekstraksi serat seperti metode *spun bonded*. Beberapa metode pembuatan *non woven* yang ada diantaranya *paper technology, extraction, web manipulation, bonding, dan finishing*. Adapun gambaran terkait metode dapat dilihat pada gambar 2. 2.

Paper technology Fibres 2–15 mm		Nonwovens Textile technology Fibres 10–200 mm Web forming					Extrusion technology Filaments			
Wetlay	Airlay	Garnetts	Woollen cards	Cotton cards	Hybrid cards	Airlay cards	Melt blown	Spun laid	Flash spun	Fibrillated film
				Web manipulation						
		Cross-laying	Drafting	Spreading	Scrambling		Crimping			
				Bonding						
Adhesive	Heat		Needlepunching		Hydroentangling		Stitch bonding		Ultrasonics	
Calender/mangle Spray Foam Powder	Melt fibre (monofibre or bi-component) Powder Calender (plain or embossed) Oven (drum or lattice)		Tacking Plain needling Multi-directional needling Textured needling		(Spunlace)		With or without yarn			
				Finishing						
	Singeing		Coating	Printing	Embossing		Laminating			

Sumber : *Handbook of Non Wovens*, 2007

Gambar 2. 2 Teknologi pembuatan *non woven*

Secara umum, *non woven* dibagi menjadi 3 kategori yaitu *drylaid*, *wetlaid* dan *polimer-laid*. Bahan material untuk *drylaid* berasal dari bahan tekstil, *wetlaid* berasal dari bahan sejenis kertas dan produk polimer-laid berasal dari ekstruksi polimer dan plastik.

2.3.1 *Drylaid Non Woven*

Drylaid merupakan proses yang didapat dari teknik *carding* atau gerai udara yang kemudian berikatan dengan metode mekanik, kimiawi maupun thermal. Contoh metode tersebut adalah *needlepunching*, *hydroentanglement*, *stitch bonding*, *thermal bonding* dan *chemical bonding*. Pada teknik *carding*, *non woven* terbuat dari potongan serat dengan panjang berkisar 3-6 cm. serat yang terlalu pendek tidak dapat diproses secara maksimal. Produksi dimulai dengan mencampurkan serat yang berbeda sesuai dengan formula yang dibutuhkan kemudian dimasukkan dalam mesin *carding*. Prinsip kerjanya dengan meletakkan serat diatas gulungan silinder besar dari rol penyuaap. Untuk memastikan pencampuran merata, serat dipindahkan dan diletakkan beberapa kali dari /ke gulungan silinder dengan menggunakan gulungan pekerja dan *stripper*. Serat yang terdispersi dengan baik dikeluarkan dari gulungan oleh *doffer* dan disimpan dalam beberapa lapisan ke *conveyor belt*.

Pada proses *airlaid*, dapat menggunakan serat yang sangat pendek. Serat dialirkan menggunakan udara ke dalam ruang pembentukan *web* sehingga membentuk lembaran jaring dengan orientasi acak.

2.3.2 Pembentukan Jaring

Dalam semua proses pembentukan *non woven*, baik serat maupun filamen diletakkan pada suatu permukaan sehingga membentuk jaring dan diteruskan ke permukaan konveyor. Proses ini dapat berada pada kondisi kering, basah, atau leleh. Pembentukan jaring mengkonversi serat stapel maupun filamen menjadi lembaran 2 dimensi (jaring) atau 3 dimensi (batt) yang menjadi bahan awal untuk hasil akhir kain. Struktur dan komposisi dari serat mempengaruhi dimensi, struktur dan sifat pada hasil akhir kain.

2.3.3 Pengikatan Jaring

Proses pengikatan *non woven* dapat secara mekanis, kimiawi atau *thermal*. Ikatan hidrogen merupakan hal penting dalam pengikatan jaring selulosa. Suhu pada pengikatan merupakan faktor utama dalam menentukan sifat mekanik kain, porositas, fleksibilitas, kehalusan dan densitas. Penggabungan secara mekanis meliputi *needlepunching*, *stitch bonding* dan *hydroentangling*. Pengikatan dengan metode kimiawi meliputi penggunaan perekat untuk membuat jaring dengan cara menjenuhkan, penyemprotan, pencetakan atau dengan busa. Pengikatan secara *thermal* melibatkan panas dan tekanan untuk memberikan permukaan halus serta meleburkan serat menjadi satu.

2.4 Pengujian Non Woven

2.4.1 Uji Gramasi

Gramasi adalah berat kain dalam gram per tiap luas 1 persegi. Gramasi dipengaruhi oleh komposisi penyusun kain. Jumlah komposisi yang tinggi menghasilkan gramasi yang tinggi dan sebaliknya. Berat jenis dari bahan penyusun juga berpengaruh pada gramasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel berukuran 10 x 10 cm dan ditimbang menggunakan neraca analitik.

2.4.2 Uji Ketebalan Kain

Ketebalan kain merupakan variabel penting dalam menentukan kekakuan kain, kelangkaan dan kenyamanan saat digunakan. Ketebalan berbanding lurus dengan gramasi. Alat yang digunakan untuk menguji ketebalan kain adalah *thickness tester*.

2.4.3 Uji Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik atau *tensile strength* adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu beban ketika diregangkan atau ditarik sebelum bahan tersebut patah. Metode yang digunakan untuk pengujian kekuatan tarik menggunakan cara cekau. Cara cekau digunakan untuk kain yang dilapisi atau sulit diurai. Sampel kain yang diuji berukuran 10 x 20 cm. Prinsip pengujian cara cekau adalah dengan pemberian suatu gaya yang dibutuhkan untuk menarik sampel uji yang dijepit pada dua buah *clamp* dengan jarak tertentu pada alat uji tarik dengan kecepatan penarikan yang konstan. Jarak antar *clamp* yang digunakan sebesar 7,5 cm. Kertas grafik kemudian mencatatkan hasil gaya yang dibutuhkan. Alat yang digunakan untuk melakukan uji kekuatan tarik adalah dinamometer.

2.4.4 Uji Kekuatan Sobek

Pengujian kekuatan sobek adalah menguji daya tahan kain terhadap sobekan. Pengujian kekuatan sobek kain sangat diperlukan untuk kain-kain militer seperti kain untuk kapal terbang, payung udara, dan tidak kalah pentingnya juga untuk kain sandang (Hitariat, et al., 2005). Pengujian kekuatan sobek dapat dilakukan dengan 3 cara yaitu cara trapesium, cara lidah dan cara elemendorf. Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan cara trapesium.

2.5 Thermal Bonding

Menurut (Reed,1942) *thermal bonding* adalah suatu proses pembentukan jaring yang terdiri dari serat *thermoplastic* dan *non-thermoplastic* yang dipanaskan hingga mencapai titik leleh serat *thermoplastic* diikuti pendinginan sehingga menyebabkan pengerasan pada area *bonding*.

Material *thermoplastic* pada thermal bonding dapat berupa serat, serbuk, kaca film, atau jaring untuk mengikat serat. Panas diaplikasikan hingga serat *thermoplastic* meleleh yang kemudian mengisi ruang-ruang antar serat karena diakibatkan tekanan permukaan pada area pengikatan. Kelebihan dari metode ini adalah :

- Produk yang dihasilkan relatif lembut
- Hemat biaya jika dibandingkan dengan metode kimiawi karena penggunaan energi yang lebih sedikit dan biaya mesin yang lebih murah.
- Dapat memproduksi produk dalam jumlah besar secara seragam.

Dalam proses *thermal bonding*, serat yang digunakan diklasifikasi menjadi 2 bagian, yaitu :

- Serat dasar/ serat utama

Bahan dasar serat yang digunakan berkontribusi terhadap sifat fisik, kimia dan mekanik dari kain yang dihasilkan. Bahan utama dapat memberikan pengaruh terhadap karakteristik pewarnaan, ketahanan api, kekuatan tarik, mudah terurai dan sebagainya. Umumnya yang digunakan sebagai serat utama dapat berupa serat alami, serat sintesis, dan serat mineral.

- Material pengikat

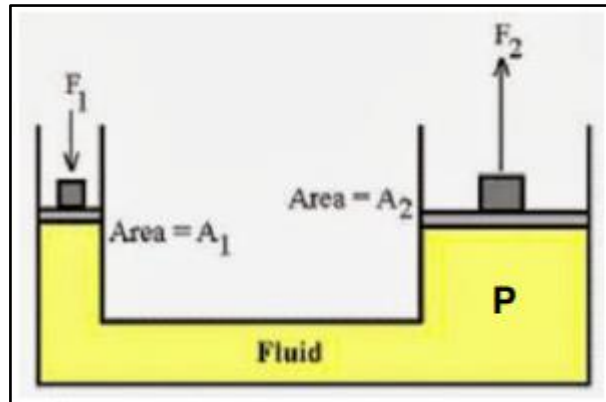
Material pengikat diproduksi dengan berbagai macam bentuk seperti serat/filamen, serbuk, kaca film, jaring *low melt* dan *hot melts*. Bentuk fisik dari material pengikat mempengaruhi persebaran sepanjang matriks serat yang mempengaruhi karakteristik kain. Jumlah material pengikat berperan penting dalam karakteristik hasil kain *non woven*. Jika material pengikat diatas 50% dari total keseluruhan bahan, kain yang dihasilkan akan seperti plastik. Material pengikat sebesar 10% membuat kain berpori, tebal, fleksibel namun memiliki kekuatan rendah.

2.6 Mesin Hot Press

Mesin *hot press* atau kempa panas merupakan salah satu alat yang dapat digunakan untuk membuat lembaran *non woven* dengan metode *thermal*. Terdapat beberapa mekanisme kerja dari mesin kempa panas, yaitu :

- Mekanisme pengepresan

Mekanisme pengepresan yang digunakan memanfaatkan sistem hidrolik. Sistem hidrolik adalah sistem pemindahan gaya dengan memanfaatkan fluida. Fluida yang digunakan umumnya berupa minyak/oli. Mekanisme cara kerja hidrolik dapat dilihat pada gambar 2. 3.



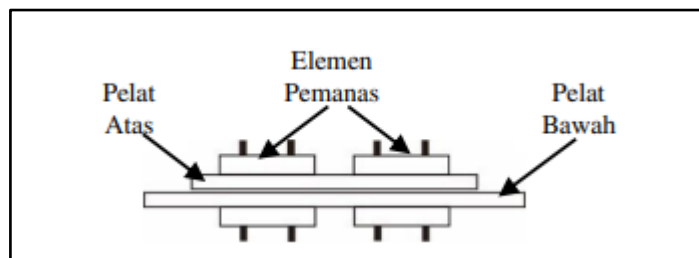
Sumber : (Widodo dkk, 2019) Peningkatan kualitas komposit serat limbah pemintalan kapas melalui proses pengepresan menggunakan prototipe mesin kempa panas (*hot press*).

Gambar 2. 3 Skema mekanisme hidrolik

Prinsip dasar sistem hidrolik berasal dari hukum pascal, dimana fluida statis memiliki sifat-sifat berikut :

- Tekanan bekerja tegak lurus dengan permukaan bidang.
 - Meneruskan tekanan ke semua arah secara merata..
 - Tekanan yang diberikan merambat secara seragam ke bagian lain.
- Mekanisme pemanasan

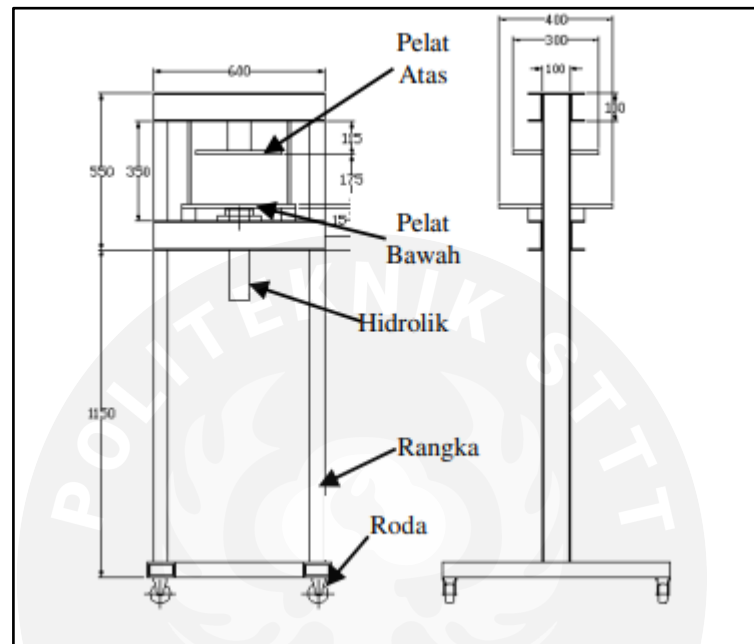
Metoda penggunaan energi listrik sebagai sumber panas melalui prinsip Joule (Joule Heating) yaitu dengan cara konversi energi listrik menjadi energi panas dan alat yang digunakan yaitu elemen pemanas. Prinsip kerja elemen panas adalah arus listrik yang mengalir pada elemen menjumpai resistansinya, sehingga menghasilkan panas pada elemen.



Sumber : (Widodo dkk, 2019) Peningkatan kualitas komposit serat limbah pemintalan kapas melalui proses pengepresan menggunakan prototipe mesin kempa panas (*hot press*).

Gambar 2. 4 Skema mekanisme pemanasan

Sistem hidrolik menggunakan hidrolik sederhana berpengerak pompa tangan, dimana gaya yang dapat diberikan hanya satu arah, maka gaya tekan yang ada pada mesin bergerak dari bawah ke atas. Sedangkan untuk mengembalikan ke posisi semula memanfaatkan gravitasi. Skema mesin *hotpress* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 2. 5.



Sumber : (Widodo dkk, 2019) Peningkatan kualitas komposit serat limbah pemintalan kapas melalui proses pengepresan menggunakan prototipe mesin kempa panas (*hot press*).

Gambar 2. 5 Skema mesin *hotpress*

2.7 Metode Statistika

Data dianalisis menggunakan *software excel* dan *software SPSS statistic 25*. Data dianalisis menggunakan uji analisis satu arah (anova) apabila data terdistribusi normal serta bersifat homogen atau uji kruskal-walis apabila data tidak terdistribusi normal atau tidak bersifat homogen.

2.7.1 Nilai Rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Keterangan rumus :

\bar{x} = nilai rata-rata

x_i = jumlah pengamatan ke-i

n = jumlah pengamatan

2.7.2 Standar Deviasi / Simpangan Baku

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Keterangan rumus :

S = standar deviasi

\bar{x} = nilai rata-rata

x_i = jumlah pengamatan ke-i

n = jumlah pengamatan

2.7.3 Koefisien Variasi

$$cv = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan rumus :

CV = koefisien variasi

S = simpangan baku

\bar{x} = nilai rata-rata

2.7.4 Analisis Satu Arah (ANOVA)

Menurut (sudjana, 2005) pengolahan data dengan metoda statistik diperlukan untuk menunjang dalam membantu mengambil kesimpulan. Analisis varians satu arah digunakan untuk membandingkan buah rata-rata populasi dengan memperyimbangkan satu variabel. Untuk melakukan uji anova, data yang diperoleh harus memenuhi persyaratan analisis data. Persyaratan analisis data tersebut yaitu uji normalitas dan uji homogenitas.

1) Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan untuk mengetahui persebaran data yang diperoleh apakah terdistribusi normal atau tidak terdistribusi normal. Ketentuan nilai signifikasinya sebagai berikut :

- Nilai sig. < 0,05 maka data tidak terdistribusi normal.
- Nilai sig. > 0,05 maka data terdistribusi normal.

2) Uji Homogenitas

Menurut (Hidayati, 2019) uji homogenitas dilakukan untuk mengetahui jenis data yang diuji apakah bersifat homogen atau tidak. Ketentuan nilai signifikasi untuk uji homogenitas adalah seperti berikut :

- Nilai sig. < 0,05 maka data tidak bersifat homogen.
- Nilai sig. > 0,05 maka data bersifat homogen.

3) Anova

Jika data yang diperoleh telah memenuhi syarat analisis data maka pengujian anova dapat dilakukan. Ketentuan nilai signifikasi untuk uji anova adalah seperti berikut :

- Nilai sig. < 0,05 maka data memiliki perbedaan signifikan.
- Nilai sig. > 0,05 maka data tidak memiliki perbedaan signifikan.

Apabila data yang diperoleh tidak memenuhi salah satu syarat analisis data, maka pengujian dilakukan dengan metoda Kruskal-walis.

2.7.5 Kruskal-Walis

Uji Kruskal-walis merupakan uji non parametrik yang digunakan untuk menguji signifikansi perbedaan antara kelompok variabel independen dengan variabel dependen. Uji Kruskal-walis digunakan sebagai alternatif ketika pengujian anova tidak dapat dilakukan. Ketentuan nilai dari pengujiannya seperti berikut :

- Nilai Asymp.sig < 0,05 maka data memiliki perbedaan signifikan.
- Nilai Asymp.sig > 0,05 maka data tidak memiliki perbedaan signifikan.

