

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian

Penelitian mengenai studi pengaruh *fuzziness* kain rajut terhadap perilaku aerodinamika untuk penggunaan pakaian olahraga aktif dilakukan dengan metode penelitian kuantitatif. Pada pelaksanaan metode penelitian ini, penelitian berfokus pada penggunaan angka, grafik, tabel, serta diagram untuk menampilkan hasil data atau informasi yang diperoleh dari hasil pemodelan komputasi dan validasi eksperimen.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kenyamanan Tekstil dan Tekstil Cerdas - Politeknik STTT Bandung, Laboratorium Evaluasi Tekstil - Politeknik STTT Bandung, Laboratorium Evaluasi Kimia - Politeknik STTT Bandung dan Laboratorium Pencapan - Politeknik STTT Bandung. Adapun untuk analisa sifat aerodinamika, telah dibuat sebuah terowongan angin sesuai dengan tinjauan literatur.

Penelitian ini dilaksanakan dengan tahapan di bawah ini (Gambar III.3) :

Studi Literatur

Sudi literatur dilakukan dengan mengumpulkan informasi terkait penelitian pada jurnal-jurnal penelitian yang relevan, buku, dan media internet (halaman *website*).

Pemilihan Serat

Serat yang digunakan pada penelitian ini adalah serat 100% Poliester dan 100% Poliamida, serat poliester dan poliamida dipilih dikarenakan serat-serat tersebut merupakan serat yang biasa digunakan untuk penggunaan aktif pakaian olahraga dikarenakan karakteristik atau sifatnya yang sesuai untuk penggunaan aktif pakaian olahraga. Poliester dan Poliamida memiliki kemampuan menyerap air yang lebih rendah daripada katun, tetapi masih dapat memindahkan kelembaban dengan cepat dari dalam keluar kain (Chaudhari, dkk 2004).

Pemilihan Benang

Benang yang digunakan pada penelitian ini adalah benang 100% Poliester Spun dan 100% Poliamida dengan struktur benang yang berbeda-beda yaitu : *Fully Oriented Yarn*, *Air Textured Yarn*, *Drawn Textured Yarn* dan *Filament Twisted Yarn*. Pemilihan benang diusahakan memiliki kehalusan yang serupa. Penggunaan benang poliester spun pada penelitian ini digunakan sebagai pembanding dan pengukur terhadap sifat aerodinamika dari benang poliamida filamen serta sebagai pembanding pada penelitian yang sudah dilakukan oleh Bardal (2013).

Pemilihan konstruksi kain

Konstruksi kain rajut pakan dipilih sebagai konstruksi kain yang digunakan pada penelitian ini. Konstruksi kain rajut dipilih dikarenakan konstruksi rajut adalah konstruksi/jenis kain terbaik ketika berbicara mengenai pakaian olahraga. Ishtiaque (2000) menjelaskan lebih lanjut bahwa kain rajut memiliki elastisitas yang lebih besar dan kemampuan meregang yang lebih baik jika dibandingkan dengan kain tenun, sehingga memberikan efek kebebasan dalam bergerak dan transmisi uap tubuh ke lapisan berikutnya pada sistem pakaian.

Pengujian sifat fisik benang

Pengujian sifat fisik benang yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian nomor benang. Pengujian nomor benang dilakukan sesuai dengan SNI 08-0268-1989. Pengujian nomor benang ini dilaksanakan untuk mengetahui perbedaan dari kehalusan benang-benang yang digunakan, yang nantinya akan berguna sebagai kunci dalam pembuatan kain sampel.

Pembuatan kain sampel

Pembuatan kain rajut pakan sebagai kain sampel dilakukan dengan menggunakan struktur *plain* atau *single jersey* pada mesin rajut bundar. Kain sampel dibuat dengan mempertimbangkan kesamaan nilai porositas optik kain pada jenis bahan baku benang yang digunakan.

Scouring dan preparasi kain sampel

Scouring dan preparasi sampel dilakukan dengan menggunakan standar SNI 08-0274-1999. Proses *scouring* dilakukan untuk menghilangkan kotoran dan oli yang dihasilkan pada proses pembuatan kain.

Pemantapan panas kain sampel

Proses pemantapan panas perlu dilakukan pada kain sampel dengan tujuan agar dimensi kain rajut tidak berubah sehingga kesamaan porositas optik pada kain sampel dapat tercapai.

Pengujian sifat fisik kain sampel

Pengujian sifat fisik yang dilakukan pada kain sampel meliputi, ketebalan kain (mm), porositas optik (%), *fuzziness* pada kain dengan mengukur derajat *fuzzy* dan tinggi relatif *fuzzy*.

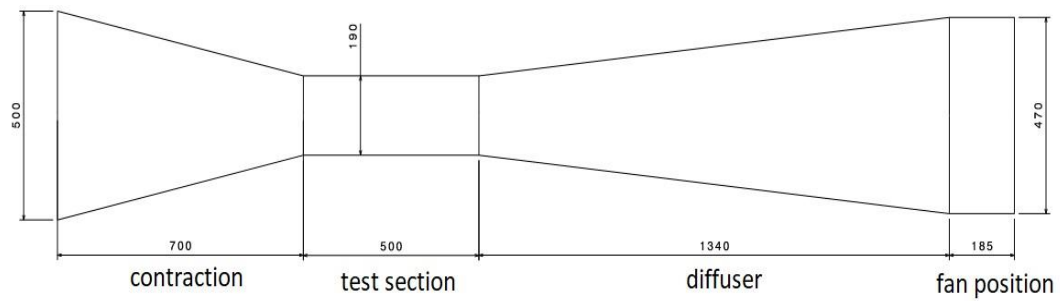
Pembuatan Terowongan Angin

Pembuatan Alat *aerodynamic drag test* atau terowongan angin perlu dilakukan, mengingat belum terdapat alat yang sudah *reliable* dalam penggunaannya untuk pengujian sifat aerodinamika pada tekstil di Indonesia. Desain terowongan angin didasarkan pada karakteristik utama yang hendak diperoleh pada bagian *test section*, yang meliputi dimensi, bentuk dan kecepatan aliran angin yang ingin diraih. Terowongan angin terdiri dari 3 bagian yaitu *contraction cone*, *test section* dan *diffuser*.

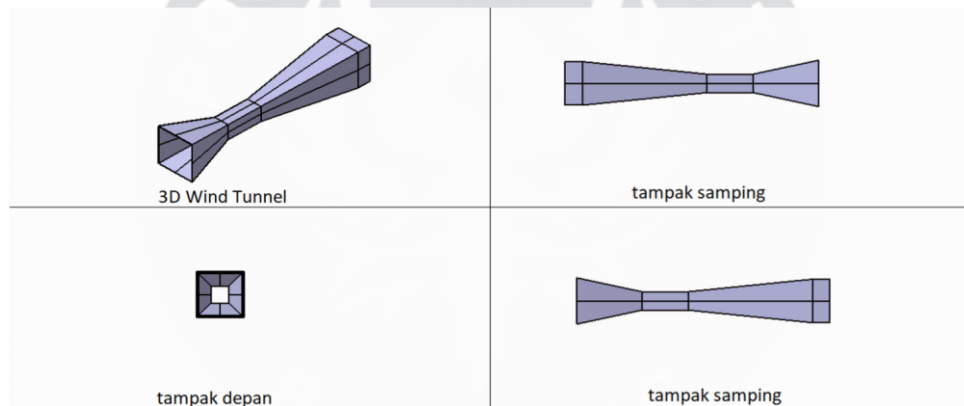
Pada *contraction cone*, rasio luas inlet dan outlet *contraction cone* harus berada pada nilai 6 – 10 dan kemiringan dinding *contraction cone* berkisar antara 10° – 15° (Bell J dan Metha R, 1988). Rasio yang lebih besar dari 10 akan menjadikan dimensi inlet yang berlebihan, sedangkan rasio yang kurang dari 6 akan menyebabkan tingginya kehilangan tekanan. Pada *test section*, panjang *test section* harus dibuat sebesar 0.5 – 3 kali dari ukuran diameter *hydraulic test section* tersebut (Rae, W dan Pope A, 1984). Pembuatan panjang *test section* yang lebih dari 3 kali ukuran *hydraulic test section*

III-4

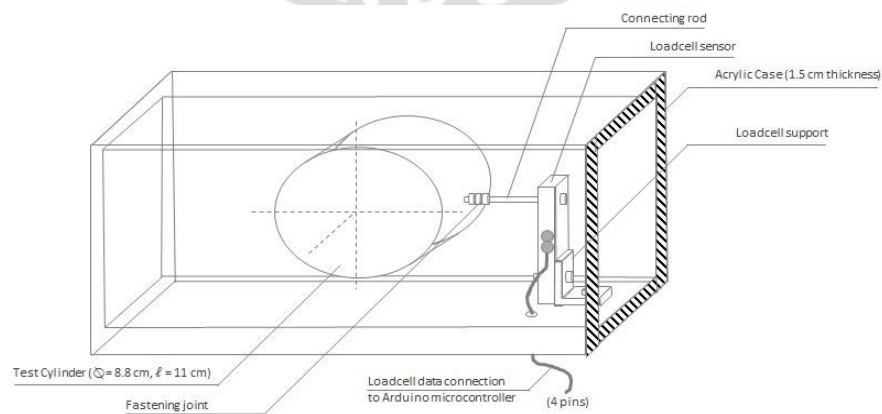
dapat meningkatkan ketebalan lapisan batas yang dapat menyebabkan separasi lapisan batas. Pada *diffuser*, rasio luas inlet dan outlet pada *diffuser* harus kurang dari 2.5 dan sudut *diffuser* harus antara $5^\circ - 7^\circ$ untuk mengontrol separasi aliran. Berikut merupakan gambar dari ukuran, desain dan bagian-bagian terowongan angin (Gambar III.1).



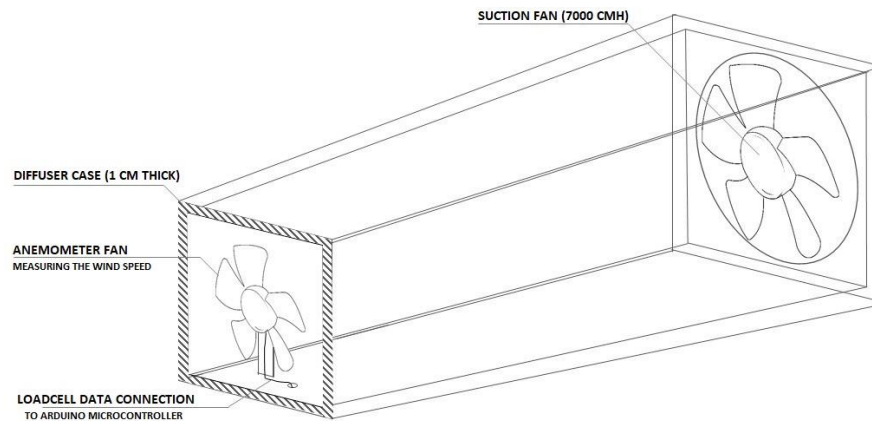
(a)



(b)



(c)



(d)

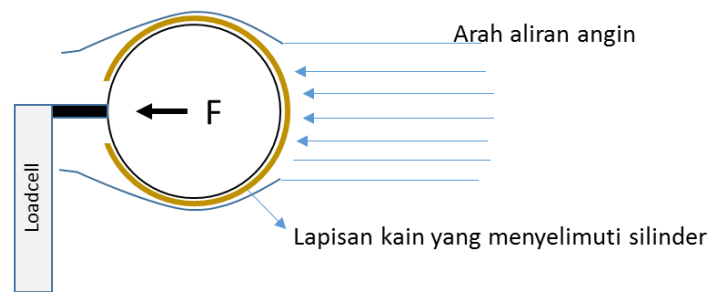
Gambar III. 1 Ukuran, desain, bagian, kenampakan dua dimensi dan tiga dimensi (a) desain dua dimensi terowongan angin dengan ukurannya (mm); (b) gambar 3 dimensi desain terowongan angin; (c) detail bagian *test section*; (d) detail bagian *diffuser*

Pada bagian *test section* dipasang *loadcell sensor* dengan kapasitas 3000 gram yang terhubung dengan perangkat mikrokontrol arduino sebagai pendeteksi gaya hambat udara. *Loadcell sensor* tersebut akan dihubungkan dengan sebuah batang penghubung, dimana batang penghubung akan dipasang model uji berbentuk sirkular silinder.

Pada bagian *diffuser*, dipasang sebuah kipas penghisap dengan kapasitas 7000 CMH. pada bagian outlet *diffuser*, serta dipasang *anemometer fan* yang terkoneksi dengan *loadcell* dan perangkat arduino sebagai pembaca kecepatan angin.

Pengujian sifat aerodinamika kain sampel

Metode yang digunakan untuk pengujian *air drag* mengadopsi metode pengujian yang dilakukan oleh berbagai peneliti (Brownlie, 1992; Konopov, dkk 2010; & oggiano, dkk 2009) Angin dihisap pada kecepatan tertentu mengenai sampel yang terpasang pada silinder dan terhubung pada *load cell* dengan kapasitas 3000 gram, kemudian gaya hambat udara (*air drag*) direkam.

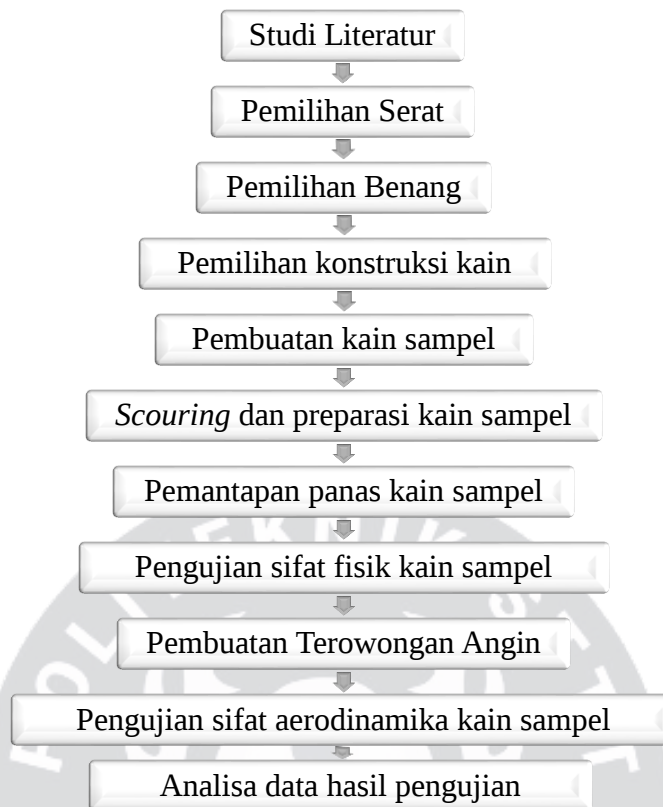


Gambar III. 2 Ilustrasi pengujian gaya hambat udara dengan metode terowongan angin

Gaya yang diterima oleh kain akibat adanya hisapan udara akan direkam oleh perangkat loadcell yang terdapat pada ujung penghubung frame silinder kain. Gaya akan diubah ke dalam bentuk sinyal elektrik oleh loadcell, yang kemudian diteruskan pada perangkat mikrokontroler. Perangkat mikrokontroler yang digunakan pada penelitian ini adalah perangkat mikrokontroler Arduino Uno. Besaran gaya hambat udara yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung nilai C_d (koefisien *drag*) pada kain sampel tersebut.

Analisa data hasil pengujian

Hasil pengujian kain sampel dianalisa berdasarkan data hasil pengujian yang diolah dengan menggunakan analisa kuantitatif dan dikomparasi sesuai dengan literatur.



Gambar III. 3 Diagram alir penelitian

III.2 Alat dan Bahan

Pada sub bab Alat dan Bahan ini, akan dijelaskan alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan kain contoh uji, pembuatan terowongan angin serta alat yang digunakan dalam pengumpulan data pada kain contoh uji yang dibuat.

III.2.1 Alat dan Bahan Pembuatan kain contoh uji

Kain contoh uji dibuat dari bahan baku benang. Detail bahan baku benang yang digunakan dalam pembuatan kain sampel terdapat pada Tabel III.1 serta alat yang digunakan pada pembuatan kain disebutkan pada sub bab III.2.1.2

III.2.1.1 Serat dan Benang

Penelitian ini menggunakan benang dari serat 100% Poliester dan 100% Poliamida. Pemilihan benang berdasarkan kehalusan benang untuk mendapatkan nilai porositas optik yang tidak berbeda secara signifikan, sehingga kehalusan benang (nomor benang) sebisa mungkin memiliki kehalusan semirip mungkin. Detail serat dan benang yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada tabel III.1.

Tabel III. 1 Detail serat dan benang

Komposisi serat (100%)	Nomor benang (Den)	Tipe Benang	Jenis Benang
Poliamida	211,51	<i>Continuous Filament</i>	<i>Fully Oriented</i>
Poliamida	212,20	<i>Continuous Filament</i>	<i>Drawn Textured</i>
Poliamida	206,65	<i>Continuous Filament</i>	<i>Textured Twisted</i>
Poliamida	199,40	<i>Continuous Filament</i>	<i>Airjet Textured</i>
Poliester	200,54	<i>Ring Spun</i>	<i>Spun</i>

III.2.1.2 Metode pembuatan sampel kain dan alat yang digunakan

Sebuah mesin rajut bundar Mesdan Lab Knitter 294E 24 Gauge dengan diameter 3.5 inci digunakan dalam pembuatan kain sampel. Bahan baku benang yang digunakan dapat dilihat pada tabel III.1. Pembuatan kain dilakukan dengan mengatur *stitch cam* sehingga laju penyuaipan benang pada jarum dapat dikontrol. Laju penyuaipan benang pada mesin divariasikan dalam rangka untuk mendapatkan porositas optik kain yang serupa.

Kain yang dihasilkan dari mesin rajut bundar tadi kemudian dilakukan proses *scouring* dalam rangka untuk menghilangkan kotoran dan oli. Sampel dicuci pada suhu 40°C selama 30 menit menggunakan detergen sintetis, kemudian diikuti dengan proses pembilasan dengan waktu yang sama dengan proses *scouring*. Setelah proses

pencucian selesai, sampel dikeringkan pada suhu 45⁰ C selama 60 menit. Proses selanjutnya adalah proses pemantapan panas dengan menggunakan mesin Ministenter Infrared. Proses pemantapan panas dilakukan dengan tujuan agar kesamaan porositas optik dapat dicapai. Proses pemantapan panas dilakukan pada suhu 170⁰ C selama 120 detik (dilakukan berulang sebanyak 4 kali setiap sampel).

III.2.2 Alat dan bahan pembuatan terowongan angin

Berikut merupakan bahan-bahan yang dibutuhkan pada pembuatan terowongan angin.

- Kaca akrilik ketebalan 1 cm
- Kayu aultiplex ketebalan 1 cm
- LC-Amp – HX711 (5 input pin; 4 output pin)
- *High Precision Load Cell Sensor* 3000 g (4 wire output)
- Analog Anemometer
- Arduino Uno
- *High Speed Axial Jet Fan* (7000 CMH)

III.2.2.1 Metode pembuatan terowongan angin

Proses pembuatan terowongan angin mengacu pada Rae, W dan Pope A (1984) dan Bell J dan Metha R (1988). Pembuatan desain terowongan angin didasarkan pada karakteristik utama yang hendak diperoleh pada bagian *test section*, yang meliputi dimensi, bentuk dan kecepatan aliran angin yang ingin diraih. Terdapat 3 jenis bagian pada terowongan angin, yaitu : *contraction*, *test section* dan *diffuser* dengan ukuran (dalam mm) sesuai dengan Gambar III.1 halaman III-4 dan III-5.

Pada *contraction cone*, rasio luas inlet/outlet *contraction cone* harus berada pada nilai 6 – 10 (Bell J dan Metha R, 1988). Rasio yang lebih besar dari 10 akan menjadikan dimensi inlet yang berlebihan, sedangkan rasio yang kurang dari 6 akan menyebabkan tingginya kehilangan tekanan. Sehingga agar mencapai rasio 6 – 10, maka untuk memenuhi rasio tersebut, luas inlet dibuat dengan luas area 250.000 mm² dan luas

outlet dibuat dengan luas area 36.100 mm². Sehingga rasio luas inlet dan outlet pada pembuatan terwongan angin ini senilai 6.92. Untuk mencapai rasio luas inlet/outlet antara 6 – 10, maka panjang *contraction cone* yang digunakan sebesar 700 mm dan kemiringan dinding *contraction cone* sebesar 12.48⁰. kemiringan dinding *contraction cone* yang dianjurkan berada pada nilai 10° – 15° (Bell J dan Metha R, 1988). Kemiringan dinding *contraction cone* dapat dihitung sesuai dengan persamaan III.1 dan III.2.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{|a_c - b_c|}{2L_c} \right) \quad (\text{III.1})$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{|0.5 - 0.19|}{2(0.7)} \right) = 12.483^{\circ} \quad (\text{III.2})$$

Nilai a_c merupakan outlet hydraulic diameter *contraction cone* (m), b_c merupakan inlet hydraulic diameter *contraction cone* (m) dan L_c merupakan panjang *contraction cone* (m).

Panjang *test section* harus dibuat sebesar 0.5 – 3 kali dari ukuran diameter hydraulic *test section* tersebut (Rae, W dan Pope A, 1984). Pembuatan panjang *test section* yang lebih dari 3 kali ukuran hydraulic *test section* dapat meningkatkan ketebalan lapisan batas yang dapat menyebabkan separasi lapisan batas. Sehingga untuk memenuhi rasio persyaratan panjang *test section*, diameter yang kita gunakan pada *hydraulic test section* adalah 190 mm, sehingga panjang *test section* yang dibuat adalah 500 mm (2,63 kali lebih panjang dari diameter hydraulic *test section*).

Pada *diffuser*, rasio luas inlet/outlet pada *diffuser* harus kurang dari 2.5 dan sudut *diffuser* harus antara 5° – 7° untuk mengontrol separasi aliran. Sehingga untuk memenuhi rasio persyaratan luas *diffuser*, luas inlet sebesar 36.100 mm² dan luas outlet sebesar 220.900 mm², sehingga rasio luas inlet/outlet sebesar 0.16. kemiringan dinding

diffuser yang digunakan pada penelitian ini adalah sebesar 5.96^0 . Kemiringan dinding *diffuser* dapat dihitung sesuai dengan persamaan III.3 dan III.4.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{|a_d - b_d|}{2L_d} \right) \quad (\text{III.3})$$

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{|0.47 - 0.19|}{2(1.34)} \right) = 5.965^0 \quad (\text{III.4})$$

Nilai a_d merupakan outlet hydraulic diameter *diffuser* (m), b_d merupakan inlet hydraulic diameter *diffuser* (m) dan L_d merupakan panjang *diffuser* (m).

Berikut detail pembuatan terowongan angin.

Proses pembuatan *contraction cone*

1. Membentuk kayu multiplex 1 cm dengan ukuran seperti pada Gambar III.1.
2. Memastikan bahwa sudut kayu multiplex pada rancangan *contraction cone* memiliki sudut 90^0 atau siku-siku.
3. Menyatukan 4 kayu yang telah dibentuk seperti pada Gambar III.1
4. Merangkai sedotan sebagai *air director* hingga mencapai ketinggian 190 mm dan panjang 100 mm. *Air director* berperan untuk meluruskan udara yang masuk ke dalam bagian *test section* agar didapatkan bentuk aliran yang laminar.
5. Memasangkan bagian *air director* pada sisi kecil dari *contraction cone*.
6. Memasangkan pengaman berupa ramset pada bagian sisi besar *contraction cone* untuk keamanan agar tidak ada benda yang mudah terhisap ke dalam terowongan angin.
7. Membentuk dan memasangkan dudukan kaki untuk bagian *contraction cone*.
8. Membentuk bingkai penghubung pada *contraction cone* untuk menyambungkannya dengan bagian *test section*.

Proses pembuatan *test section*

1. Membentuk akrilik 1 cm dengan ukuran 400 x 190 mm.

2. Melubangi 1 sisi samping akrilik dengan diameter 13 cm.
3. Menyatukan akrilik yang telah dibentuk seperti pada Gambar III.1.
4. Membentuk kayu 1 cm dengan ukuran 100 x 190 mm.
5. Menyatukan kayu dan akrilik seperti pada gambar di atas (500 x 190 mm).
6. Menempatkan silinder pada *test section*.
7. Menempatkan perangkat *load cell* dan perangkat anemometer di dalam *test section*.
Perangkat *loadcell* yang terhubung dengan silinder berperan untuk mengukur gaya hambat udara yang terjadi pada silinder pada saat proses pengujian berlangsung. Perangkat anemometer berperan untuk mengukur kecepatan aliran udara yang ada pada bagian *test section*.
8. Membentuk bingkai penghubung untuk penyambung dengan bagian terowongan angin yang lainnya.

Proses pembuatan *diffuser*

1. Membentuk kayu multiplex 1 cm dengan ukuran seperti pada gambar di atas
2. Menyatukan 4 kayu yang telah dibentuk seperti pada gambar di atas
3. Memasangkan kipas penghisap pada bagian ujung besar *diffuser*.
4. Menghubungkan kipas penghisap dengan perangkat pengatur RPM agar dapat diperoleh variasi kecepatan aliran udara pada terowongan angin.
5. Memasangkan pengaman berupa ramset pada bagian sisi kipas penghisap untuk keamanan penggunaan kipas.
6. Membentuk dan memasang dudukan kaki untuk bagian *diffuser*.
7. Membentuk bingkai penghubung untuk menyambungkannya dengan bagian yang lainnya.

Penggabungan semua bagian terowongan angin

Memasangkan baut pada setiap sambungan antar bagian pada terowongan angin, serta memastikan setiap sambungan antar bagian dan antar kaki telah terpasang dengan sempurna.

1. Menghubungkan sensor *loadcell* dan sensor anemometer pada sebuah perangkat mikrokontroler Arduino Uno.
2. Menghubungkan perangkat kipas penghisap dengan perangkat pengatur kecepatan RPM.

III.2.3 Alat-alat laboratorium yang digunakan untuk pengumpulan data dan analisa hasil

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdapat pada tabel III.2.

Tabel III. 2 Alat-alat

No	Proses	Alat
1	Karakterisasi benang	
	Pengujian nomor benang	Mesin Reeling; microbalance
2	Pembuatan kain sampel dan preparasi	
	Pembuatan kain sampel	Mesin rajut bundar Mesdan Lab Knitter 294 E, 24 Gauge, d. 3.5 inci (Single jersey)
	<i>Scouring</i> kain sampel	Mesin cuci Electrolux; Mesin pengering Hwasung
	Pemantapan panas	Mesin Ministenter Infrared
3	Pengujian kain sampel	
	Ketebalan kain	Thickness gauge
	Porositas optik	ICY open source community software for bio imaging; Wifi Digital Microscope
	<i>Fuzz level</i> dan tinggi relatif <i>fuzzy</i>	ICY open source community software for bio imaging; Wifi Digital Microscope

III.3 Metode Uji

III.3.1 Menentukan sifat fisik kain sampel

Pada penelitian ini, ketebalan kain, porositas optik, dan *fuzziness* kain merupakan struktur kain dan sifat fisik kain yang diuji.

III.3.1.1 Ketebalan kain

Ketebalan kain adalah jarak antara dua permukaan yang berlawanan dari kain (SNI 08-0274-1999). Ketebalan kain diuji sebagai jarak antara plat referensi dan kaki penekan paralel. Pengujian ketebalan dilaksanakan dengan menyiapkan pengukur ketebalan (*thickness gauge*) dengan menekan kaki paralel sehingga kaki penekan paralel terangkat, kemudian diikuti dengan memposisikan kain sampel pada plat referensi, setelah kain berada pada plat referensi, maka kaki penekan akan turun dan memberikan tekanan pada kain sampel. Kemudian membaca indikator nilai pengukurnya.

III.3.1.2 Porositas optik

Porositas optik diartikan sebagai transmitansi (%) dari cahaya tampak melalui kain (Hatch dkk 1990). Mikroskop digital akan menangkap gambar kain yang kemudian gambar mikroskopis tersebut akan diolah melalui ICY software untuk mendapatkan nilai porositas optik.

Prinsip dari porositas optik ini adalah direpresentasikan oleh celah-celah di antara benang-benang dalam kain. Cahaya dari mikroskop ini ditangkap melalui celah-celah yang dikonversikan menjadi piksel putih, dan cahaya dari mikroskop yang terhalangi oleh benang dikonversikan menjadi piksel hitam.

Prosedur penangkapan gambar mikroskopis:

- Aplikasi iWeiCamera telah terpasang pada perangkat Android.
- Menyiapkan contoh uji pada bidang datar berwarna hitam.
- Menekan tombol power untuk menghidupkan mikroskop digital.

- Menghubungkan mikroskop digital melalui WiFi Android yang telah terpasang aplikasi iWeiCamera.
- Setelah terpasang, membuka aplikasi iWeiCamera dan meletakkan contoh uji dibawah mikroskop digital.
- Menghidupkan lampu bawah pada mikroskop digital agar sampel terlihat dengan jelas.
- Gambar contoh uji terlihat pada layar.
- Mengatur pembesaran mikroskop agar contoh uji terlihat dengan jelas (pembesaran mikroskop tidak diubah untuk semua contoh uji).
- Menangkap gambar contoh uji.
- Menyimpan gambar contoh uji.
- Memindahkan gambar yang telah tersimpan pada perangkat komputer yang terpasang ICY software.

Prosedur penentuan porositas optik

- ICY software telah terpasang pada perangkat komputer.
- Menjalankan ICY software pada perangkat komputer
- Membuka gambar contoh uji pada ICY software
- Mengkonversikan gambar contoh uji menjadi gambar hitam putih dengan mengklik ikon binary pada jendela software.
- Setelah gambar contoh uji telah dikonversikan menjadi gambar hitam putih, klik ikon histogram pada jendela software, dan nilai piksel hitam dan putih didapatkan.

Porositas optik ditentukan berdasarkan formula dibawah ini:

$$Porositas\ optik = \frac{piksel\ putih}{piksel\ putih + piksel\ hitam} \times 100\% \quad (III.2)$$

III.3.1.3 *Fuzz level* dan *tinggi relatif fuzzy*

Fuzz level diukur dengan menggunakan metode Ucar dan Boyrez (2005). Mikroskop digital akan menangkap gambar kain yang kemudian gambar mikroskopis tersebut akan diolah melalui ICY software untuk mendapatkan nilai *fuzz* pada kain. Prosedur pengujian *fuzziness* dijelaskan lebih detail di bawah ini.

Prosedur penangkapan gambar mikroskopis:

- Aplikasi iWeiCamera telah terpasang pada perangkat Android.
- Menyiapkan contoh uji pada bidang datar berwarna hitam.
- Menekan tombol power untuk menghidupkan mikroskop digital.
- Menghubungkan mikroskop digital melalui WiFi Android yang telah terpasang aplikasi iWeiCamera.
- Setelah terpasang, membuka aplikasi iWeiCamera dan meletakkan contoh uji dibawah mikroskop digital.
- Menghidupkan lampu bawah pada mikroskop digital agar sampel terlihat dengan jelas.
- Gambar contoh uji terlihat pada layar.
- Mengatur pembesaran mikroskop agar contoh uji terlihat dengan jelas (pembesaran mikroskop tidak diubah untuk semua contoh uji).
- Menangkap gambar contoh uji.
- Menyimpan gambar contoh uji.
- Memindahkan gambar yang telah tersimpan pada perangkat komputer yang terpasang ICY software.

Prosedur penentuan *fuzzy*

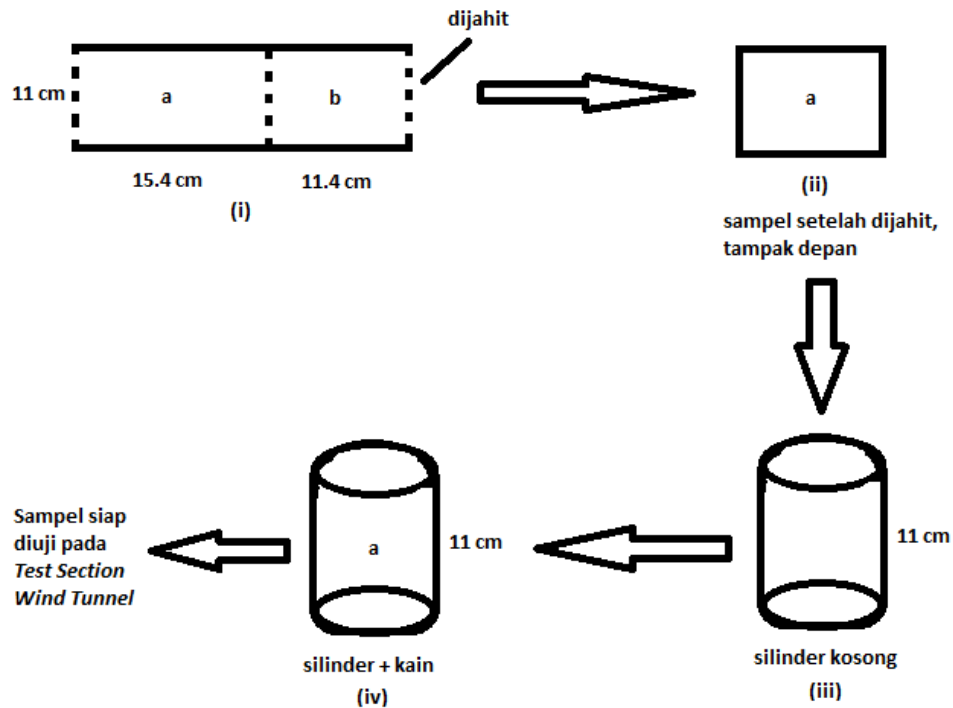
- ICY software telah terpasang pada perangkat komputer.
- Menjalankan ICY software pada perangkat komputer
- Membuka gambar contoh uji pada ICY software

- Mengkonversikan gambar contoh uji menjadi gambar hitam putih dengan mengklik ikon binary pada jendela software. Piksel hitam mewakili kain dan fuzz kain, dan piksel putih mewakili *background*.
- Setelah gambar contoh uji telah dikonversikan menjadi gambar hitam putih, simpan gambar tersebut pada perangkat komputer.
- Buka gambar hitam putih melalui ikon open pada *imagej* pada jendela *software* ICY, kemudian menghilangkan badan benang dengan menggunakan *tool wand* (*tracing*), dan klik *flood fill tool* warna putih, sehingga badan benang menjadi berwarna putih.
- Simpan kembali gambar tersebut pada perangkat komputer.
- Membuka kembali ICY software, kemudian membuka file gambar yang telah disimpan, setelah itu klik tombol histogram pada jendela software dan jumlah piksel hitam didapat.

III.3.2 Menentukan sifat aerodinamika (gaya hambat udara)

Pengujian gaya hambat udara dilakukan pada sebuah terowongan angin dengan model uji berbentuk sirkular silinder. Keliling model uji sirkular silinder sebesar 26.8 cm dengan tinggi silinder mencapai 11 cm.

Pengujian gaya hambat udara dilakukan dengan mempreparasi kain contoh uji terlebih dahulu, sehingga ketika kain dipasangkan pada model uji silinder, kain tidak mengalami peregangan. Proses preparasi kain dilakukan dengan menjahit contoh uji dengan ukuran dan cara uji di bawah ini.



Gambar III. 4 Preparasi contoh uji sebelum diuji sifat aerodinamika

Pada gambar III.4 menjelaskan proses preparasi contoh uji sebelum dilakukan pengujian gaya hambat udara. Prosedur persiapan kain contoh uji adalah sebagai berikut.

1. Membuat kain dari bahan baku benang (tabel III.1) dengan variasi porositas optik yang serupa dan berbeda. dalam pembuatan kain dengan porositas optik tidak berbeda signifikan, diuji melalui Uji statistik ANOVA.
2. Setelah pengujian porositas optik, proses selanjutnya adalah menjahit contoh uji dengan ukuran yang sama, seperti pada gambar III.4 (i), dengan tujuan tidak ada regangan yang terjadi ketika ditempatkan pada silinder, sehingga nilai porositas akan tetap konstan.
3. Gambar III.4 (ii) merupakan gambar tampak depan kain setelah dijahit (kain berbentuk bundar).

4. Gambar III.4 (iii) adalah model silinder yang akan digunakan pada pengujian Aerodinamika. Pada gambar III.4 (iii) silindernya masih kosong, belum dipakaikan kain.
5. Gambar III.4 (iv) merupakan gambaran silinder setelah dipakaikan contoh uji. Untuk memastikan nilai porositas masih sama, sebelum pengujian aerodinamika, sampel diuji kembali porositasnya. Apabila sama, maka pengujian aerodinamika bisa dilaksanakan.

Pengujian Gaya hambat dilakukan pada sebuah terowongan angin yang memiliki kecepatan maksimum sebesar 46.5 km/jam. Kecepatan angin dapat diubah dengan bantuan inverter 60 Hz. Pengujian dilakukan dengan penambahan frekuensi sebanyak 8 kali yaitu 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 dan 60 Hz. Setelah diuji perilaku aerodinamikanya, perhitungan nilai konstanta *drag* dan bilangan Reynold dilakukan, dengan mengikuti persamaan di bawah ini.

$$D = \frac{1}{2} A C_d \rho V^2 \quad (\text{III.6})$$

dimana D adalah gaya hambat (N), A adalah luas rujukan (m²), C_d adalah koefisien *drag* (tidak berdimensi), ρ adalah massa jenis udara (kg.m⁻³) dan V adalah kecepatan udara (m.s⁻¹).

$$Re = \rho V L / \mu = V L / \nu = \rho V d / \mu = V d / \nu \quad (\text{III.7})$$

Dimana *Re* adalah bilangan Reynolds (tidak berdimensi), ρ adalah massa jenis udara (kg.m⁻³), V adalah kecepatan udara (m.s⁻¹), L adalah sifat panjang skala objek untuk objek berbentuk silinder (L dipertimbangkan sebagai diameter pada silinder) (m), μ adalah viskositas dinamika fluida (kg.(m.s)⁻¹), ν adalah viskositas kinematik (m².s⁻¹).

Diketahui nilai densitas udara (ρ), panjang skala objek (L), viskositas dinamika fluida (μ) dan luas rujukan (A), berikut ini.

$$\text{Luas rujukan (A)} = (8.8 \text{ cm} + \text{ketebalan kain}) \times 11 \text{ cm}$$

$$\text{Densitas udara } (\rho) = 1.204 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Panjang skala objek (L)} = 0.088 \text{ m}^2$$

$$\text{viskositas dinamika } (\mu) = 0.000018 \text{ kg/m.s}$$

III.3.3 Analisis menggunakan statistika

Berikut ini merupakan analisa-analisa statistika menggunakan perangkat lunak SPSS yang digunakan pada penelitian ini.

1. Pengujian normalitas dan homogenitas data sebagai syarat pengujian one way analysis of variance (ANOVA).
2. Analisis ANOVA dilakukan untuk menentukan sifat kain contoh uji apakah sama atau berbeda secara signifikan.
3. Regresi linier digunakan untuk menganalisa antara dua variabel.