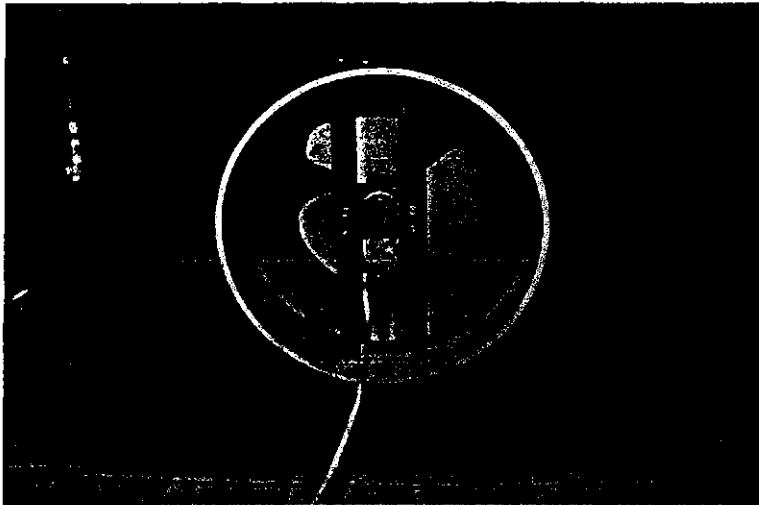


BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

V.1. Pembuatan Kanal Udara Mini Untuk Karakterisasi Sensor

Sensor suhu PTC yang difungsikan untuk mengukur kecepatan aliran udara dikarakterisasi di dalam terowongan angin. Oleh karena keterbatasan laboratorium pengujian mempergunakan terowongan angin maka pada penelitian ini telah dikembangkan terowongan angin yang memiliki kecepatan aliran bervariasi. Perubahan kecepatan tersebut dapat diatur dengan mempergunakan trafo toroida yang menyuplai motor listrik penggerak baling-baling kanal udara, yang pada akhirnya akan berpengaruh pada kecepatan putaran udara.

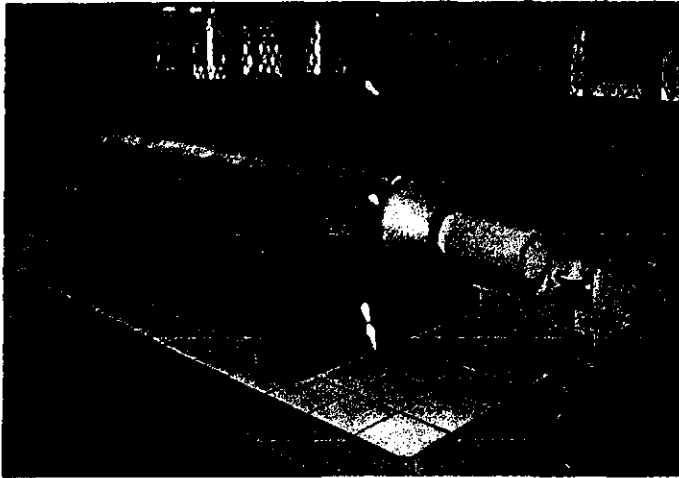
Untuk itu pada penelitian ini telah dikembangkan suatu kanal udara mini yang terbuat dari pipa PVC dengan diameter 8 inci dan panjang 120 cm. Sementara kipas yang dipergunakan mempunyai diameter 6 inci dan diputar oleh motor listrik 1500rpm dengan daya 45W. Untuk menopang motor listrik di dalam pipa silinder maka dibuatkan dudukan motor dari pelat besi yang dapat dikeluarkan untuk perawatan. Hasil pengukuran mempergunakan anemometer diperoleh kecepatan aliran yang masih rendah. Hal ini disebabkan dimensi dari kipas yang jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan diameter pipa. Perbedaan ini menyebabkan tekanan angin yang keluar dari pipa hampir sama dengan tekanan pada masukan turbin.



Gambar 5.1. Muka hisap dari kanal udara

Kecepatan aliran udara yang keluar dari pipa kanal udara akan ditentukan oleh tegangan operasional motor listrik yang dapat diatur melalui trafo toroida. Pada awalnya, pengukuran mempergunakan pipa PVC 8 inci hanya mampu memberikan kecepatan udara sebesar 1,2 m/s. Rendahnya putaran ini disebabkan beberapa hal yaitu terdapatnya ruang kosong antara lidah (blade) dari kipas dan dinding dalam pipa serta kurang tingginya putaran dari motor listrik. Oleh sebab itu pada pengembangan berikutnya telah dipergunakan semacam corong yang berfungsi untuk mengarahkan aliran ke diameter yang lebih sempit (3 inci). Dari

hasil pengukuran diperoleh kenaikan aliran udara meningkat menjadi sebesar 4,5m/s dan sudah memadai untuk karakterisasi sensor aliran udara.



Gambar 5.2. Kanal udara dengan variasi kecepatan aliran

Pada ujung keluaran pipa 3 inchi ditempatkan sensor pada dudukan berputar (cakram ukur) yang dijepit mempergunakan klem multi sudut sehingga akan diperoleh posisi sensor pada kecepatan aliran udara maksimal, gambar 5.3a. Sementara udara yang mengalir melewati pipa pada dasarnya tidak homogen disebabkan oleh konstruksi sederhana dari kanal udara mini ini. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor diantaranya kurang stabilnya putaran bilah dari baling-baling, adapter antara pipa kanal 8 inchi dengan 3 inchi, gesekan yang terjadi pada permukaan dalam dari pipa yang berimplikasi pada mutu aliran arus udara yang mengalir pada keluaran pipa. Hal ini tentu saja akan berpengaruh kepada mutu pengukuran dari karakterisasi sensor. Oleh sebab itu dipergunakan suatu reflektor dari pelat alumunium, seperti pada gambar 5.3b, yang ditempatkan di tengah-tengah terowongan kanal udara yang bertujuan untuk memperoleh arus udara yang homogen keluar dari kanal udara mini ini.



(a)



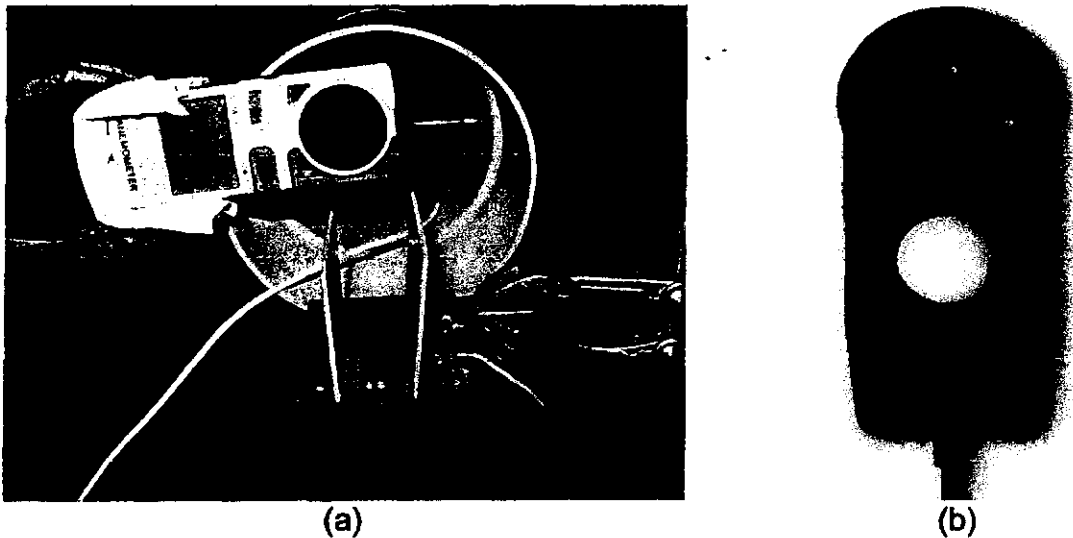
(b)

Gambar 5.3. (a) Posisi sensor pada keluaran dari kanal udara mini dan (b) bentuk reflektor penyearah aliran

Dengan cara ini dapat dilakukan karakterisasi beberapa sensor sekaligus dan dapat dipergunakan untuk pengembangan selanjutnya sebagai detektor arah aliran

udara. Pengecekan kecepatan aliran udara untuk mengkalibrasi sensor dilakukan dengan mempergunakan anemometer. Pada penelitian ini dipergunakan 2 anemometer yaitu handheld dan anemometer otomatis yang dilengkapi dengan sistem akuisisi data pengukuran. Adapun anemometer otomatis yang dipergunakan sebagai kalibrator adalah tipe anemometer EM900P yang terhubung ke data logger dari perangkat Lutron SLM 4112. Probe anemometer ini dapat mengukur kecepatan udara sampai dengan 25 m/s yang dilengkapi dengan pengukur suhu serta kelembaban internal. Fungsi ini menarik karena pada pengukuran berulang dan memerlukan waktu yang lama, motor listrik yang memutar daun baling-baling kanal udara akan memanas sehingga menyebabkan udara panas tersedot ikut ke dalam kanal udara dan mempengaruhi kurva I(U) dari sensor. Dengan demikian pengukuran dihentikan sampai suhu kembali normal.

Sementara untuk akuisisi data dari anemometer ke PC, dipergunakan software pengendali (*Data Acquisition Software*) yaitu Lutron SW-U801-WIN yang memungkinkan komunikasi dengan komputer dimana data ditransfer mempergunakan komunikasi kabel serial RS232. Posisi sensor dan anemometer pada eksperimen karakterisasi sensor diperlihatkan pada gambar 5.4a dan b.

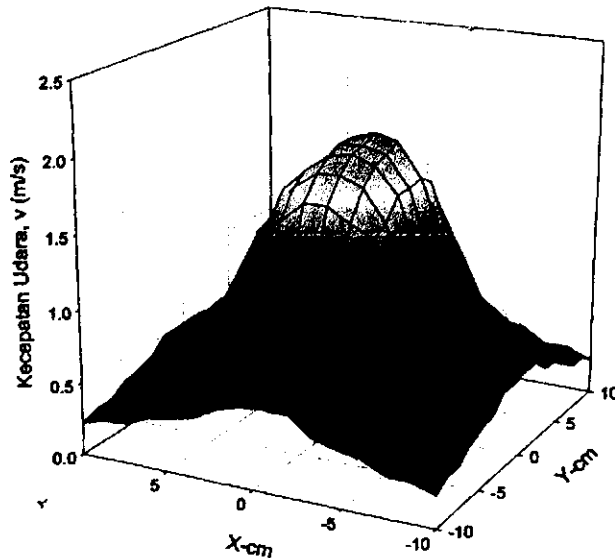


Gambar 5.4. Posisi sensor suhu dan anemometer tangan pada keluaran turbin udara pada (a) dan kalibrator otomatis pada (b)

Untuk mengetahui apakah aliran udara yang homogen telah tercapai maka dilakukan karakterisasi profil aliran udara yang keluar pada mulut kanal udara mini dengan mengukur kekuatan aliran udara yang ada pada setiap titik pada keluaran. Pada penelitian ini dilakukan dengan membagi permukaan keluaran menjadi bentuk matriks $m \times n$ dan setiap titik diukur mempergunakan anemometer. Hasil pengukuran memberikan hasil seperti diperlihatkan pada gambar 5.5 berikut.

Pada gambar 5.5 terlihat bahwa akibat pemasangan reflektor aluminium maka kecepatan udara mencapai maksimum dan relatif homogen pada tengah-

tengah pipa berbentuk lingkaran. Oleh sebab itu untuk karakterisasi selanjutnya maka penempatan sensor PTC ditaruh pada tengah dari kanal udara.

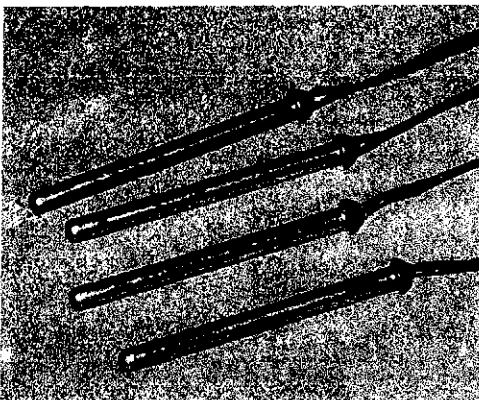


Gambar 5.5. Profil kecepatan aliran dari kanal udara mini

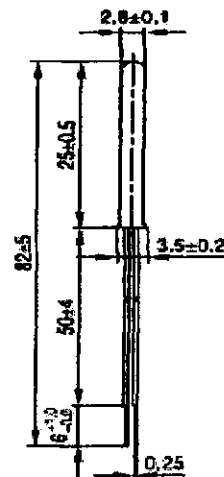
V.2. Karakterisasi Statis, Dinamis dan Pemodelan Sensor PTC

V.2.1. Karakterisasi Statis Sensor PTC

Pelaksanaan eksperimen untuk mendesain sensor suhu PTC sebagai sensor kecepatan dan arah aliran udara dilakukan dalam dua tahap yaitu menentukan karakteristik statis dan karakteristik dinamis sensor suhu PTC. Pada kedua eksperimen, sensor dikarakterisasi untuk memperoleh kurva arus tegangan $I(U)$ atau $I(V)$, yang kemudian dimodelkan sehingga diperoleh parameter sensor seperti R_{To} , R_o dan B yang menggambarkan karakteristik dari sensor. Pada penelitian ini dipergunakan sensor *positive temperature coefficient* (PTC) tipe RS dengan rumahan stainless steel seperti diperlihatkan pada gambar 5.6 berikut ini.



Gambar 5.6 Sensor tipe RS Cat. yang akan diuji karakteristiknya dengan rumahan logam (stainless steel).



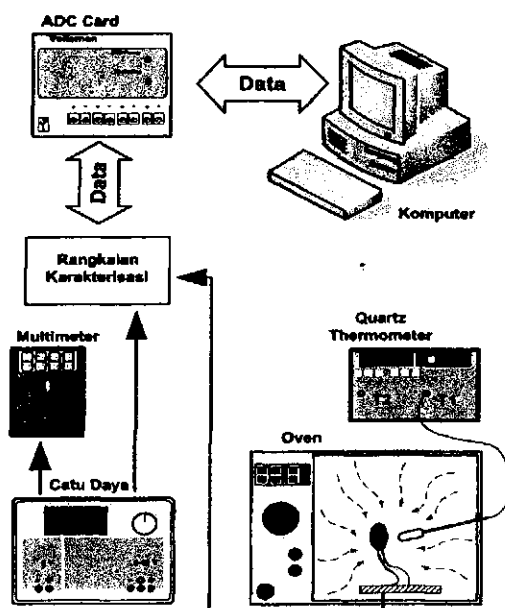
(b)

Sensor PTC ini terbuat dari bahan semikonduktor Barium Titanate ($BaTiO_3$) dari perusahaan Firma Epcos-AG yang berfungsi sebagai level sensor. Dimensi sensor yang terbuat dari rumah stainless steel sangat cocok dipergunakan sebagai pendeteksi aliran udara. Bentuknya yang khas mempermudah variasi pemasangan pada lingkungan yang kasar. Sensor ini bekerja pada jangkauan tegangan maksimum 18V dan penggunaan pada jangka 10V dan 18 V memudahkan evaluasi arus sensor dimana panas yang dilepaskan sensor proporsional langsung kepada arus yang mengalir padanya. Data teknis dari sensor diberikan pada table 4.1 berikut ini.

Tabel 5.1. Data teknis sensor suhu PTC

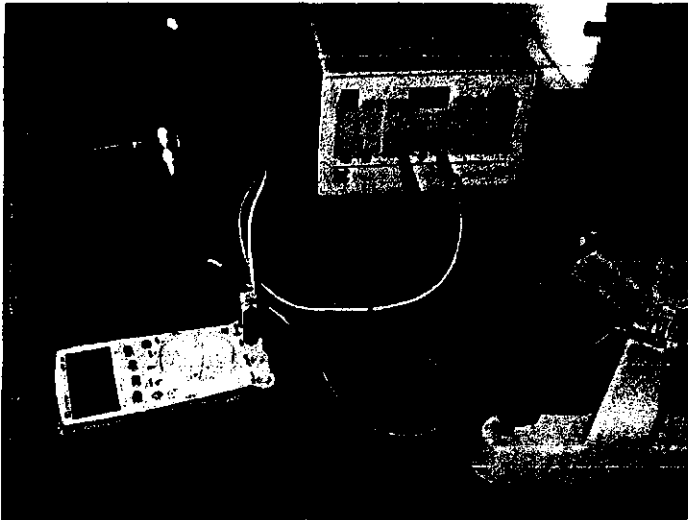
Max. operating voltage		V_{max}	18	VDC
Rated resistance		R_R	40 ... 80	Ω
Operating temperature range	(V = 0 V)	T_{op}	-55/+100	$^{\circ}C$
Operating temperature range	(V = 18 V)	T_{op}	+10/+65	$^{\circ}C$
Number of cycles	($R_R = 50 \Omega$, V = 18 V)	N	5000	
Residual current in water		I_{rel}	see diagram	mA
Residual current in air		I_{cal}	see diagram	mA
Settling time		t_E	60	s
Surface temperature	(V = 18 V)	T_{surf}	< 80	$^{\circ}C$

Untuk memperoleh parameter sensor yaitu RT_0 , R_0 dan B maka sensor dikarakterisasi statis dengan mengukur kurva arus dan tegangannya $I(U)$ yaitu dengan meletakkan sensor pada oven pada suhu terkontrol dan sensor diberi tegangan bervariasi dari 0-20V. Oven yang digunakan yaitu Heraeus tipe T6060, yang merupakan ruang untuk rangkaian kalibrasi termistor PTC dengan suhu konstan yang dapat diatur suhunya dari $25^{\circ}C$ - $300^{\circ}C$. Pada oven $v = 0m/s$.



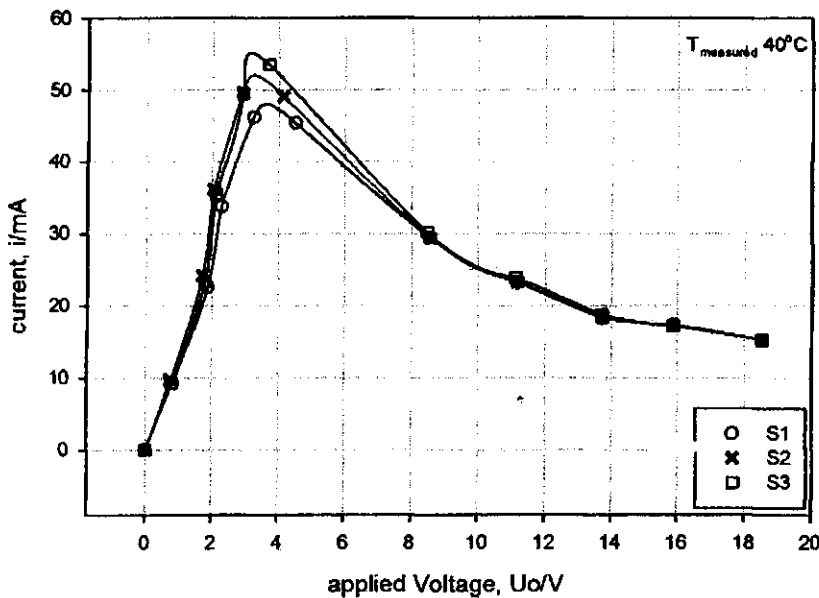
Gambar 5.7. Set up pengambilan data karakterisasi sensor

Selama sensor ditempatkan di dalam oven, pengukuran dilaksanakan mempergunakan ADC Modul merek Velleman yang dikendalikan dengan program komputer PCLab2000. Hasil pengukuran kemudian diolah mempergunakan software SigmaPlot untuk memperoleh komponen arus I dan tegangan V dari sensor PTC. Semua peralatan untuk pengambilan data disusun sesuai dengan gambar 5.7 dan 5.8. berikut:



Gambar 5.8. Pengukuran statis sensor suhu PTC

Hasil pengukuran karakteristik statis 3 sampel sensor RS yang diukur pada suhu 40°C dengan variasi tegangan suplai dari 0-20V diberikan berikut ini:



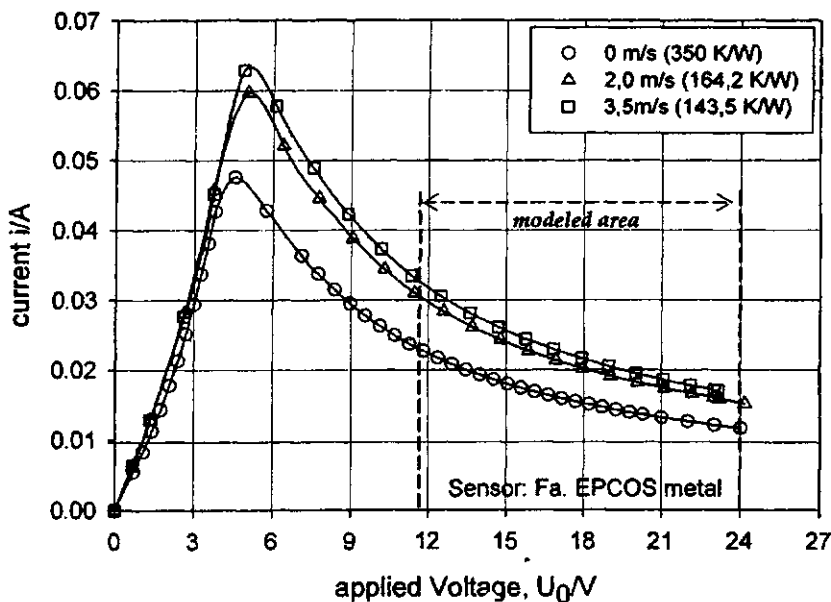
Gambar 5.9. Kurva I(V) statis dari 3 sensor identik

Data hasil pengukuran kemudian dimodelkan pada daerah setelah kurva mencapai suhu Curie yaitu pada tegangan 12V yang memperlihatkan arus yang diserap oleh sensor untuk diubah menjadi panas, terlihat mengalami penurunan

secara eksponensial. Bagian inilah kemudian dimodelkan menggunakan software MathCad sehingga diperoleh parameter sensor R_{to} , R_o dan B seperti pada gambar berikut. Dari grafik terlihat bahwa sensor identik pada tegangan $U_0 > 12V$. Pada tegangan ini sensor relatif lebih stabil sehingga dapat dipergunakan untuk mengukur kecepatan aliran udara.

V.2.1. Karakterisasi Dinamis Sensor PTC dan Pemodelan Kurva $I(U)$

Karakteristik dinamis sensor berupa kurva arus dan tegangan ($I-U$) pada berbagai tingkat kecepatan diperoleh pada variasi kecepatan 0 sampai 3,5 m/s, gambar 5.10. Akibat kenaikan kecepatan udara maka terjadi pergeseran kurva arus ke atas yang diakibatkan lebih banyak panas ditransfer dari sensor ke lingkungan disekitarnya. Hal ini akan mengakibatkan sensor mengkonsumsi arus lebih besar untuk mempertahankan kondisi kesetimbangannya (*equilibrium state*). Hal ini disebabkan oleh konduktivitas thermal yang lebih baik dibandingkan dengan kondisi pada udara tenang. Pada sisi lain, tahanan dari sensor menurun sesuai dengan suhu dari sensor akibat arus udara yang melewatinya sehingga terjadi disipasi panas ke sekeliling sensor.



Gambar 5.10 The $I(U)$ -characteristic of the sensor at various air velocities and modeled area. The thermal resistances decrease against the increasing of velocities

Pada gambar 5.10 terlihat bahwa tahanan termal sensor dan parameter sensor diperoleh dari pemodelan kurva $I(U)$ pada daerah yang bersesuaian dengan daerah kurva $R(T)$. Hal ini ditandai pada daerah pemodelan (interested area) yang kemudian dimodelkan berdasarkan persamaan (2.6) sebelumnya dan daerah yang dipilih disesuaikan berdasarkan tipe dari sensor. Kurva arus dan tegangan $I(U)$

dimodelkan secara implicit dengan suhu ambang T_M dalam persamaan MathCAD. Berdasarkan prosedur ekstraksi parameter ini maka parameter sensor dan tahanan termal diperoleh. Penulisan syntax berikut menjelaskan pemodelan kurva $I(U)$ sensor suhu PTC sebagai berikut:

Given: guess values for the unknown variables R_{T0}, B, T_C, R_0
 $root(f(var1, var2, ...), var1)$

$$T_S(P_{el} = P_{th}) = root \left[\left[\frac{U_T^2}{R_{T0} e^{B \left(\frac{T_S - T_C}{T_S} \right)} + R_0} - \frac{1}{R_W} (T_S - T_M) \right], T_S \right]$$

Fungsi $root(f(var1, var2, ...), var1)$ memberikan nilai $var1$ yang membuat fungsi f sama dengan nol. Syntax memperlihatkan bahwa f adalah fungsi nilai scalar dari setiap bilangan variabel, $var1$ adalah variable scalar yang ditemukan dalam f . Nilai $var1$ dalam argument kedua adalah variable yang berhubungan dengan nilai dimana akar diperoleh. Nilai v adalah vector yang berisi koefisien polynomial dimana elemen pertamanya adalah dalam bentuk konstan. Untuk menentukan nilai parameter maka fungsi akar memerlukan nilai kira yang diperlukan untuk memulai proses menemukan akar persamaan. Jika nilai kira sangat dekat ke minimum atau maksimum f maka fungsi akar dapat gagal untuk konvergen atau konvergen ke suatu akar yang jauh dari nilai kira.

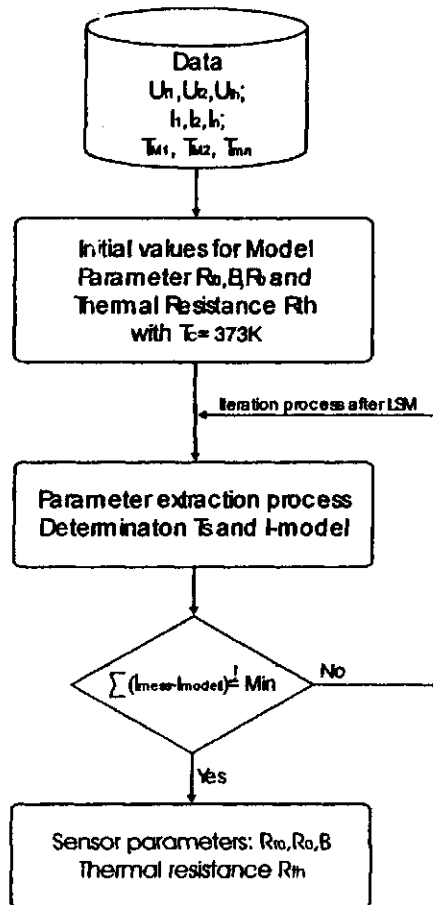
Pada persamaan pemodelan, T_s adalah suhu sensor PTC dalam keadaan equilibrium state, dimana daya listrik yang dikonsumsi sensor mempunyai kuantitas setara dengan energy disipasi ke lingkungannya atau $T_S = T_S (P_{el} = P_{th})$. Hasil ini dipergunakan untuk prosedur ekstraksi parameter berikutnya (successive extraction procedure) yang dituliskan sebagai berikut:

$$SSE(R_{T0}, R_0, B, R_W, T_C) := \sum_i \left[I_{measured} - \frac{U_T^2}{R_{T0} e^{B \left(\frac{T_S(P_{elek.} = P_{warm.}) - T_C}{T_S(P_{elek.} = P_{warm.})} \right)} + R_0} \right]^2$$

$$Minfehl(R_{T0}, R_0, B, R_W, T_C) = var_1, var_2, \dots$$

Fungsi $Minerr(var1, var2, ...)$ mengembalikan nilai $var1, var2, \dots$ yang terdekat untuk memenuhi persamaan dan ketidaksamaan dalam blok penyelesaian.

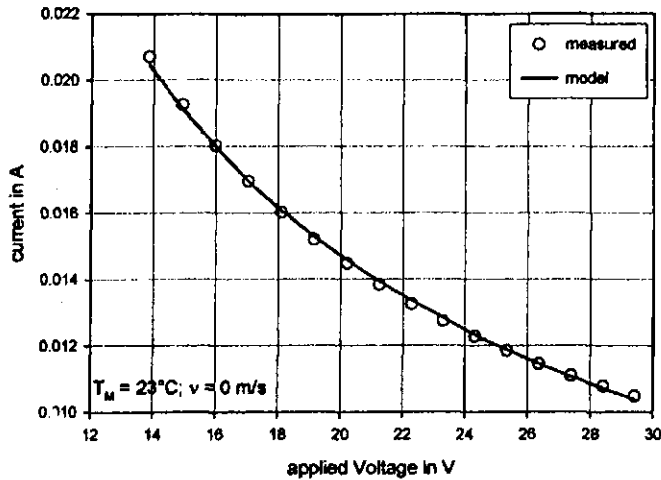
Arguments: $var1, var2, \dots$ adalah variable scalar yang ditemukan dalam sistem persamaan. Parameter-parameter sensor R_{T0}, R_0, B, T_C dan tahanan thermal R_W adalah nilai estimasi setelah iterasi dengan residu minimum. Proses iterasi digambarkan dalam diagram alir berikut, lihat gambar 5.11.



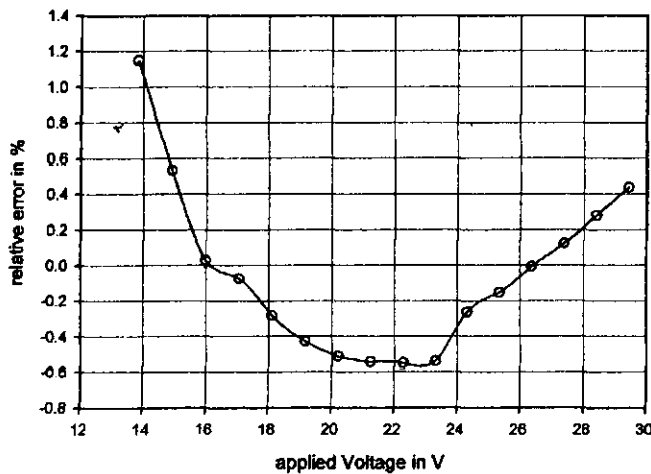
Gambar 5.11. Diagram alir dari proses iterasi pemodelan kurva $I(U)$ sensor

Fungsi *Minerr* dipergunakan untuk menemukan solusi suatu sistem persamaan mempergunakan nilai awal untuk variable yang tidak diketahui (**Given**), kesamaan dan ketidaksamaan melalui operator Boolean. Program MathCAD mengevaluasi fungsi *Minerr* mempergunakan metode Levenberg-Marquardt yang memerlukan nilai awal kira untuk setiap variable yang tidak diketahui untuk memulai mencari solusi.

Hasil dari pemodelan kurva karakteristik sensor PTC Epcos dari fungsi arus dan tegangan $I(U)$ diberikan pada gambar 5.12a dan b. Sensor dikalibrasi pada udara tenang $v = 0 \text{ m/s}$ dan suhu 23°C . Seperti diperlihatkan pada grafik 5.12b terlihat bahwa kesalahan relative maksimum adalah sebesar 1.3% dan memperlihatkan kesalahan sistematis. Kesalahan ini disebabkan tidak saja oleh instrument tetapi juga masalah mathematical diakibatkan model yang di fit kan pada grafik. Nilai hasil pemodelan berupa parameter-parameter sensor pada $v = 0 \text{ m/s}$ dan $v \neq 0 \text{ m/s}$ diberikan tabel 5.2.



(a)



(b)

Gambar 5.12 (a) Pemodelan kurva $I(U)$ menurut persamaan kesetimbangan sensor PTC. Sensor dikalibrasi pada udara tenang ($v = 0 \text{ m/s}$) dengan suhu lingkungan sebesar 23°C , dan (b) kesalahan relative pemodelan

Tabel 5.2. Nilai parameter-parameter sensor pada berbagai kecepatan udara. Sensor diukur pada suhu $T_M 30^\circ\text{C}$.

Parameter	Values
$R_{T0} (\Omega)$	32,67
$R_0 (\Omega)$	$4,99 \cdot 10^{-7}$
B	73,88
$T_C (K)$	378,53

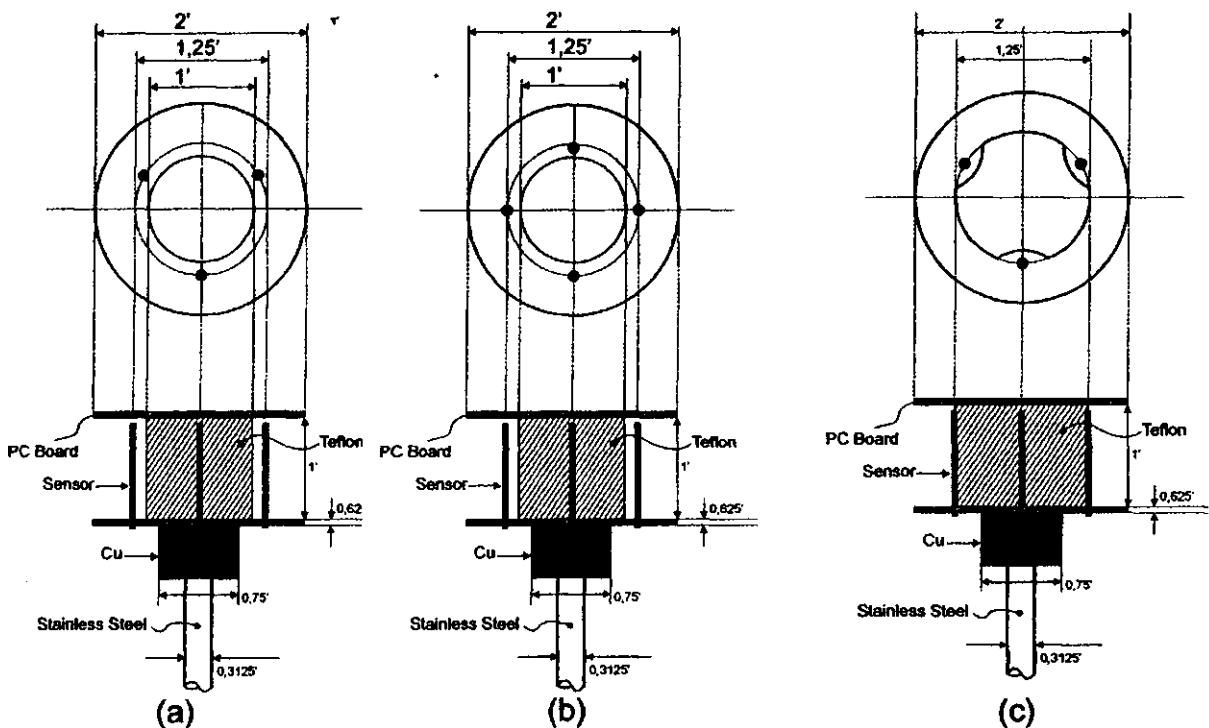
Air velocity, v (m/s)	Thermal resistance, R_w (K/W)
0	350
2,0	164,2
3,5	143,5

Dari hasil table 5.2 terlihat bahwa nilai tahanan termal di udara tenang ($v = 0 \text{ m/s}$) dan pada variasi kecepatan udara ($v \neq 0 \text{ m/s}$) tampak jelas berbeda satu sama lain sehingga bias dimanfaatkan sebagai sensor kecepatan udara. Jika dibandingkan pada udara tenang terlihat bahwa tahanan termal menurun sebesar 59% pada $v = 3,5 \text{ m/s}$, sementara parameter sensor seperti R_{T0} , R_0 , B dan T_C relative konstan karena tidak terdapat proses re-crystallisasi dan defek pada sifat material elektronik dari sensor suhu PTC yang diuji..

V.3. Menentukan Sudut Vektor Aliran Udara

Karakterisasi sensor suhu PTC yang dipergunakan untuk menentukan sudut vektor aliran udara dilakukan dengan menempatkan cakram ukur pada sudut tertentu dalam aliran udara kanal mini dan diukur kurva arus dan tegangan masing-masing sensor. Sumber aliran udara yang akan diukur diperoleh dari kanal udara dengan kecepatan aliran konstan. Sementara perubahan sudut arah aliran udara yang akan diukur disimulasi dengan memutar cakram ukur pada sudut yang bersesuaian, sensor kemudian di karakterisasi dengan mengukur kurva $I(U)$ nya pada tegangan konstan.

Untuk mengamati karakteristik sensor sebagai fungsi dari geometri cakram ukur maka pada penelitian ini dikembangkan 3 jenis cakram yang sebagian telah dikarakterisasi seperti diperlihatkan pada gambar 5.13 berikut ini.

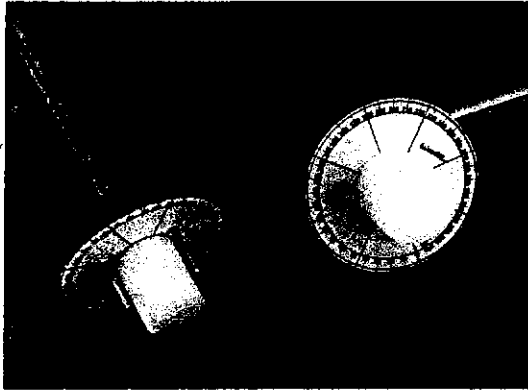


Gambar 5.13 Variasi jumlah sensor, dimensi dan bentuk inti halang cakram ukur

Pada gambar 5.13a terlihat cakram ukur memiliki 3 sensor EPCOS yang identik yang terletak pada sudut 120° satu sama lain (segi tiga sama sisi) dan ditengah-tengahnya terdapat inti halang. Masing-masing sensor akan memiliki faktor disipasi daya yang berbeda disebabkan posisinya yang berbeda terhalang oleh inti-halang. Untuk melihat sejauh mana perubahan tegangan sensor terhadap inti maka dimensi inti divariasikan antara 0,6 inci sampai dengan 1 inci. Pada gambar 5.13b, cakram ukur memiliki 4 sensor yang terletak secara kosentris 90° satu sama lain (persegi panjang). Variasi diameter inti-halang pada cakram ukur kedua disamakan dengan inti cakram ukur pertama. Dari segi aliran udara, cakram

satu dan kedua tidak memiliki perbedaan namun dari segi algoritma pengolahan data, sensor satu berbeda dengan dua dimana pengambil keputusan sudut ukur pada cakram kedua ditentukan oleh 4 sensor identik dibandingkan 3 sensor pada cakram pertama.

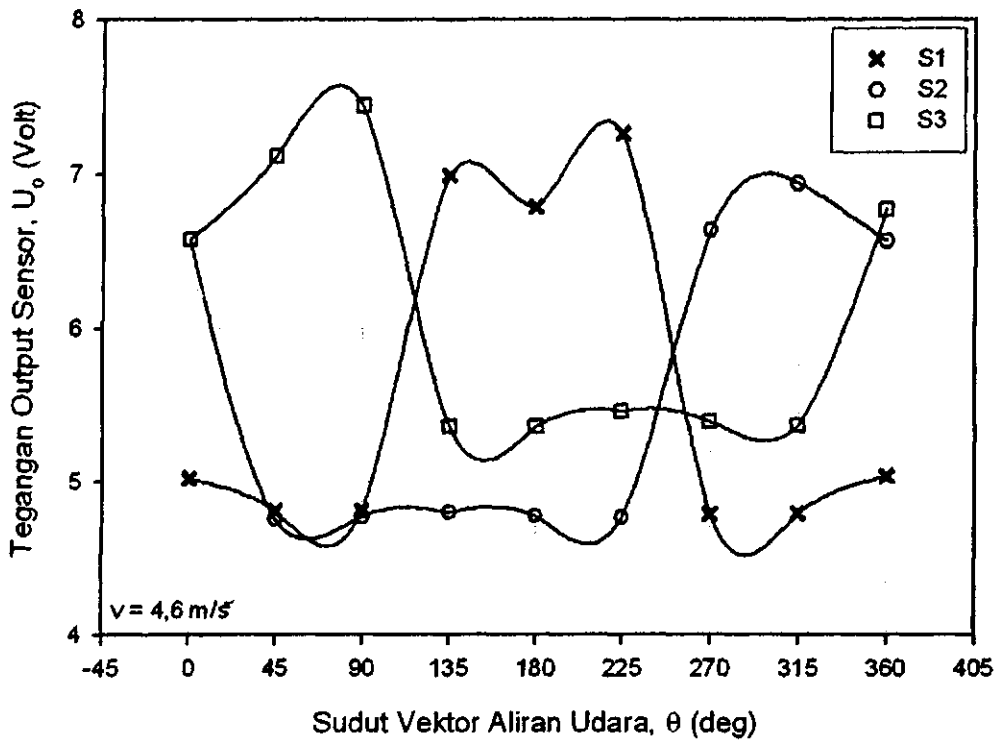
Sementara pada cakram ketiga, dipergunakan 3 sensor identik seperti pada cakram pertama namun sensor terletak pada ceruk sudut yang dibuat pada inti-halangi. Hal ini bertujuan untuk melihat pola tegangan jatuh dari sensor suhu PTC akibat dialiri oleh arus aliran udara sesuai pola inti-halangi dan mengenai permukaan sensor. Bentuk konkrit dari cakram ukur untuk jenis pertama diperlihatkan pada gambar 5.14 dibawah ini.



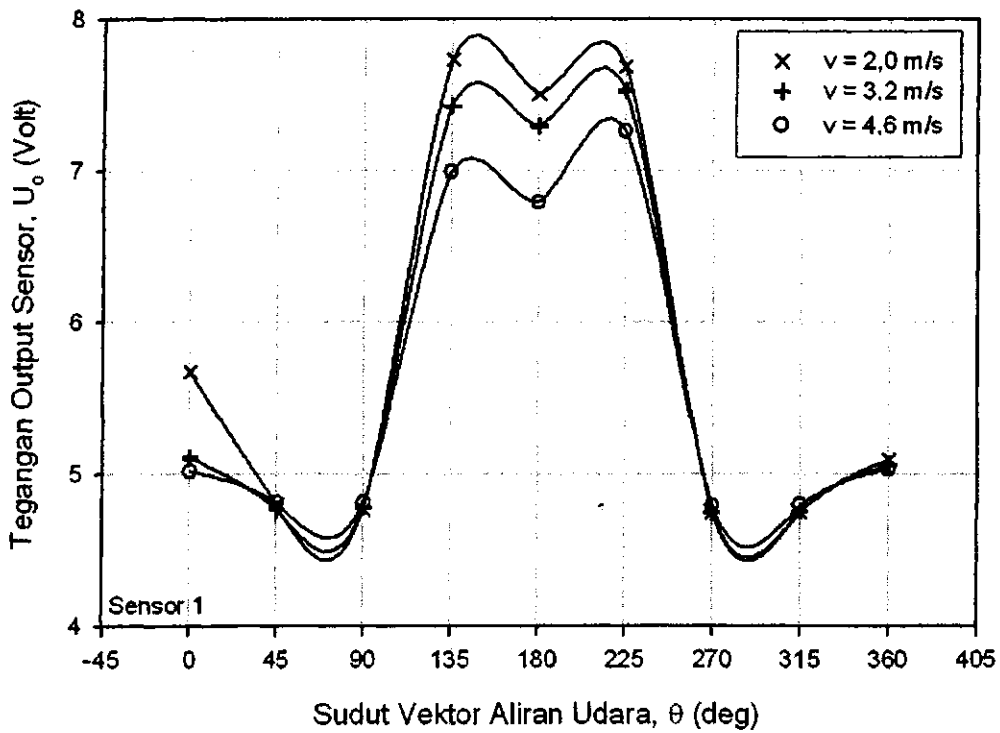
Gambar 5.14 Bentuk dan dimensi dari (a) cakram ukur untuk kedudukan 3 sensor PTC yang tersusun identik

Pada permukaan cakram terdapat ukuran derajat yang diinginkan sehingga jika sensor 1 dipergunakan sebagai acuan referensi maka perpindahan sudut dihitung relative terhadap posisi awal sensor 1.

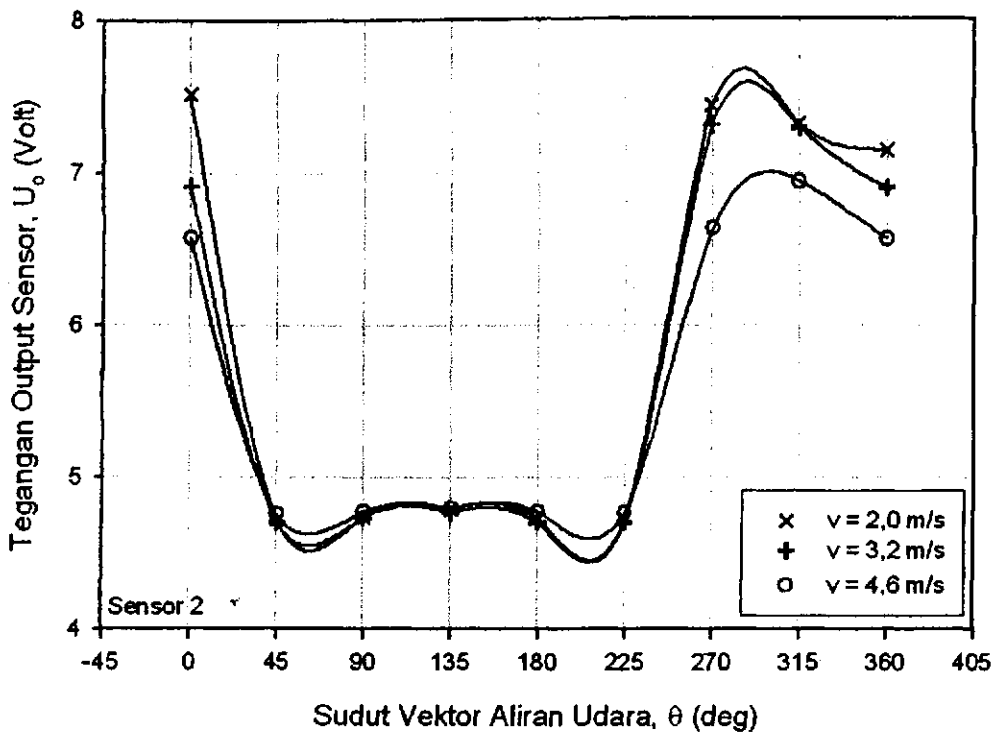
Hasil pengukuran ketiga sensor pada berbagai kecepatan aliran udara diberikan pada gambar 5.15 sampai gambar 5.18. Pada gambar 5.15 terlihat variasi amplitude tegangan output ketiga sensor U_{01} , U_{02} dan U_{03} dalam Volt yang diukur pada berbagai sudut arah datang aliran udara. Terlihat pada gambar bahwa sensor 2 dan sensor 3 memiliki amplitude tegangan awal yang sama pada sudut 0 namun pada kenaikan sudut pengukuran memberikan nilai berbeda fasa. Sementara pengaruh kecepatan aliran udara yang tiba pada permukaan sensor suhu PTC tidak mempengaruhi pola hubungan antara tegangan keluaran dengan sudut arah aliran udara. Hal ini diperlihatkan pada gambar 5.16. sampai dengan 5.18 dimana perubahan kecepatan aliran pada $v = 2\text{m/s}$, $3,3\text{ m/s}$ dan $4,6\text{m/s}$ hanya kecil mempengaruhi perubahan amplitude dan tidak mengubah bentuk keluaran. Keluaran ini kemudian akan dibandingkan terhadap suatu tegangan referensi sehingga dapat ditentukan posisi dan arah vector aliran udara. Berdasarkan hal ini maka sensor suhu PTC dipergunakan sebagai sensor kecepatan dan sudut vector aliran udara.



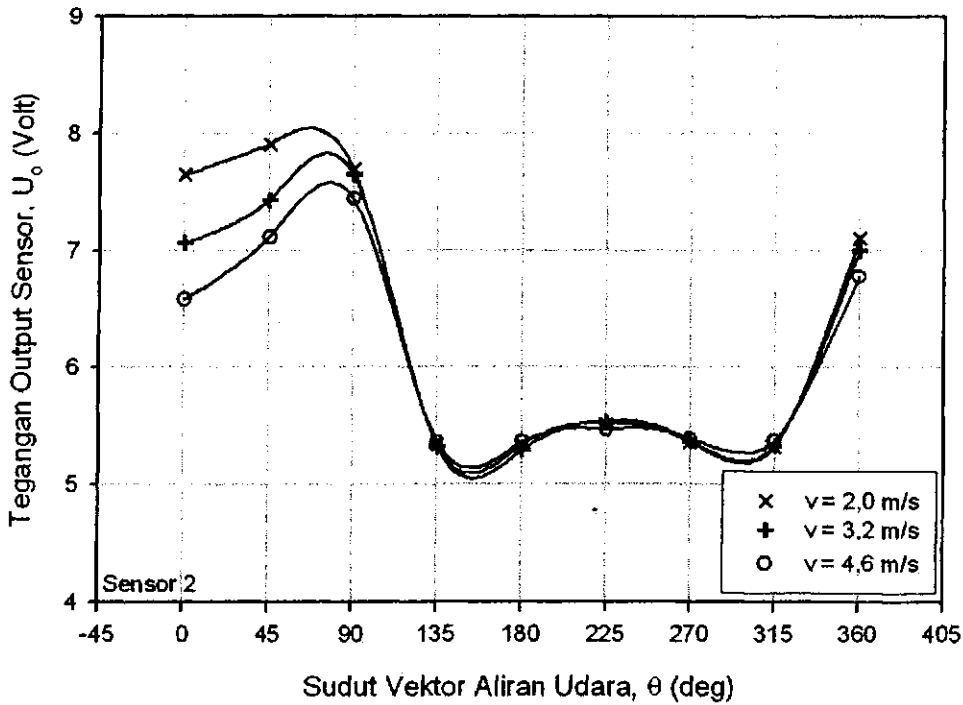
Gambar 5.15 Variasi tegangan keluaran sensor pada $v = 4,6 \text{ m/s}$ konstan



Gambar 5.16 Pengaruh kecepatan udara pada sensor 1



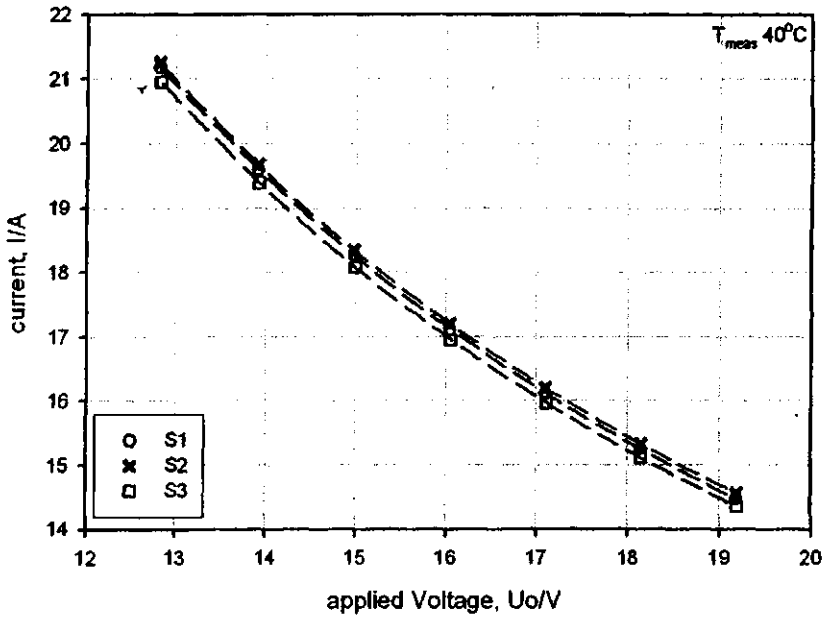
Gambar 5.17 Pengaruh kecepatan udara pada sensor 2



Gambar 5.18 Pengaruh kecepatan udara pada sensor 3

V.4. Penelitian Simulasi Penuaan Sensor

Untuk melakukan simulasi penuaan, maka sensor diberi variasi tegangan 5-15V bergantian secara kontinyu sehingga sensor mengalami panas mendadak. Setelah itu, sensor akan dikarakterisasi untuk melihat apakah telah terjadi perubahan struktur dari sensor melalui perubahan parameter model RT_0 , R_0 dan B . Jika perubahan telah melewati 1% dari nilai parameter saat sensor pertama kali dipergunakan maka dapat diambil kesimpulan bahwa sensor telah rusak. Hasil pengukuran kurva $I(U)$ untuk ketiga sensor RS identik yang akan dipergunakan pada cakram ukur diperlihatkan pada gambar 10 berikut. Data pada tabel 1 memberikan nilai perubahan parameter sensor setelah mengalami peristiwa simulasi "perusakan" pada minggu ke-3.



Gambar 5.19. Kurva $I(V)$ dari 3 sensor RS yang identik yang memperlihatkan drift akibat mengalami rekristalisasi pada proses uji long time stability

Tabel 5.3. Nilai Parameter Sensor Setelah Minggu ke-3

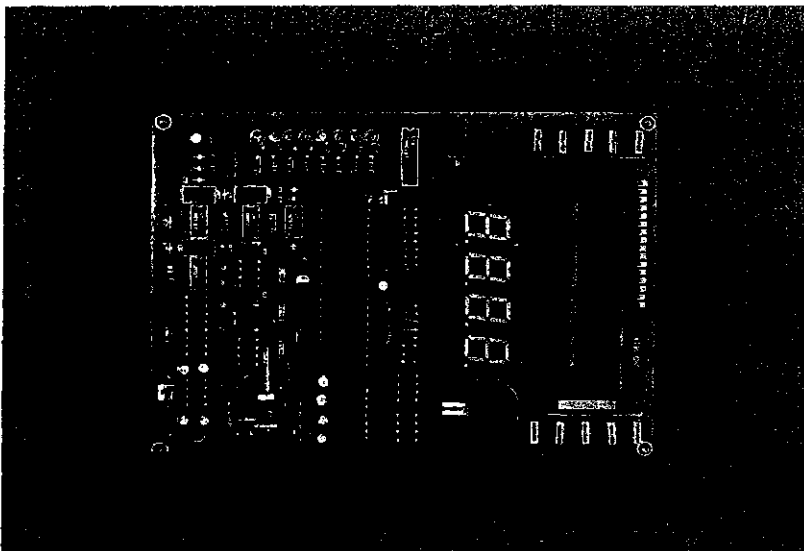
Parameter Sensor 1	Nilai Model		
RT_0	107.9180	108.0180	108.0180
R_0	220.5256	210.0256	210.0256
B	104.7232	104.7232	104.7232
Parameter Sensor 2	Nilai Model		
RT_0	108.1180	108.0180	108.0180
R_0	220.5256	210.0256	210.0256
B	109.7232	104.7232	104.7232
Parameter Sensor 3	Nilai Model		
RT_0	108.9180	108.0180	108.0180
R_0	210.0456	210.0256	210.0256
B	108.7232	104.7232	104.7232

Sensor akan mengalami perubahan termal secara terus menerus dan penelitian akan dihentikan ketika nilai parameter telah berubah 1% dari nilai awal dimana sensor telah mengalami kerusakan.

V.5. Pengembangan Pengolahan Sinyal Dengan Mikrokontroler

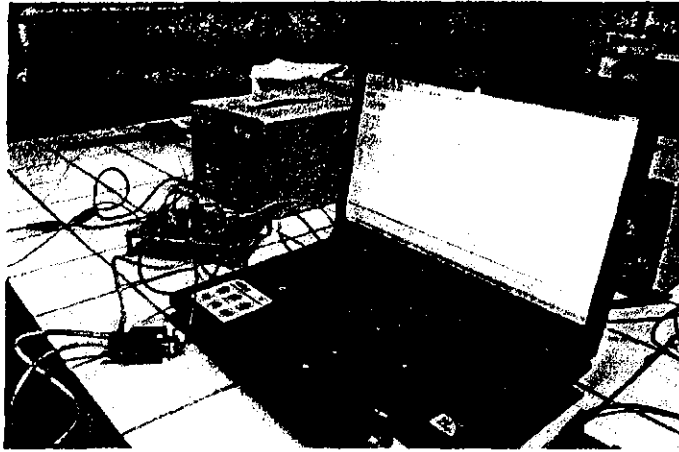
Pengembangan prosedur untuk mendeteksi kecepatan dan sudut vektor aliran udara yang dipaparkan diatas akan direkonstruksi dalam suatu algoritma untuk pengolahan sinyal dan diimplementasikan pada microcontroller berbasis mikrokontroler AT Mega 8535 yang mempunyai fasilitas port ADC 10 bit. Pemrograman mikrokontroler dilakukan menggunakan program AVR Bascom dan dikompilasi menggunakan downloader AVR.

Pada penelitian ini telah dibuat prototipe awal rangkaian pengolah sinyal berbasis mikrokontroler seperti diperlihatkan pada gambar 5.20 dimana satu papan board berisikan mikrokontroler 8535 yang akan mengolah data yang diperoleh dari 3 sensor PTC dan menyusunnya untuk ditampilkan sebagai kecepatan, sudut vektor aliran udara serta suhu ambang.



Gambar 5.19. Kurva I(V) dari 3 sensor RS yang identik yang memperlihatkan drift akibat mengalami rekristalisasi pada proses uji long time stability

Agar dapat mengolah data maka mikroprosesor diprogram menggunakan bahasa Bascom yang dikompilasi secara heksadesimal. Program yang dikompilasi tersebut dikirim melalui kompilasi ke mikrokontroler yang berisi perintah-perintah yang akan dipergunakan untuk mengolah data dari sensor dan menampilkan pada display. Bentuk pemrograman dan baris perintah yang dipergunakan untuk menginput data dari sensor diperlihatkan pada gambar 5.20 sampai 5.22 berikut.



Gambar 5.20 Proses pemrograman mikroprosesor mempergunakan kompilier

```

Sub                                * Label
Program = 'm835.dat'
@crystal = 11059200
@baud = 9600

Config ADC = Single . Prescaler = Auto . Reference = Avcc
Start ADC

Dim Dataadc As Word
Dim Datategangan As Single
Const Vref = 5000

Do
Dataadc = Getadc(1)
Datategangan = Dataadc * 1
Datategangan = Datategangan * 5000
Datategangan = Datategangan / 1024
Datategangan = Datategangan / 1000
Print "tegangan channel satu : "; Format(datategangan , "#.##") ; " Volt"

Dataadc = Getadc(2)
Datategangan = Dataadc * 1
Datategangan = Datategangan * 5000
Datategangan = Datategangan / 1024
Datategangan = Datategangan / 1000
Print "tegangan channel dua : "; Format(datategangan , "#.##") ; " Volt"

Dataadc = Getadc(3)
Datategangan = Dataadc * 1
Datategangan = Datategangan * 5000
Datategangan = Datategangan / 1024
Datategangan = Datategangan / 1000
Print "tegangan channel tiga : "; Format(datategangan , "#.##") ; " Volt"
Waitms 500
Loop
  
```

Gambar 5.21 Program akuisisi data dengan ADC dari mikrokontroler 8535

```

tegangan channel dua:1.86
tegangan channel tiga:2.87
tegangan channel satu:1.51
tegangan channel dua:2.94
tegangan channel tiga:1.62
tegangan channel satu:2.38
tegangan channel dua:2.91
tegangan channel tiga:1.52
tegangan channel satu:2.83
tegangan channel dua:1.77
tegangan channel tiga:2.23
tegangan channel satu:2.58
tegangan channel dua:1.77
tegangan channel tiga:2.98
tegangan channel satu:1.45
tegangan channel dua:2.45
tegangan channel tiga:2.84
tegangan channel satu:1.68
tegangan channel dua:2.95
tegangan channel tiga:1.49
tegangan channel satu:2.72
tegangan channel dua:2.72
tegangan channel tiga:1.58
  
```

Gambar 5.22 Tampilan sementara keluaran ADC 1-3

Secara bertahap, pemrograman mikrokontroler untuk mengolah data serta program untuk menampilkan hasil di display akan berjalan paralel dengan pengukuran kecepatan udara.