

**DESAIN SISTEM PLASMA NITROGEN DENGAN KONTROL
SISTEM PENDINGIN SUBSTRAT DAN STUDI PENGARUH
TEMPERATUR SUBSTRAT TERHADAP KEKASARAN SERTA
SIFAT HIDROFOBİK LAPISAN POLISTIREN DI ATAS
SUBSTRAT KACA**

SKRIPSI

oleh :

**NOVI ARTIKA FITRIANI
125090307111014**



JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2016

REPOSITORY/UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA

REPOSITORY/UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



HALAMAN JUDUL
DESAIN SISTEM PLASMA NITROGEN DENGAN KONTROL
SISTEM PENDINGIN SUBSTRAT DAN STUDI PENGARUH
TEMPERATUR SUBSTRAT TERHADAP KEKASARAN SERTA
SIFAT HIDROFOBİK LAPISAN POLISTIREN DI ATAS
SUBSTRAT KACA

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Fisika

oleh :

NOVI ARTIKA FITRIANI
125090307111014



JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**DESAIN SISTEM PLASMA NITROGEN DENGAN
KONTROL SISTEM PENDINGIN SUBSTRAT DAN STUDI
PENGARUH TEMPERATUR SUBSTRAT TERHADAP
KEKASARAN SERTA SIFAT HIDROFOBIK LAPISAN
POLISTIREN DI ATAS SUBSTRAT KACA**

oleh :

NOVI ARTIKA FITRIANI

125030701111014

Setelah dipertahankan di depan Majelis Penguji
pada tanggal

Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang fisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Ir. D. J. Djoko H. S., M.Phil, Ph.D.
NIP. 196601311990021001

Dr. Eng. Masruroh., S.Si., M.Si
NIP. 197512312002122002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

Sukir Maryanto, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 197106211998021001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Novi Artika Fitriani
NIM : 125030701111014
Jurusan : Fisika
Penulis Skripsi Berjudul :

**DESAIN SISTEM PLASMA NITROGEN DENGAN
KONTROL SISTEM PENDINGIN SUBSTRAT DAN STUDI
PENGARUH TEMPERATUR SUBSTRAT TERHADAP
KEKASARAN SERTA SIFAT HIDROFOBIK LAPISAN
POLISTIREN DI ATAS SUBSTRAT KACA**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Isi dari Skripsi yang saya buat adalah benar – benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama – nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam Skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata Skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 27 Juli 2016

Yang menyatakan,

(Novi Artika Fitriani)
NIM. 125030701111014

DESAIN SISTEM PLASMA NITROGEN DENGAN KONTROL SISTEM PENDINGIN SUBSTRAT DAN STUDI PENGARUH TEMPERATUR SUBSTRAT TERHADAP KEKASARAN SERTA SIFAT HIDROFOBIK LAPISAN POLISTIREN DI ATAS SUBSTRAT KACA

ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan desain sistem pengontrol temperatur substrat dengan sistem pendingin termoelektrik pada proses perlakuan permukaan plasma nitrogen. Selanjutnya studi pengaruh temperatur substrat terhadap kekasaran dan sifat hidrofobik lapisan polistiren (PS) di atas substrat kaca dengan teknik plasma nitrogen. Lapisan polistiren dilapiskan dengan teknik *spin coating* dengan kecepatan 2000 rpm. Uji kekasaran permukaan PS sebelum dan sesudah perlakuan permukaan dengan plasma nitrogen diobservasi dengan *Topography Measurement System* (TMS12000), sedangkan observasi sifat hidrofobik dilakukan dengan mengukur sudut kontak aquades yang ditetaskan pada permukaan PS menggunakan pengukur sudut kontak cairan. Plasma nitrogen dibangkitkan dalam reaktor vakum kapasitif di atas substrat kaca yang telah dilapisi lapisan polistiren (PS) dengan variasi temperatur substrat 60°C, 70°C dan 80°C. Hasil yang didapatkan menunjukkan bahwa sistem pendingin substrat bekerja kurang maksimal pada sistem plasma karena terpengaruh oleh karakteristik dari plasma. Hasil observasi TMS didapatkan nilai kekasaran cenderung menurun dengan naiknya temperatur begitupun dengan nilai sudut kontak, kecuali pada temperatur 60°C nilai sudut kontaknya meningkat. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sifat hidrofobitas permukaan tidak sepenuhnya dipengaruhi oleh kekasaran permukaan.

Kata kunci: Termoelektrik, polistiren, plasma nitrogen, kekasaran hidrofobitas.

DESIGN OF THE NITROGEN PLASMA SYSTEM WITH CONTROL SUBSTRATE COOLER SYSTEM AND STUDY OF INFLUENCE OF SUBSTRATE AT ROUGHNESS AND HYDROPHOBIC PROPERTIES POLYSTYRENE LAYER ABOVE GLASS SUBSTRATE

ABSTRACT

This research has been conducted design of the temperature substrate control system with a thermo-electric cooling system in the process of nitrogen plasma surface treatment. Another objective is to study the influence of substrate temperature at roughness and hydrophobicity properties of polystyrene (PS) layer above substart glass with nitrogen plasma technique. A layer of polystyrene was mounted with spin coating technique with a speed of 2000 rpm. Surface roughness observation of PS before and after treated in nitrogen plasma is done by Topography Measurement System (TMS 1200), while observation hydrophobicity test has been done by measure the contact angle of aquades droplet on the PS surface by using Contact Angle Measurement equipment. Nitrogen plasma has been generated in the capasitive reactor at vacuum reactor capacitive over the glass substrate that has been coated with a layer of PS with variations of temperature the substrate 60°C, 70°C and 80°C. The result shows that the cooling substrate system works less maximum in plasma system due to be the plasma characteristics . TMS result shows that the roughness tends to decrease with a rise of temperature and the contact angle down in line with the rise in temperature, except the contact angle is increase at temperature of 60°C. From that result it can be concluded that it is not fully hydrophobicity properties is affected by surface roughness.

Key words: Thermo-electric, polystyrene, nitrogen plasma, roughness, hydrophobicity .

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Desain Sistem Plasma Nitrogen dengan Kontrol Sistem Pendingin Substrat dan Studi Pengaruh Temperatur Substrat terhadap Kekasaran serta Sifat Hidrofobik Lapisan Polistiren di atas Substrat Kaca*” sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Fisika. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada :

1. Bapak dan ibu tercinta serta kakak, yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dan dukungan moril maupun materil.
2. Bapak Ir.DJ.Djoko H.Santjojo.,M.Phil,Ph.D. selaku dosen pembimbing I dan pembimbing akademik yang telah membimbing serta selalu memberikan diskusi, motivasi yang berharga sehingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik.
3. Dr.Eng. Masrurroh., S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan dan pengarahan sehingga terselesaikannya skripsi ini dengan baik.
4. Bapak Sukir Maryanto, S.Si.,M.Si.,Ph.D selaku ketua jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Brawijaya.
5. Seluruh dosen, staf pengajar, laboran dan karyawan Jurusan Fisika Universitas Brawijaya.
6. Mas faisol, mbk nike, nur, mas sigit, rizal, ridha, sabana, lalu, fila,afiq, atas diskusi dan kebersamaan doa dan dukungannya.
7. Teman-teman prodi Fisika 2012 serta keluarga Lembaga Tinggi Pesantren Luhur Malang khususnya keluarga PL atas bantuan, dukungan dan kerjasamanya atas doa, pengalaman, motivasi dan bantuan selama penyusunan skripsi ini.
8. Terima kasih kepada CRC-ASMAT (Collaborative Research Center - Advanced System and Material Technology) yang telah mendanai penelitian ini.
9. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan semuanya.



Penulis menyadari bahwa laporan ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk penulisan yang lebih baik. Semoga skripsi ini memberikan manfaat bagi pembaca.

Malang, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
LEMBAR PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Polistiren Sebagai Matriks QCM	5
2.2 Plasma Nitrogen	7
2.3 Pengaruh Temperatur (Substrat) Terhadap Proses Plasma Nitrogen	8
2.4 Prinsip Kerja Termoelektrik	9
2.5 Teknik Deposisi Lapisan Tipis dengan Metode <i>Spin Coating</i>	10
2.6 Teknik Pengukuran Kekasaran Permukaan dengan <i>Topography Measurement System (TMS)</i>	12
2.7 Teknik Pengukuran Sudut Kontak dengan Pengukur Sudut Kontak Cairan	14
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Tahap Penelitian	17
3.2.1 Spesifikasi Sistem Pendingin	18
3.2.2 Persiapan Bahan	19



3.2.3 Melapiskan Polistiren pada Sampel dengan Metode <i>Spin Coating</i>	19
3.2.4 Mengukur Kekasaran Permukaan Polistiren dengan TMS.....	19
3.2.5 Mengukur Sudut Kontak Polistiren Menggunakan Pengukur Sudut Kontak Cairan.....	20
3.2.6 Proses <i>Surface Treatment</i> Menggunakan Plasma Nitrogen	20
3.2.7 Mengukur Kekasaran Permukaan Polistiren Dengan TMS Sesudah <i>Surface Treatment</i> dengan Plasma Nitrogen	21
3.2.8 Mengukur Sudut Kontak Polistiren Menggunakan Pengukur Sudut Kontak Cairan Sesudah <i>Surface Treatment</i> dengan Plasma Nitrogen.	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Pengujian Karakteristik dan Performa Sistem Pendingin	23
4.1.1 Pengujian Karakteristik Termoelektrik di Atmosfir	23
4.2 Prilaku Sistem Plasma pada Proses <i>Surface Treatment</i>	26
4.3 Pelapisan Larutan Polistiren.....	28
4.4 Pengaruh Temperatur Substrat pada <i>Surface Treatment</i> dengan Plasma Nitrogen Terhadap Kekasaran Lapisan Polistiren.....	29
4.5 Pengaruh Kekasaran Terhadap Sudut Kontak Lapisan Polistiren.....	34
BABV PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 a. Struktur stirena b.Struktur Polistiren.....	5
Gambar 2. 2 Struktur Kristal kaca (Yamane & Asahara).....	6
Gambar 2. 3 Rangkaian Sistem Plasma Kapasitif (Lieberman, 2003).....	8
Gambar 2. 4 Ilustrasi Efek Peltier.....	10
Gambar 2. 5 Tahapan Metode <i>Spin Coating</i> (Aguilar & Lopez,2011).....	11
Gambar 2. 6 Parameter kekasaran per luasan (Sa).....	12
Gambar 2. 7 Parameter kekasaran per luasan (Sq).....	12
Gambar 2. 8 Parameter kekasaran per luasan (Sz).....	13
Gambar 2. 9 Parameter rasio kekasaran luasan.....	13
Gambar 2. 10 Ilustrasi sudut kontak dengan tetesan cairan (Yuan & Lee, 2013).....	14
Gambar 2. 11 Perbandingan sudut kontak yang dihasilkan dari interaksi cairan permukaan datar (kiri) dan permukaan kasar (kanan) (Bhusan dalam Gusti, 2014).....	15
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	18
Gambar 3. 2 Ilustrasi sistem reaktor plasma nitrogen.....	21
Gambar 3. 1 Termoelektrik TEC1-01703.....	19
Gambar 4. 2 Grafik pendinginan Termoelektrik.....	24
Gambar 4. 3 Hubungan laju perpindahan energi dengan tegangan.....	25
Gambar 4. 4 Grafik hubungan waktu dan temperature substrat.....	27
Gambar 4. 5 Hasil pelapisan polistiren pada cover glass.....	28
Gambar 4. 6 Hasil uji mikroskop optik lapisan polistiren.....	28
Gambar 4. 7 Grafik hubungan temperatur substrat dengan Sz sebelum dan sesudah treatment plasma.....	29
Gambar 4. 8 Grafik hubungan temperatur dengan Sa sebelum dan sesudah treatment plasma.....	30
Gambar 4. 9 Grafik hubungan temperatur dengan Sq sebelum dan sesudah treatment plasma.....	30



Gambar 4. 10 Grafik hubungan temperatur dengan Sdr sebelum dan sesudah treatment plasma.....31

Gambar 4. 11 Hasil uji TMS lapisan terkikis yang memberikan informasi33

Gambar 4. 12 Hasil uji TMS lapisan hangus yang tidak memberikan informasi33

Gambar 4. 13 Grafik hubungan temperatur dengan sudut kontak.....34

Gambar 4. 14 Sudut kontak sebelum treatment plasma.....35

Gambar 4. 15 Gambar sudut kontak setelah treatment plasma pada temperature substrat 60⁰C35

Gambar 4. 16 Sudut kontak sebelum treatment plasma.....36

Gambar 4. 17 Gambar sudut kontak setelah treatment plasma pada temperature substrat 70⁰C36

Gambar 4. 18 Sudut kontak sebelum treatment plasma.....37

Gambar 4. 19 Gambar sudut kontak setelah treatment plasma pada temperature substrat 80⁰C37

Gambar 4. 20 grafik pembacaan thermometer digital dan termokopel pada titik yang sama.....45

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2. 1 Properti Polistiren	6
Tabel 3.1 Spesifikasi termoelektrik TEC1-01703.....	18
Tabel A. 1 Sebelum treatment plasma.....	46
Tabel A. 2 Sesudah treatment plasma.....	46
Tabel A. 3 Hasil pengukuran sudut kontak.....	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kalibrasi Alat.....	43
Lampiran 2 Hasil pengukuran kekasaran.....	46
Lampiran 3 Hasil pengukuran sudut kontak.....	46

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sensor *Quart Crystal Microbalance* (QCM) merupakan sensor piezoelektrik yang telah banyak digunakan karena memiliki kemampuan merekam reaksi real time dan sensitivitas tinggi terhadap perubahan massa (Kurosawa dkk, 2006) salah satunya dibidang kesehatan dengan dilapisi bahan tertentu sebagai bioimunisensor untuk protein (Marx ,2003).

Pada perkembangannya untuk meningkatkan performa QCM biosensor dapat dilakukan melalui modifikasi permukaan sensor dengan lapisan tipis yang bersifat mengikat biomolekul seperti polistiren yang telah dikembangkan. Selain itu pelapisan polistiren dapat mencegah oksidasi permukaan elektroda pada QCM, mengurangi kekasaran elektroda, dan mengubah sifat kontak antara cairan dengan sensor untuk immobilisasi (Sakti dkk, 2012).

Permukaan sensor QCM yang baik adalah yang bersifat hidrofobik karena dapat mengikat protein lebih banyak melalui adsorpsi fisika. Semakin besar sudut kontak air pada permukaan zat padat, maka permukaan tersebut semakin hidrofobik (Irawati dkk, 2013). Sifat hidrofobik permukaan zat padat dapat ditingkatkan dengan memodifikasi morfologi permukaan, salah satunya adalah kekasaran yang dinyatakan dalam persamaan wenzel. Menurut penelitian sebelumnya yang dilakukan (Irawati dkk, 2013) dan (Amaliya & Sakti 2015) polistiren yang diradiasi UV bersifat hidrofilik karena memiliki sudut kontak yang kecil.

Modifikasi permukaan QCM menggunakan polistiren dengan pelarut kloroform menghasilkan morfologi yang lebih kasar dibandingkan dengan pelarut toluen, THF dan xylene (Masruroh dkk, 2014). Hal ini dikarenakan perbedaan tekanan uap yang lebih tinggi pada pelarut polistiren yakni 0,26 atm pada suhu kamar 25⁰ C. Lapisan tipis pada QCM yang memiliki morfologi lebih kasar dapat meningkatkan pengikatan biomolekul (Sakti dkk,2012).

Teknik nitridasi plasma merupakan salah satu proses perlakuan permukaan (*surface treatment*) yang dapat meningkatkan fungsionalisasi permukaan bahan. Prosesnya dilakukan pada kondisi

vakum dengan diisikan gas nitrogen dan kemudian diberi beda potensial diantara dua elektrodanya yang mengakibatkan terbentuknya ion nitrogen yang menuju ke benda kerja sehingga terjadi proses deposisi dan difusi ion nitrogen ke dalam permukaan benda (Sunarto, 2003).

Keuntungan dari treatment plasma pada polimer adalah bahwa plasma memodifikasi hanya atas beberapa nm dari permukaan, modifikasi seragam dan sifat sebagian besar bahan tidak berubah. Kekasaran permukaan juga merupakan salah satu dari parameter yang dapat dikorelasikan dengan permukaan lapisan polimer dan dapat diubah dengan treatment plasma (Mozetic dkk,2010)

Berdasarkan eksperimen pendahuluan yang telah dilakukan dengan menggunakan plasma nitridasi pada temperatur substrat 100°C sampel yang telah dilapis dengan polistiren tampak permukaannya berubah menjadi halus sebagian setelah dilakukan proses modifikasi permukaan. Hal ini dikarenakan polistiren memiliki temperatur gelas $90-100^{\circ}\text{C}$ dan titik lelehnya 240°C , sehingga diperlukan alat pengontrol temperatur substrat.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan dapat diperoleh permasalahan, diantaranya sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang sistem pendingin substrat?
2. Bagaimana pengaruh temperatur substrat pada proses plasma nitrogen terhadap kekasaran permukaan dan sudut kontak polistiren?
3. Bagaimana hubungan antara kekasaran permukaan dengan sudut kontak polistiren?

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan pada penelitian ini dibatasi pada perlakuan plasma nitrogen dengan temperatur substrat yang diteliti antara 60°C sampai 80°C dan bahan polistiren yang digunakan dengan berat molekul 192,000 kDa.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :



1. Merancang sistem pendingin substrat
2. Mengetahui pengaruh temperatur substrat pada proses plasma nitrogen terhadap kekasaran permukaan dan sudut kontak polistiren.
3. Mengetahui hubungan antara kekasaran permukaan dengan sudut kontak polistiren.

1.5 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan nilai kekasaran dan sifat hidrofobik lapisan polistiren dengan perlakuan permukaan plasma nitrogen.

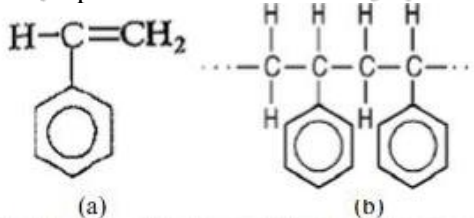


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Polistiren Sebagai Matriks QCM

Pada perkembangannya untuk meningkatkan performa QCM biosensor dapat dilakukan melalui modifikasi permukaan sensor dengan lapisan tipis yang bersifat mengikat biomolekul seperti polistiren yang telah dikembangkan. Selain itu pelapisan polistiren dapat mencegah oksidasi permukaan elektroda pada QCM, mengurangi kekasaran elektroda, dan mengubah sifat kontak antara cairan dan sensor untuk immobilisasi (Sakti dkk,2012).

Polistiren adalah sebuah polimer dengan monomer stirena, sebuah hidrokarbon yang dibuat secara komersil dari minyak bumi. Polistiren biasanya berifat termoplastik pada saat suhu ruang dan mencair pada suhu yang relatif tinggi, secara stuktur polistiren merupakan rangkaian panjang hidrikarbon dengan gugus fenil yang berdekatan setiap atom karbon.



Gambar 2.1 a. Struktur stirena b.Struktur Polistiren

(gambar <https://ml.scribd.com/doc/54055274/polistiren>)

Nama : Polistiren, Styrofoam

Kelas : Vinyl Polimer

Struktur : $(-\text{CH}-\text{CH}_2-)$



Properti	Kondisi	Nilai
Temperatur Glass	-	373 K

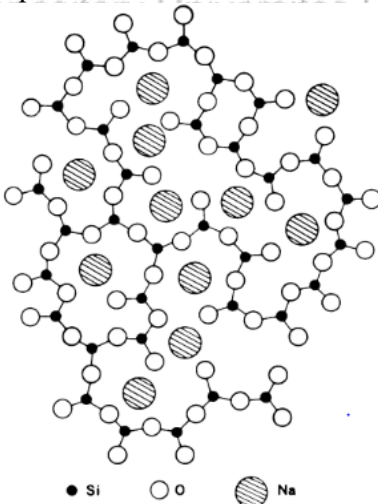


Titik Leleh	-	513 K
Density	Amorphous	$1.04 \pm 1.065 \text{ gcm}^{-3}$
	Cristalline	$1.111 \pm 1.127 \text{ gcm}^{-3}$
Konstanta Dielektrik	Amorphous	2.49-2.55
	Cristalline	2.61

Tabel 2. 1 Properti Polistiren (E.Mark,1999)

- Substrat Kaca

Kaca merupakan material non-kristal yang tidak menunjukkan keteraturan (amorf). Dengan struktur Kristal seperti berikut



Gambar 2. 2 Struktur Kristal kaca (Yamane & Asahara)

Tabel 2. 2 Properti kaca

Properti	Satuan
Densitas	2500 kg/m^3
Konduktivitas termal	0.8 W/mK
Konstanta dielektrik	6.7
Suhu Transformasi (T_g)	557°C
Index refraktif	1.523

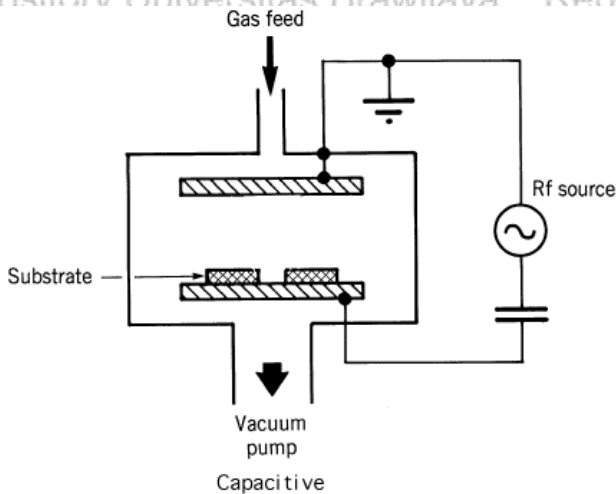
2.2 Plasma Nitrogen

Teknik nitrogen plasma merupakan salah satu proses perlakuan permukaan (*surface treatment*) yang dapat meningkatkan kualitas permukaan material. Prosesnya dilakukan pada kondisi vakum dengan diisikan gas nitrogen dan kemudian diberi beda potensial diantara dua elektrodanya yang mengakibatkan terbentuknya ion nitrogen yang menuju ke benda kerja sehingga terjadi proses deposisi dan difusi ion nitrogen ke dalam permukaan benda kerja (Sunarto,2003).

Proses plasma nitriding dilakukan pada tekanan rendah dan diberi beda potensial untuk melucutkan atom gas yang mengandung nitrogen sehingga terjadi lucutan pijar yang disebut *glow discharge*. Pada plasma nitridasi terjadi 2 proses yaitu proses penguraian nitrogen dan proses ionisasi. Pada proses penguraian nitrogen ini terjadi peristiwa disosiasi yaitu pemisahan molekul gas menjadi atom-atom penyusunnya akibat tumbukan antara elektron-elektron bebas dengan partikel-partikel gas, hasil dari penguraian nitrogen ini terbentuk ion-ion positif nitrogen. Ion-ion positif nitrogen yang terbentuk kemudian masuk ke permukaan spesimen membentuk lapisan tipis.

Sedangkan pada proses ionisasi, ion nitrogen yang terbentuk karena adanya beda potensial akan bergerak menuju katoda dan menumbuk spesimen yang terdapat pada katoda, tumbukan tersebut menyebabkan atom-atom yang terdapat pada permukaan spesimen terlepas dan selanjutnya bereaksi dengan ion nitrogen membentuk nitrida. Sebagian atom-atom nitrogen akan berdifusi ketempat yang lebih dalam dan membentuk larutan padat (Nova dkk,2012).

Pada plasma polimer tumbukan ion dapat menyebabkan perubahan drastis pada polimer. Ion dipercepat menuju polimer selanjutnya terjadi sputtering dan tumbukan pada fisik bahan. energi ion tergantung kedalaman di mana ion menembus dalam suatu material (Kaklamani, 2012)



Gambar 2. 3 Rangkaian Sistem Plasma Kapasitif (Lieberman, 2003)

Prinsip kerja dari plasma nitrogen temperatur rendah pada aplikasi industri dapat dibagi dalam 4 tahap, yaitu:

- 1) Pembangkitan medan listrik oleh macam-macam sumber daya.
- 2) Pemanasan gas elektron.
- 3) Transfer energi kepada partikel berat dengan tumbukan menyebabkan disosiasi, eksitasi dan ionisasi.
- 4) Interaksi dinding-plasma pada permukaan target (Suprpto dkk, 2010)

2.3 Pengaruh Temperatur (Substrat) terhadap Proses Plasma Nitrogen

Proses pendeposisian atom-atom nitrogen kedalam permukaan spesimen tergantung suhu spesimen. Dengan naiknya suhu, maka atom-atom dalam spesimen akan bergetar dan menimbulkan jarak antar atom yang lebih besar dan memungkinkan atom-atom karbon masuk lebih dalam diantara celah-celah atom atau menempati posisi kekosongan yang ada (Nova dkk,2012).

Atom-atom suatu bahan akan berada dalam keadaan diam dan stabil tidak bergerak lagi apabila berada pada suhu 0 K (-273 °C). Pada keadaan ini atom-atom akan berada pada keadaan energi

yang terendah diantara atom-atom sekitarnya. Apabila material tersebut dinaikkan suhunya maka energinya akan meningkat dan menyebabkan atom-atom tersebut akan bergerak/bergeser sehingga menimbulkan jarak atom yang lebih besar yang memungkinkan atom-atom tersebut mempunyai energi yang lebih besar untuk melompat ke posisi baru. Proses pergerakan atom ini dinamakan difusi. Sifat difusitas masing-masing atom berbeda, dengan naiknya suhu akan menambah energi atom untuk bergeser, dan sejumlah kecil atom akan berpindah dalam kisi. Energi yang diperlukan untuk pindahnya sebuah atom dikenal dengan energi aktivasi dalam satuan joule/mol. Pengaruh suhu terhadap difusitas atom ke dalam atom lain dapat dirumuskan dalam persamaan.

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) \quad (2.1)$$

dengan:

D : koefisien difusi (m^2/s)

D_0 : koefisien difusi awal (m^2/s)

Q : energi aktivasi (Joule/mol)

R : tetapan gas = $8,314 \text{ J/mol K}$

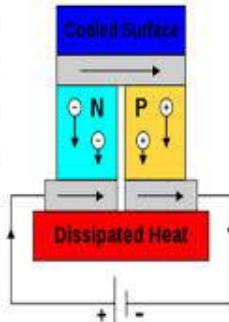
T : temperatur (K)

(Yunus dkk, 2013)

2.4 Prinsip Kerja Termoelektrik

Termoelektrik adalah teknologi yang bekerja dengan mengkonversi energi panas menjadi listrik secara langsung (generator termoelektrik), atau sebaliknya, dari listrik menghasilkan dingin (pendingin termoelektrik). Pendingin termoelektrik adalah alat yang dapat menimbulkan perbedaan suhu antara kedua sisinya jika dialiri arus listrik searah pada kedua kutub materialnya, dalam hal ini semikonduktor.

➤ Efek Peltier



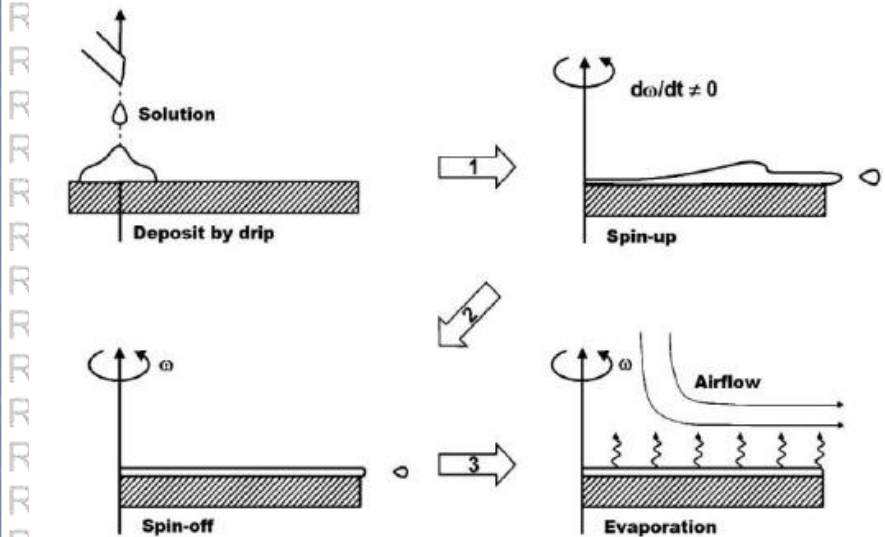
Gambar 2. 4 Ilustrasi Efek Peltier

Pada ilustrasi di atas listrik dialirkan pada dua semikonduktor yang direkatkan dalam sebuah rangkaian. Ketika arus listrik dialirkan, terjadi penyerapan panas pada sambungan kedua semikonduktor. Jika dialiri arus dari arah semikonduktor tipe-n ke tipe-p akan menyerap kalor atau dengan kata lain menjadi dingin. Sedangkan, interkoneksi yang dialiri arus dari arah semikonduktor tipe-p ke tipe-n akan membuang/mendisipasi kalor atau dengan kata lain menjadi panas. Interkoneksi antara semikonduktor pada elemen konduktor yang menyebabkan arus dapat mengalir dalam dua arah. Pelepasan dan penyerapan panas ini saling berbalik begitu arah arus dibalik. Penemuan yang terjadi pada tahun 1934 ini kemudian dikenal dengan efek Peltier.

(Ilham dkk, 2013)

2.5 Teknik Deposisi Lapisan Tipis dengan Metode *Spin Coating*

Metode *spin coating* merupakan metode deposisi lapisan tipis dengan cara mendeposisikan larutan lapisan tipis di atas substrat, prosesnya larutan yang akan dideposisikan diteteskan di atas substrat kemudian substrat diputar dengan kecepatan konstan dan dengan selang waktu tertentu. Metode ini menggunakan prinsip fisika keseimbangan antara gaya yang disebabkan oleh viskositas larutan dengan gaya sentrifugal yang di tentukan oleh kecepatan substrat.



Gambar 2. 5 Tahapan Metode *Spin Coating* (Aguilar & Lopez,2011)

Pada metode *spin coating* terdapat empat tahapan yakni:

1. Deposisi

Material yang telah dilarutkan ditetaskan pada pusat rotasi substrat baik dalam keadaan diam maupun berputar dengan kecepatan rendah.

2. Spin up

Substrat mulai dipercepat untuk mencapai kecepatan rotasi konstan sehingga larutan mengalir ke arah radikal dan menutupi seluruh permukaan substrat yang disebabkan oleh gaya sentrifugal.

3. Spin off

Substrat berputar pada kecepatan konstan dan jumlah larutan pada substrat berkurang sehingga larutan menjadi tipis. Keseragaman ketebalan lapisan dikarenakan adanya gaya sentrifugal dan gaya viskositas yang saling berlawanan.

4. Evaporasi

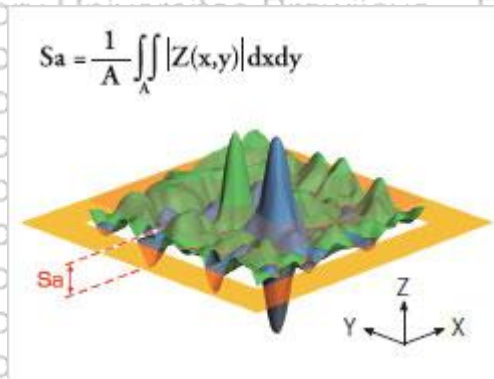
Meskipun evaporasi sudah terjadi selama proses *spin coating* namun perlu dilakukan evaporasi lagi untuk benar-benar menghilangkan pelarut dan menipiskan lapisan (Aguilar & Lopez 2011).



2.6 Teknik Pengukuran Kekasaran Permukaan dengan Topography Measurement System (TMS)

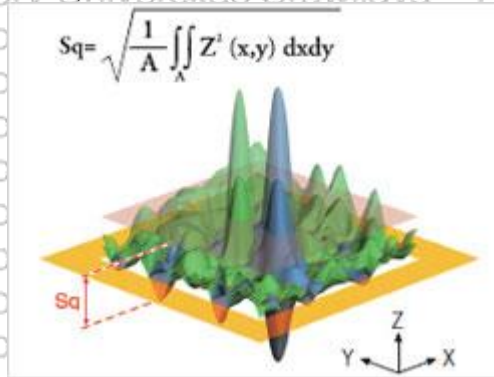
Topography Measurement System (TMS) merupakan teknik pengukuran kekasaran bahan menggunakan prinsip spektroskopi. Dari hasil pengukuran menggunakan Topography Measurement System (TMS) didapatkan data kekasaran luasan (S). Beberapa parameter kekasaran luasan yakni :

- Sa (kekasaran rata-rata)



Gambar 2. 6 Parameter kekasaran per luasan (S_a)
 S_a pada aplikasinya digunakan untuk hasil proses permukaan yang di mesin.

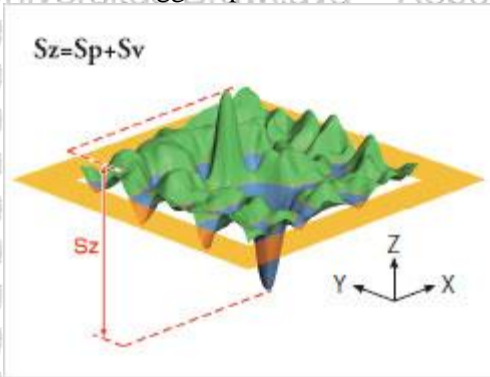
- S_q (deviasi rms)



Gambar 2. 7 Parameter kekasaran per luasan (S_q)

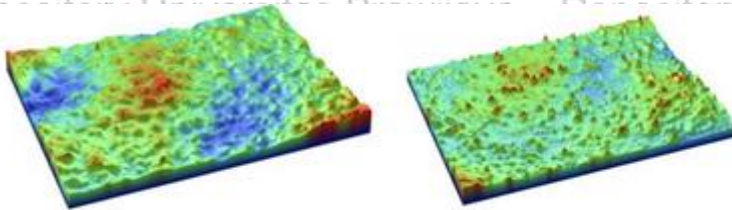
Aplikasi Sq khususnya digunakan untuk menentukan permukaan secara optik.

- Sz (Penjumlahan ketinggian puncak dan kedalaman lembah)



Gambar 2. 8 Parameter kekasaran per luasan (Sz)

- Sdr (rasio kekasaran luasan)



Gambar 2. 9 Parameter rasio kekasaran luasan

$$Sdr = \frac{(\text{luas tekstur permukaan}) - (\text{luas penampang})}{\text{luas penampang}} \quad (2.2)$$

Sdr lebih dapat membedakan permukaan amplitudo yang sama dan kekasaran rata-rata. Sdr berguna dalam aplikasi yang melibatkan lapisan permukaan dan adhesi. Sdr dipengaruhi baik oleh tekstur amplitudo dan jarak.

Untuk mendapatkan nilai rasio kekasaran dapat diketahui dengan persamaan dibawah:

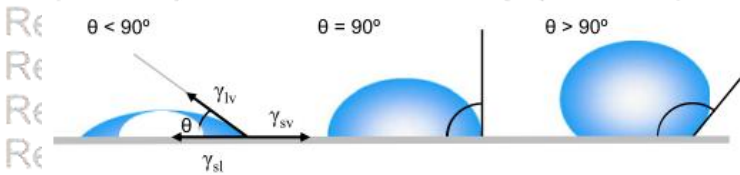
$$r = 1 + Sdr/100 \quad (2.3)$$



Menurut persamaan wenzel di atas jika nilai $r = 1$ (permukaan halus), dan jika $r > 1$ permukaan kasar. Dari data diatas menunjukkan bahwa semua kode memiliki nilai r lebih dari satu sehingga dapat dikatakan semua lapisan pada sampel permukaannya kasar (Anonymous, 2006).

2.7 Teknik Pengukuran Sudut Kontak dengan Pengukur Sudut Kontak Cairan

Sudut kontak merupakan sudut yang dibentuk oleh perpotongan garis antar muka padat-cair dengan cair udara. Apabila sudut kontak air lebih dari 90° maka permukaan zat padat tersebut bersifat hidrofobik dan sebaliknya jika sudut kontak air kurang dari 90° maka permukaan zat padat tersebut bersifat hidrofilik. Sifat hidrofobik (Hidrofobisitas) adalah sifat takut air atau anti air. Suatu permukaan dikatakan bersifat hidrofobik jika permukaan tersebut tidak basah bila terkena air, permukaan selalu terlihat bersih dan bersifat non polar sedangkan permukaan bersifat hidrofilik suka terhadap air dan bersifat polar (Gusrita & Gusnedi, 2014). Sudut kontak dapat diukur menggunakan pengukur sudut kontak cairan.

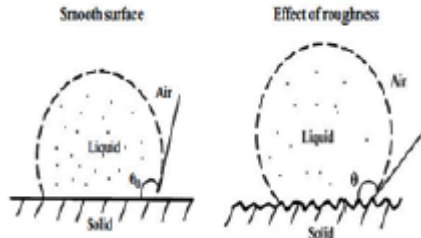


Gambar 2. 10 Ilustrasi sudut kontak dengan tetesan cairan (Yuan & Lee, 2013)

Thomas Young (1805) menjelaskan bahwa sudut kontak dari setetes cairan pada permukaan padat dapat ditentukan oleh keseimbangan mekanis dari tetesan di bawah pengaruh tiga tegangan antarmuka.

$$\gamma_{lv} \cos \theta_Y = \gamma_{sv} - \gamma_{sl} \quad (2.4)$$

dimana $\gamma_{lv}, \gamma_{sv}, \gamma_{sl}$ masing-masing mewakili tegangan antarmuka yakni cair-uap, padat-uap, dan padat-cair. θ_Y adalah sudut kontak (Yuan & Lee, 2013).



Gambar 2. 11 Perbandingan sudut kontak yang dihasilkan dari interaksi cairan permukaan datar (kiri) dan permukaan kasar (kanan) (Bhusan dalam Gusti, 2014)

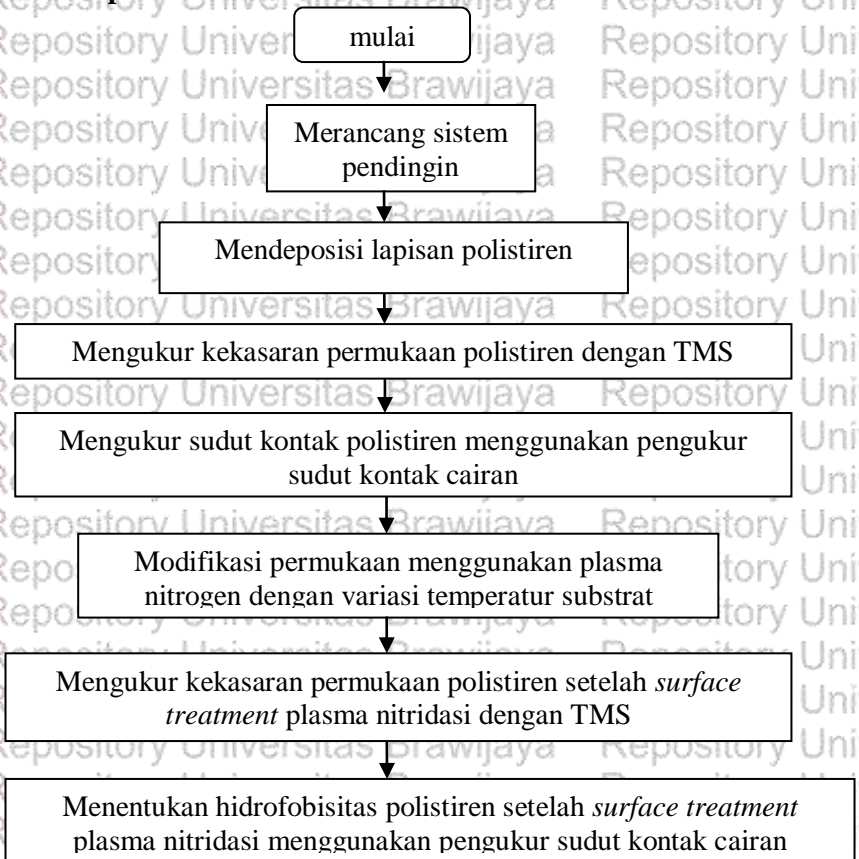
Secara umum sistem pengukuran sudut kontak terdiri dari empat komponen yaitu sistem penetes cairan, meja sampel, sistem pengamatan dan sistem pengukuran. Meja sampel berfungsi sebagai tempat dudukan holder sampel. Sistem pengamatan berupa mikroskop digital yang terhubung dengan laptop/PC berfungsi untuk mengambil gambar tetesan air/cairan secara *realtime*. Sistem pengukuran menggunakan laptop/PC berfungsi untuk mengoperasikan mikroskop digital, mengolah gambar, dan menjalankan program perhitungan sudut kontak (Amaliya & Sakti, 2015).

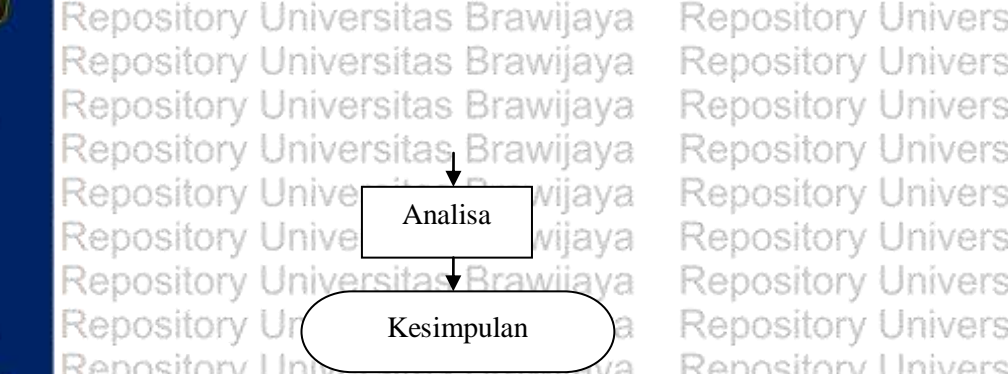
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai 16 November 2015 sampai 20 Juli 2016 di Laboratorium Material, Laboratorium Biofisika dan Laboratorium Instrumentasi Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.

3.2 Tahap Penelitian





Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.2.1 Spesifikasi Sistem Pendingin

Pada penelitian ini bagian bawah elektroda (anoda) dipasang termoelektrik (dingin) yang bertujuan untuk mendinginkan temperature substrat dalam reaktor plasma. Termoelektrik yang digunakan adalah termoelektrik tipe TEC1-01703 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi termoelektrik TEC1-01703

Property	Keterangan
Warna	Putih
Berat bersih	7g
Negara	Cina
Isi paket	1x pelat pendingin modul
Model	TEC1-01703
Vmax	2 volt
Dimensi	15mmx15mmx4,2mm
Bahan	Keramik, bagian plastik
Qcmax	3.9 w
Suhu Operasi	-50 sampai 100°C
Imax	3,9 A



Gambar 3. 1 Termoelektrik TEC1-01703

3.2.2 Persiapan Bahan

Sebelum larutan polistiren dilapiskan pada permukaan sampel dengan metode *spin coating*, terlebih dahulu polistiren dilarutkan menggunakan klorofom dengan konsentrasi 3%, hal ini dikarenakan menurut (Prisma, 2012) konsentrasi 3% merupakan konsentrasi optimum serta konsentrasi tidak mempengaruhi perubahan sudut kontak (Amaliya & Sakti 2015).

$$3\% = \frac{3 \text{ gram polistiren}}{100 \text{ ml pelarut(klorofom)}} = \frac{0.06 \text{ gram polistiren}}{2 \text{ ml pelarut (klorofom)}}$$

Polistiren yang dilarutkan diaduk dengan *ultrasonic cleaner* untuk mendapatkan larutan yang homogen.

3.2.3 Melapiskan Polistiren pada Sampel dengan Metode *Spin Coating*

Polistiren yang sudah dilarutkan dengan klorofom dideposisi menggunakan *spin coater* dengan parameter $\omega = 2000$ rpm dengan volume $50 \mu\text{l}$. Parameter tersebut digunakan karena berdasarkan penelitian pendahuluan, parameter *spin coater* tersebut sudah dapat menghasilkan lapisan tipis yang baik. Kemudian sampel diannealing selama 1 jam dengan suhu 100°C untuk menghilangkan uap air dan pelarut.

3.2.4 Mengukur Kekasaran Permukaan Polistiren dengan TMS

Polistiren yang sudah dilapiskan diukur kekasarannya menggunakan TMS 1200 agar dapat diketahui perubahan yang terjadi sebelum proses plasma nitridasi dan sesudahnya. Pada

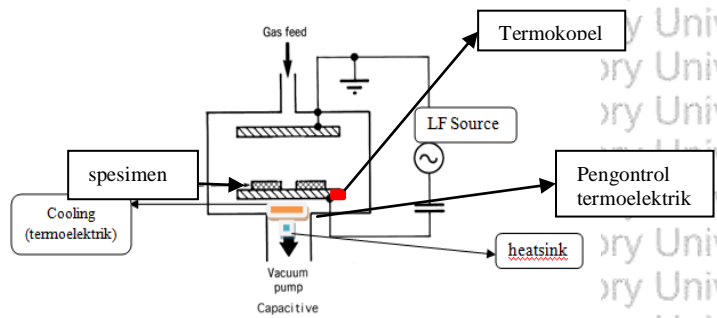
pengukuran ini menggunakan kekasaran per luasan, dengan parameter, Sa, Sq, Sdr sebagaimana yang telah dijelaskan pada bab 2. Dalam hal ini digunakan analisis kekasaran per luasan dikarenakan adanya hubungan antara kekasaran dengan sudut kontak. Menurut L.Blunt (2003) bahwa tekstur rasio kekasaran dari topologi 3D dapat diukur dengan Sdr yang dipengaruhi oleh nilai Sa. Selain itu jika menggunakan kekasaran permukaan per luasan lebih memudahkan dalam menganalisa dikarenakan pada penelitian ini juga menentukan hidrofobisitas lapisan, sehingga jika menggunakan kekasaran luasan akan sebanding dengan besarnya cairan yang diteteskan ke luasan lapisan. Pada pengukuran kekasaran ini dilakukan pengulangan sebanyak lima titik agar didapatkan data yang valid.

3.2.5 Mengukur Sudut Kontak Polistiren Menggunakan Pengukur Sudut Kontak Cairan

Untuk mengetahui sifat hidrofobik atau hidrofilik dari zat padat dapat diketahui melalui pengukuran sudut kontak. Untuk mengetahui besarnya sudut kontak dilakukan pengukuran dengan pengukur sudut kontak cairan sebelum dan sesudah treatment plasma nitrogen, pada pengukuran ini menggunakan cairan aquadest dengan volume 20 μ l. Selain itu pada pengukuran ini juga dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak empat sisi. Dikatakan bersifat hidrofobik jika sudut kontak air lebih dari 90⁰, sebaliknya jika sudut kontak kurang dari 90⁰ maka dikatakan bersifat hidrofilik.

3.2.6 Proses *Surface Treatment* Menggunakan Plasma Nitrogen

Dalam proses ini spesimen dimasukkan dalam reaktor plasma nitrogen yang terdiri dari dua buah elektroda dengan jarak 0,8 cm yang didalamnya sudah didesain dengan cooling (termoelektrik) yang dilengkapi heatsink berdimensi 15 mmx 15 mmx 4,2 mm pada elektroda bawah. Selanjutnya reaktor plasma dihidupkan dengan menggunakan variasi temperatur. Pada proses ini variasi temperatur dikontrol dengan menambahkan cooling berupa termoelektrik di bawah elektroda Hal ini dilakukan untuk fungsionalisasi permukaan plasma dengan menggunakan gas nitrogen. Seperti di perlihatkan pada gambar 3.2



Gambar 3. 2 Ilustrasi sistem reaktor plasma nitrogen

Pada proses ini jarum regulator tabung gas diatur pada 5 kg/cm^3 kerana jika di atur lebih dari 5 kg/cm^3 atau kurang dari itu akan mempengaruhi aliran gas, bola penunjuk pada flowmeter akan naik turun jika jarum regulator tabung gas tidak diatur pada 5 kg/cm^3 . Pada penelitian ini reaktor divakumkan terlebih dahulu hingga tekanan mencapai 0.0188 Torr , untuk mencapai tekanan tersebut dibutuhkan waktu vakum 10 menit, selanjutnya aliran gas diatur pada 20 ml/min dengan daya pada generator yang digunakan 40 watt. Kabel IC yang ada di dalam reaktor yakni kabel termoelektrik dan termokopel diselubungi dengan selubug isolator yang selanjutnya dibungkus dengan aluminium foil agar tidak terjadi induksi antar kabel.

3.2.7 Mengukur Kekasaran Permukaan Polistiren Dengan TMS Sesudah *Surface Treatment* dengan Plasma Nitrogen

Polistiren yang sudah ditreatment menggunakan plasma nitrogen diukur kekasarannya menggunakan TMS 1200 agar dapat diketahui perubahan yang terjadi setelah proses plasma nitrogen.

3.2.8 Mengukur Sudut Kontak Polistiren Menggunakan Pengukur Sudut Kontak Cairan Sesudah *Surface Treatment* dengan Plasma Nitrogen.

Untuk mengetahui sifat hidrofobik atau hidrofilik dari zat padat dapat diketahui melalui pengukuran sudut kontak polistiren sesudah *surface treatment* menggunakan plasma nitrogen.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Karakteristik dan Performa Sistem Pendingin

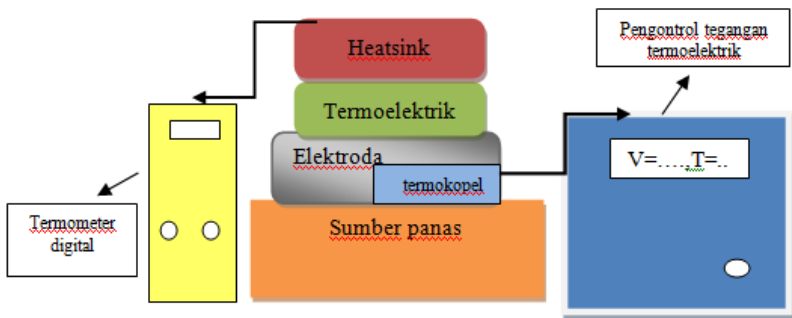
Untuk mengetahui karakteristik dan unjuk kerja sistem pendingin, dalam hal ini termoelektrik yang diletakkan pada elektroda bawah (dalam reaktor plasma) diperlukan uji karakteristik maupun performa di atmosfer, agar dapat diketahui perbandingan kerja sistem pendingin setelah dipasang di dalam reaktor plasma.

4.1.1 Pengujian Karakteristik Termoelektrik di Atmosfir

Pengujian katakarakteristik alat termoelektrik dilakukan untuk mengetahui kemampuan unjuk kerja.

Pengujian yang pertama yaitu menghitung laju perpindahan panas (energi) dengan menggunakan dua perlakuan

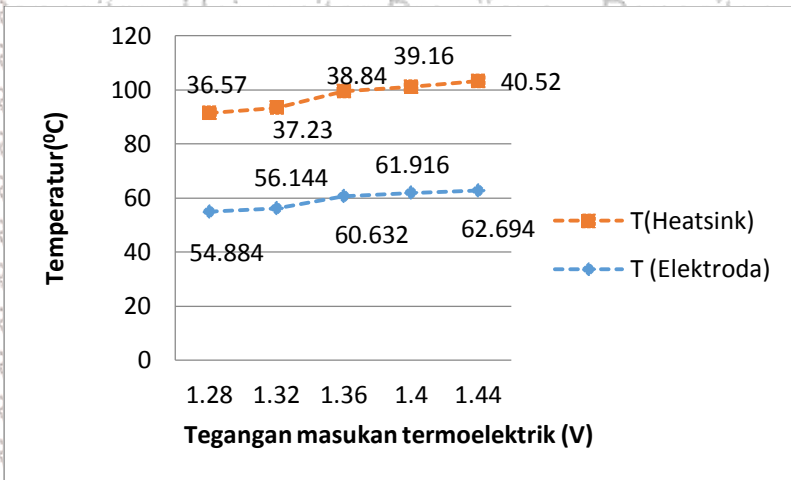
Perlakuan pertama dengan desain sistem sebagai berikut



Gambar 4. 1 Desain sistem untuk pengujian laju perpindahan energi

Dari gambar di atas posisi elektroda berada di atas sumber panas kemudian di atas elektroda dipasang termoelektrik dan di atas termoelektrik dipasang heatsink. Dalam hal ini setrika berfungsi sebagai sumber panas yang kemudian energinya berpindah ke elektroda, selanjutnya diberi tambahan paksaan energi (dingin) yang dihasilkan oleh termoelektrik sehingga energi panasnya dibuang oleh heatsink. Pada perlakuan pertama yang diukur adalah temperatur elektroda yang diukur oleh termokopel dan temperatur heatsink yang diukur oleh thermometer digital. Perlakuan pertama dilakukan

perulangan data sebanyak lima kali, untuk mengetahui perbedaan temperatur divariasi dengan mengubah tegangan termoelektrik 1,28V sampai 1,44V, sehingga didapatkan grafik temperatur elektroda dan temperatur heatsink seperti berikut.



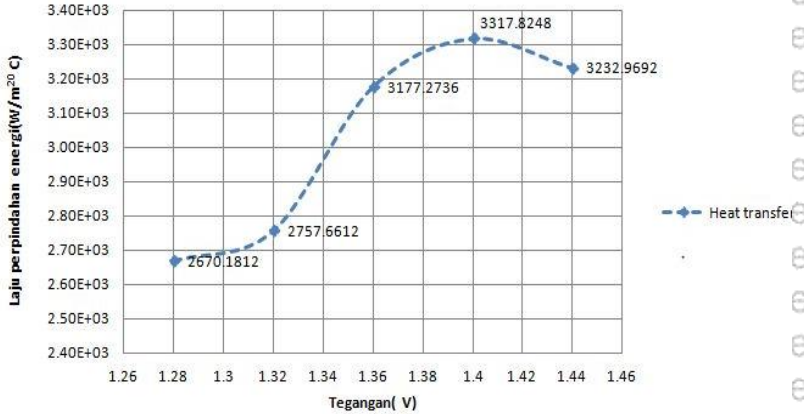
Gambar 4. 2 Hubungan antara tegangan masukan termoelektrik dengan temperatur

Dari grafik di atas dapat diketahui ΔT antara elektroda dan heatsink yang dipengaruhi oleh tegangan termoelektrik yakni semakin besar tegangan masukan termoelektrik yang diberikan semakin besar pula nilai ΔT . Hal ini menunjukkan bahwa terjadi proses pendinginan yang dilakukan oleh termoelektrik. Dengan data tersebut dapat diketahui besarnya laju perpindahan energi menggunakan persamaan di bawah ini.

$$q = \frac{T_h - T_c}{\frac{\Delta x_a}{k_a A} + \frac{\Delta x_b}{k_b A} + \frac{\Delta x_c}{k_c A}} \quad (4.1)$$

Dalam perlakuan ini elektroda dari stainless steel memiliki nilai k_a 16,2 W/m.⁰C, luas elektroda (A) adalah 0,09 m dan nilai tebalnya 0,005 m, termoelektrik k_b 149 W/m.⁰C luas termoelektrik

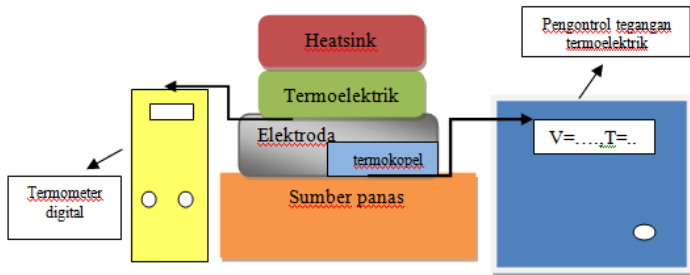
0,225 m dan tebalnya 0,0042m, heatsink k_c 238 W/m.⁰C, luas heatsink 0,225 m dan tebalnya 0,007m sedangkan T_h (temperatur elektroda) dan T_c (temperatur heatsink). Berikut grafik laju perpindahan energi.



Gambar 4. 3 Hubungan laju perpindahan energi dengan tegangan

Dari gambar 4.3 terlihat bahwa besarnya tegangan mempengaruhi laju perpindahan energi dikarenakan semakin tinggi nilai tegangan semakin tinggi pula nilai temperatur pendinginannya.

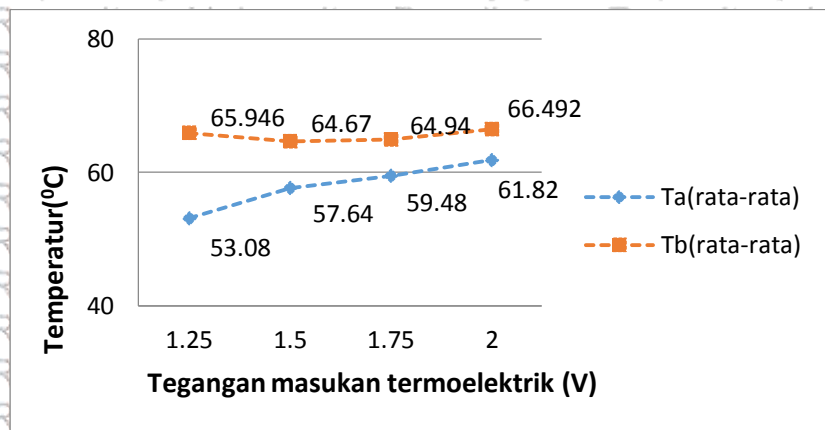
Perlakuan kedua dengan Deain sistem sebagai berikut



Gambar 4. 2 Perlakuan untuk mengetahui pengaruh dimensi elektroda



Dari gambar diatas posisi elektroda berada di atas setrika kemudian diatas elektroda dipasang heatsink. Pada perlakuan ini tanpa menggunakan termoelektrik, hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dimensi elektroda terhadap besarnya laju perpindahan energi, setrika berfungsi sebagai sumber panas yang kemudian energinya berpindah ke elektroda selanjutnya diberi tambahan paksaan energi (dingin) yang dihasilkan oleh termoelektrik dan energi panasnya dibuang oleh heatsink. Pada perlakuan kedua yang diukur adalah temperatur elektroda atas yang diukur oleh termokopel dan temperatur elektroda bawah yang diukur oleh thermometer digital. Perlakuan kedua dilakukan perulangan data sebanyak lima kali, untuk mengetahui perbedaan temperatur divariasi tegangan sehingga didapatkan grafik temperatur elektroda atas dan temperatur elektroda bawah seperti berikut.



Gambar 4. 3 Perbandingan temperatur elektroda atas dan bawah

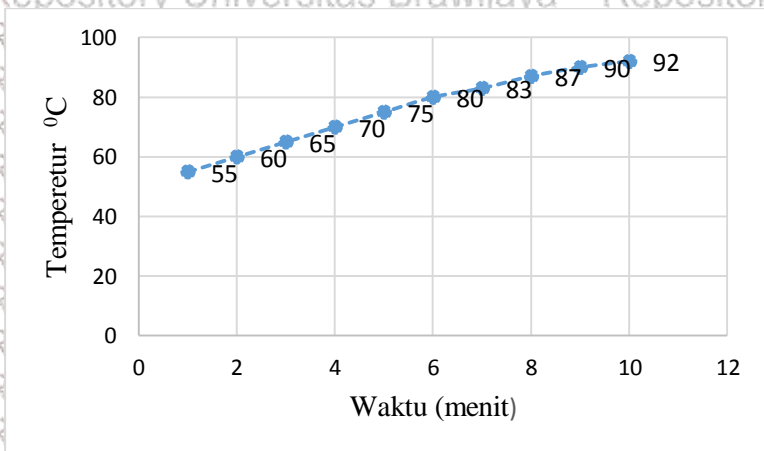
Dari gambar di atas dapat terlihat bahwa semakin besar tegangan memengaruhi temperatur elektroda atas dan elektroda bawah yang saling mendekati. Hal ini menunjukkan faktor dimensi elektroda tidak mempengaruhi laju perpindahan energi pada elektroda.

4.2 Prilaku Sistem Plasma pada Proses Surface Treatment

Dalam proses ini spesimen dimasukkan dalam reaktor plasma nitrogen yang terdiri dari dua buah elektroda dengan jarak

0,8 cm yang di dalamnya sudah didesain dengan cooling yang dilengkapi heatsink pada elektroda bawah sebagaimana yang dijelaskan pada bab 3. Pada proses ini jarum regulator tabung gas diatur pada 5 kg/cm^3 . Pada penelitian ini reaktor divakumkan terlebih dahulu hingga tekanan mencapai 0.0188 Torr. Selanjutnya aliran gas diatur pada 20ml/min dengan daya pada generator yang digunakan 40 watt, karena jika daya yang digunakan kurang dari 40 watt plasma yang terbentuk sedikit redup dan jika lebih dari 40 watt maka energi pada plasma yang terbentuk semakin besar, sehingga specimen akan cepat hangus karena lapisan pada specimen adalah lapisan polimer. Ketika plasma terbentuk tekanan pada reaktor mencapai 0,3198 Torr dan pengontrol tegangan termoelektrik diatur pada 1,95 volt namun ketika plasma terbentuk tegangan yang awalnya 1,95 volt turun menjadi 1,86 volt hal ini dikarenakan ada pengaruh dari karakteristik plasma.

Hasil percobaan menunjukkan bahwa untuk mencapai temperatur tertentu dibutuhkan waktu yang berbeda. Hal ini disebabkan karena pengontrol tegangan bekerja kurang maksimal, berikut grafik hubungan antara temperatur dengan waktu ketika plasma terbentuk.



Gambar 4. 4 Grafik hubungan waktu dan temperature substrat

Berdasarkan grafik di atas didapatkan parameter temperatur dan waktu, pada penelitian ini menggunakan variasi temperatur

60°C, 70°C dan 80°C. Untuk mencapai temperatur tersebut dibutuhkan waktu yang berbeda. Untuk mencapai temperatur 60°C dibutuhkan waktu 2 menit, temperatur 70°C dibutuhkan waktu 4 menit, temperatur 70°C dibutuhkan waktu 6 menit, temperatur 80°C dibutuhkan waktu 8 menit. Hasil proses modifikasi permukaan dengan plasma nitrogen menunjukkan bahwa specimen masih terlihat bagus pada temperatur substrat 60°C dan 70°C, sedangkan pada temperatur 80°C specimen terlihat berubah warna yang awalnya putih menjadi kecoklat-coklatan.

4.3 Pelapisan Larutan Polistiren

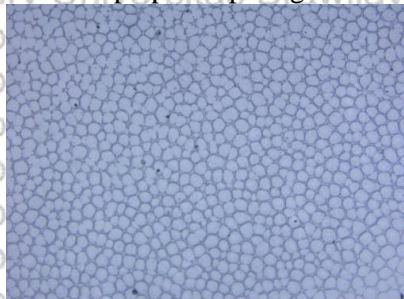
Pada pembuatan sampel larutan polistiren dilapiskan pada substrat cover glass yang sebelumnya dibentuk pola lingkaran dengan kertas stiker (skotlet) pemilihan kertas stiker ini dikarenakan bersifat tahan air (tidak menyerap air) sehingga ketika nantinya dilakukan pengukuran sudut kontak yang ditetesi cairan sampel tetap dalam keadaan yang bagus.

Pelapisan dilakukan dengan metode *spin coating* dengan kecepatan 2000 rpm dan waktu 60 sekon. Kemudian sampel diannealing selama 1 jam dengan suhu 100°C untuk menghilangkan uap air dan pelarut. Berikut gambar sampel yang sudah dilapisi larutan polistiren.



Gambar 4. 5 Hasil pelapisan polistiren pada cover glass

Untuk mengetahui homogenitas lapisan polistiren dilakukan uji menggunakan mikroskop optik seperti gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Hasil uji mikroskop optik lapisan polistiren

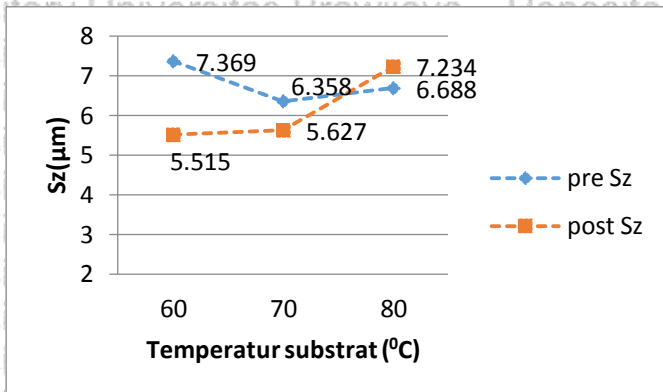


Dari hasil pengujian menggunakan mikroskop optik lapisan yang dihasilkan setelah pelapisan terlihat tidak sepenuhnya homogen karena terdapat area yang hitam, area hitam ini belum dapat diketahui pasti kemungkinan tidak terlapis atau adanya debu yang menempel.

4.4 Pengaruh Temperatur Substrat pada *Surface Treatment* dengan Plasma Nitrogen terhadap Kekasaran Lapisan Polistiren

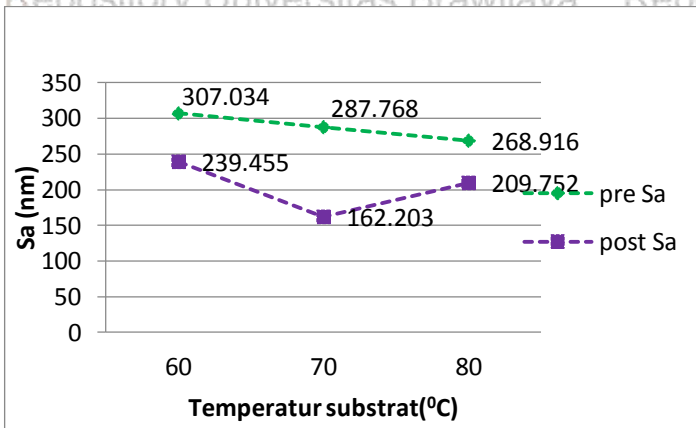
Berikut hasil pengukuran kekasaran permukaan menggunakan TMS sebelum treatment dan sesudah treatment dengan plasma nitrogen.

➤ Parameter kekasaran Sz



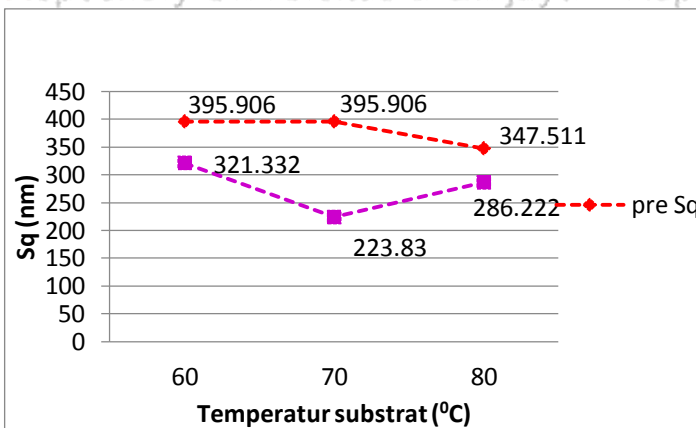
Gambar 4. 7 Grafik hubungan temperatur substrat dengan Sz sebelum dan sesudah treatment plasma

Sz merupakan teknik pengukuran kekasaran dengan menghitung nilai puncak tertinggi dari gelombang dan kedalaman lembah, dari data yang didapatkan menunjukkan setelah proses (treatment) plasma nilai dari pengukuran Sz cenderung menurun, pada suhu 80°C nilai Sz meningkat data tersebut kemungkinan pengaruh dari ketidaktepatan pada pengukuran. Parameter Sz cenderung menurun yang dapat dikarenakan efek tumbukan ion plasma dengan lapisan polistiren yang mengakibatkan berubahnya morfologi permukaan lapisan.

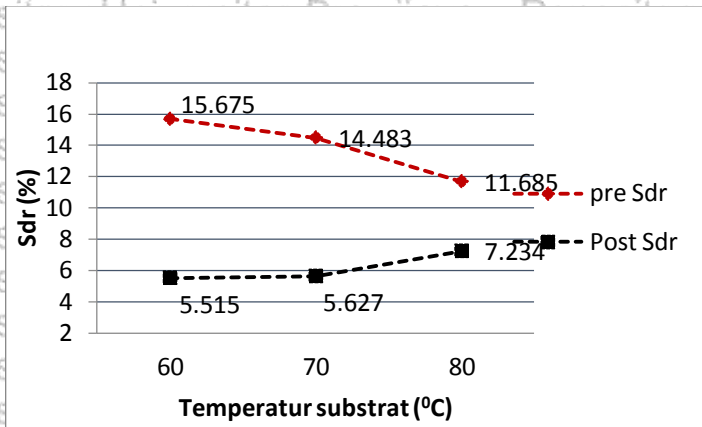


Gambar 4. 8 Grafik hubungan temperatur dengan Sa sebelum dan sesudah treatment plasma

Teknik pengukuran kekasaran menggunakan Sa dapat mewakili kekasaran rata-rata perluasan, seperti halnya dengan Sz nilai kekasaran yang didapatkan pada Sa setelah treatment plasma nitrogen cenderung menurun yang dapat disebabkan efek dari tumbukan ion dengan specimen.



Gambar 4. 9 Grafik hubungan temperatur dengan Sq sebelum dan sesudah treatment plasma



Gambar 4. 10 Grafik hubungan temperatur dengan Sdr sebelum dan sesudah treatment plasma

Sdr merupakan parameter kekasaran yang dapat menunjukkan representasi permukaan halus maupun kasar, sebagaimana data yang pada gambar 4.10 setelah treatment plasma rasio kekasaran cenderung menurun pada semua variasi temperatur hal ini dapat dipengaruhi oleh interaksi plasma dengan specimen.

Berdasarkan data yang telah dipaparkan pada grafik di atas dapat diketahui bahwa dari parameter kekasaran S_a , S_q , S_{dr} dan rasio kekasaran (r) setelah proses treatment plasma, nilai kekasaran yang didapatkan minus yakni kekasarannya cenderung menurun dibandingkan dengan kekasaran awal sebelum sampel lapisan polistiren ditreatment plasma. Pada data yang didapatkan pengaruh temperatur substrat pada kekasaran lapisan polistiren belum terlihat perbedaan yang signifikan antara temperatur 60°C , 70°C dan 80°C hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor meliputi sistem pendingin substrat yakni termoelektrik bekerja kurang maksimal. Hal ini ditunjukkan dengan tidak berfungsinya sistem kontrol tegangan termoelektrik dengan baik, yang semestinya sistem ini bisa

difungsikan pengaturan tegangannya dengan memutar potensiometer pada sistem sesuai dengan temperatur yang diinginkan. Namun pada kenyataannya sistem pengontrol tegangan terpengaruh oleh karakteristik plasma, sehingga perpindahan energi pada termoelektrik juga terjadi sangat cepat yang menyebabkan tidak terlihat perbedaan signifikan pada pengaruh temperatur. Perpindahan panas secara radiasi pada heatsink kurang efektif karena tidak ada yang menerima perpindahan panasnya pada reaktor vakum, bahan reaktor merupakan material konduktif sehingga kecil kemungkinan untuk menyerap perpindahan energi.

Pada temperatur 60°C setelah diamati dengan mikroskop optik dan TMS lapisan yang terlihat relatif masih bagus, sedangkan pada temperatur 70°C lapisan mulai terlihat terkikis dan temperatur 80°C lapisan terlihat hangus dan terkikis lebih banyak dibandingkan dengan temperatur 70°C. Hal ini dipengaruhi oleh temperatur substrat, karena temperatur mempengaruhi energi aktivasi plasma sebagaimana persamaan di bawah ini.

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{Q}{RT}\right) \quad (4.1)$$

D: koefisien difusi (m²/s)

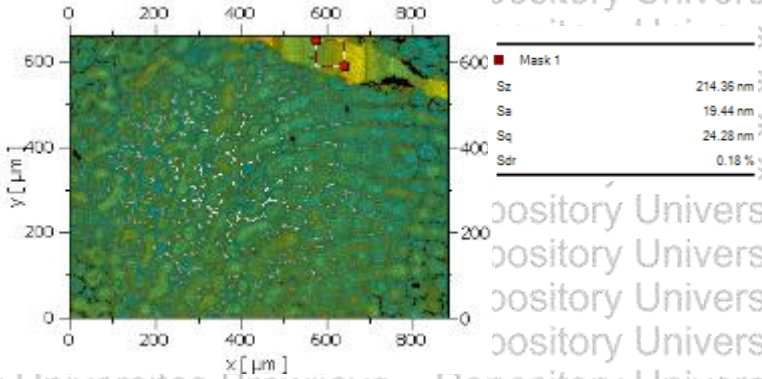
*D*₀: koefisien difusi awal (m²/s)

Q: energi aktivasi (Joule/ mol)

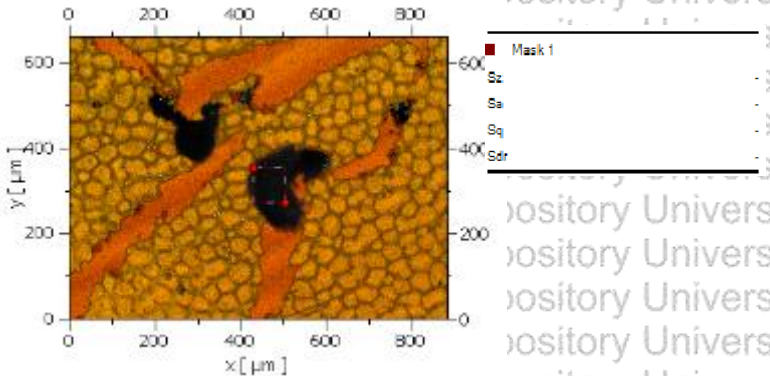
R: tetapan gas = 8,314 J/ mol K

T: temperatur (K)

Sehingga ketika energinya lebih tinggi gas akan lebih mudah terionisasi, selain itu atom-atom juga bergeser akibat efek difusi maupun tumbukan ion yang menyebabkan temperatur substrat meningkat. Keadaan ini dapat mempengaruhi lapisan polistiren sebagaimana data yang didapatkan semakin tinggi temperatur substrat, jumlah lapisan yang terlihat hangus ataupun terkikis semakin banyak. Dengan pengukuran TMS tidak semua lapisan yang terlihat hangus maupun terkikis tidak memiliki informasi. Pada gambar 4.11 merupakan lapisan yang terkikis namun masih memberikan informasi.



Gambar 4. 11 Hasil uji TMS lapisan terkikis yang memberikan informasi



Gambar 4. 12 Hasil uji TMS lapisan halus yang tidak memberikan informasi

Pada gambar 4.12, tampak permukaan berwarna hitam hal ini dapat diidentifikasi bahwa lapisan tersebut tidak ter scan TMS dikarenakan rentan kedalaman TMS $-125\mu\text{m}$ sampai $-125\mu\text{m}$, lapisan yang terlihat hitam tersebut melewati rentan scan TMS sehingga tidak memberikan informasi.

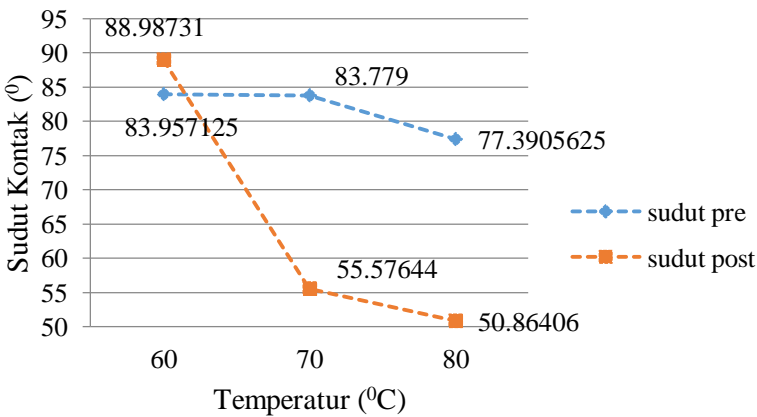
Data yang didapatkan kekasarannya cenderung menurun karena dipengaruhi juga oleh morfologi lapisan yang terkikis

maupun hangus bisa juga dikarenakan berubahnya ikatan maupun pemotongan rantai pada gugus lapisan polistiren.

4.5 Pengaruh Kekasaran terhadap Sudut Kontak Lapisan Polistiren

Untuk mengetahui besarnya sudut kontak dilakukan pengukuran dengan pengukur sudut kontak cairan sebelum dan sesudah treatment plasma nitrogen, pada pengukuran ini menggunakan cairan aquadest dengan volume $20 \mu\text{l}$ sebelum treatment dan $10 \mu\text{l}$ setelah proses treatment plasma dikarenakan untuk menghindari lapisan yang hangus atau terkikis. Selain itu pada pengukuran ini juga dilakukan pengulangan pengukuran sebanyak empat sisi.

Sebelum treatment plasma dan Sesudah treatment Plasma



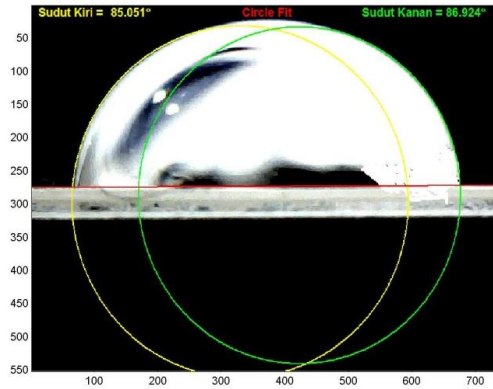
Gambar 4. 13 Grafik hubungan temperatur dengan sudut kontak

Treatment plasma nitrogen mempengaruhi sudut kontak lapisan polistiren sebagaimana yang telah dipaparkan pada gambar 4.13. Dari data yang didapatkan menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur substrat nilai sudut kontak lapisan polistiren cenderung semakin menurun. Hal ini disebabkan dalam penelitian ini pada temperatur 60°C , 70°C , 80°C terjadi perubahan morfologi lapisan



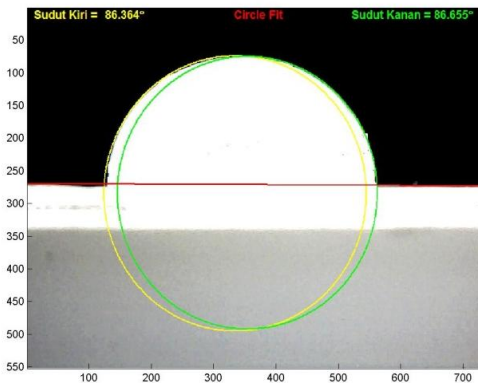
polistiren yang awalnya lapisannya rata menjadi ada beberapa daerah yang terkikis maupun hangus akibat plasma nitrogen. Penurunan sudut kontak bisa juga dikarenakan efek dari lapisan yang terkikis sehingga menyebabkan adanya perubahan kimia permukaan atau kerusakan ikatan dalam kelompok gugus fungsi polimernya.

Sudut kontak sampel A_18 sebelum treatment plasma



Gambar 4. 14 Sudut kontak sebelum treatment plasma

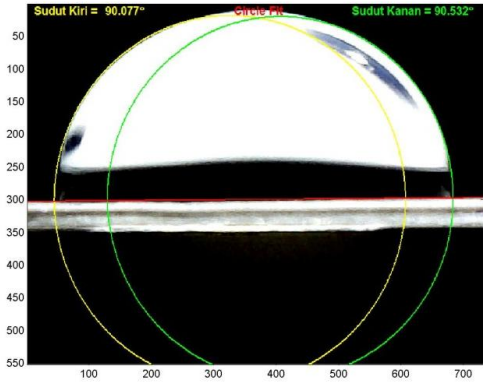
Sampel A_18 setelah proses treatment plasma pada temperatur substrat 60°C



Gambar 4. 15 Gambar sudut kontak setelah treatment plasma pada temperatur substrat 60°C

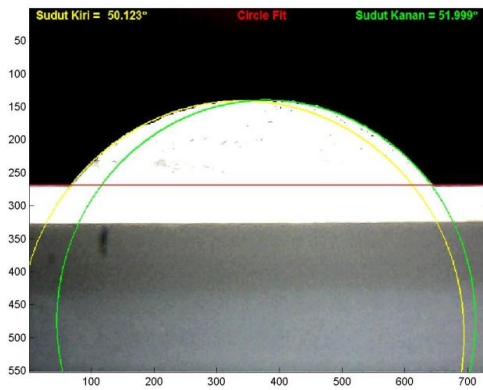


Sampel A_5 sebelum treatment plasma



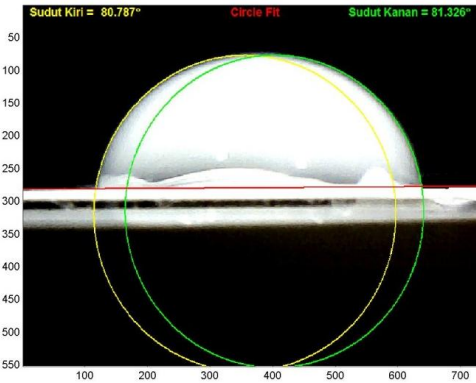
Gambar 4.16 Sudut kontak sebelum treatment plasma

Sampel A_5 sesudah poses treatment plasma pada temperatur substrat 70°C



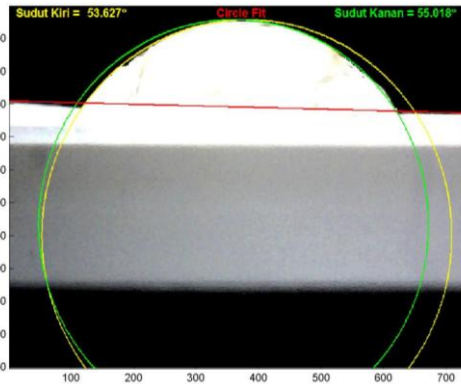
Gambar 4. 17 Gambar sudut kontak setelah treatment plasma pada temperatur substrat 70°C

Sampel A_10 sebelum treatment plasma



Gambar 4. 18 Sudut kontak sebelum treatment plasma

Sampel A_10 sesudah proses treatment plasma pada temperatur 80°C



Gambar 4. 19 Gambar sudut kontak setelah treatment plasma pada temperatur substrat 80°C

Kekasaran dan sudut kontak memiliki hubungan yang erat sebagaimana tertera pada gambar 4.7 sampai 4.10 dan gambar 4.13 menunjukkan bahwa kekasaran setelah proses treatment plasma menurun begitu pula dengan sudut kontak setelah proses treatment plasma juga menurun.

Hasil yang didapatkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa setelah proses treatment plasma temperatur substrat 60°C



REPOSITORY/UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



REPOSITORY/UB.AC.ID

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



lapisan polistiren terlihat bagus, sehingga ketika diukur sudut kontak sifat hidrofobik (hidrofobisitas) meningkat akibat meningkatnya energi permukaan sehingga adanya hambatan yang signifikan untuk aliran cairan meskipun kekasarannya menurun. Sedangkan pada temperatur substrat 70°C dan 80°C hidrofobisitasnya menurun sebanding dengan kekasaran menurun yang ditunjukkan dengan menurunnya nilai sudut kontak setelah treatment plasma. Hal ini dipengaruhi oleh morfologi permukaan lapisan yang cenderung terdapat area halus maupun terkikis yang menyebabkan menurunnya energi permukaan sehingga tidak adanya hambatan yang signifikan untuk cairan.



BAB PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan bahwa sistem pendingin substrat bekerja kurang maksimal pada sistem plasma vakum karena terpengaruh oleh karakteristik dari plasma.

Pengaruh temperatur substrat pada proses perlakuan permukaan plasma nitrogen terhadap lapisan polistiren dengan variasi temperatur 60°C , 70°C dan 80°C yakni kekasarannya cenderung menurun setelah treatment plasma nitrogen.

Begitu pula dengan hasil sudut kontak lapisan polistiren pada penelitian ini menunjukkan bahwa pada temperatur 60°C sudut kontak dari $83,957^{\circ}$ menjadi $88,987^{\circ}$, temperatur 70°C awalnya $83,779^{\circ}$ menjadi $55,576^{\circ}$ dan temperatur 80°C awalnya $77,390^{\circ}$ menjadi $50,864^{\circ}$. Semakin tinggi temperatur substrat kekasaran dan hidrofobisitas yang didapatkan semakin menurun, akan tetapi hidrofobisitas meningkat pada temperatur 60°C . Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tidak sepenuhnya hidrofobisitas permukaan dipengaruhi oleh kekasaran.

5.2 Saran

Pada desain sistem plasma nitrogen dengan control sistem pendingin substrat selanjutnya disarankan untuk menggunakan prinsip perpindahan panas secara konduksi dan konveksi misalnya dengan selang pipa yang dialiri alir.

DAFTAR PUSTAKA

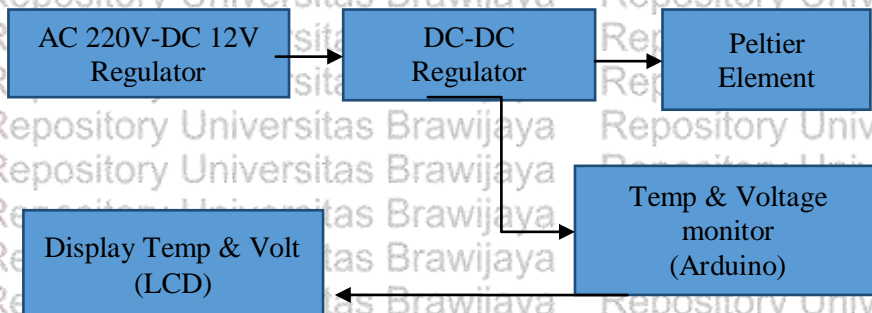
- Aguiar, R.G. & Lopez, J.O., 2011. cost instrumentation for spin-coating deposition of thin films in an undergraduate laboratory.
- Amaliya, L. & Sakti, S.P., Design of Contact Angle Instrument Using Circle Fit Method and Polynomial Fit Method. , pp.1–6.
- Amaliya, L. & Sakti, S.P., 2015. Modification of Polystyrene Surface Hydrophobicity on Quartz Crystal Microbalance (QCM) by Varying Concentration of Polystyrene Solution and Molecular Weight of Polystyrene and by Ultraviolet Radiation. , pp.3–5.
- Anonymous, 2006. Surface Profile Parameters. *Precision Devices, Inc.*, pp.1–26.
- E.Mark, J., 1999. Polymer Data Handbook. *Oxford University Prees, Inc.*
- Gusrita, D. & Gusnedi, R., 2014. Pengaruh Viskositas Fluida Terhadap Sifat Hydrophobic dari Berbagai Macam Daun. *Fisika FMIPA UNP*, 1(April), pp.9–16.
- Ilham, M., Eka, S. & Putra, M., 2013. TERMOELEKTRIK. *Fisika ITB Indonesia*, (1), pp.1–5.
- Irawati, F., Sakti, S.P. & Unggul, P.J., 2013. Immobilisasi BSA pada Sensor QCM dengan Modifikasi Sifat Hidrofobik-Hidrofilik Permukaan Polistiren Menggunakan Radiasi Ultraviolet (UV). , 2(2), pp.117–121.
- Kaklamani, G., 2012. The Effect Of Active Screen Plasma Nitriding On The Cellular Compatibility Of Polymeric Biomaterial. *University of Birmingham*.
- Kurosawa, dkk, 2006. Quartz crystal microbalance immunosensors for environmental monitoring. , 22, pp.473–481.
- Lieberman, M. a, 2003. a Mini-Course on the Principles of Plasma Discharges. *All right reserved*, p.111.
- Marx, K.A., 2003. Quartz Crystal Microbalance: A Useful Tool for Studying Thin Polymer Films and Complex Biomolecular Systems at the SolutionSurface Interface. , 4(5).
- Masrurroh dkk, 2014. Solvent effect on morphology of polystyrene coating and their role to improvement for biomolecule Immobilization in application of QCM based biosensor. , 531, pp.54–57.

- Mozetic dkk 2010. Influence of oxygen and nitrogen plasma treatment on polyethylene terephthalate (PET) polymers. *Vacuum*, 84(1), pp.83–85. Available at: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2009.04.011>.
- Nova, C.dkk, 2012. Pengaruh Tekanan Dan Lama Plasma Nitriding Terhadap Kekasaran Dan Laju Korosi Baja Tahan Karat AISI 410. , pp.85–92.
- Prisma, A., 2012. Pengaruh Konsentrasi Dan Viskositas Larutan Polistiren Terhadap Morfologi Permukaan Dan Ketebalan Lapisan ZnPc Pada Permukaan QCM. , pp.4–7.
- Sakti, S.P. dkk., 2012. Improvement of Biomolecule Immobilization on Polystyrene Surface by Increasing Surface Roughness. *Journal of Biosensors & Bioelectronics*, 03(03), pp.3–7.
- Sunarto, 2003. Analisis Pengaruh Perlakuan Permukaan Dengan Metoda Plasma Nitriding Terhadap Kekerasan Pahat Bubut. *Politeknik Negeri Semarang*, pp.98–103.
- Suprpto dkk., 2010. Pengaruh nitridasi plasma terhadap kekerasan aisi 304 dan baja karbon rendah. , pp.93–100.
- Yamane, M. & Asahara, Y., Glass properties.
- Yuan, Y. & Lee, T.R., 2013. *Contact Angle and Wetting Properties*,
- Yunus, Y dkk, 2013. Aanalisis Kekasaran Logam Tool Hasil Proses Nitridasi Plasma dengan Variasi Waktu dan Tekanan. , pp.212–220.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kalibrasi Alat

Untuk pengujian yang pertama yaitu pengujian kalibrasi alat pengontrol tegangan. Alat pengontrol tegangan peltier memiliki rangkaian sebagai berikut :



1. **AC 220V-DC 12V** merupakan sub sistem yang merubah tegangan AC 220 Volt menjadi tegangan DC 12 V 2A. Tegangan AC disearahkan menjadi tegangan DC agar dapat dikonversi menjadi tegangan DC yang teregulasi.
2. **DC-DC Regulator** sub sistem ini berfungsi untuk meregulasi tegangan DC menjadi 12 V menjadi tegangan Antara 1.2...2 V. Pengaturan tegangan ini dilakukan dengan mengatur nilai resistansi dari rangkaian DC-DC regulator
3. **Peltier Element** merupakan sub sistem pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan sampel, dengan titik dingin hingga -50°C .
4. **Thermocouple Type-K**, sub sistem pengukuran suhu sampel yang terdiri dari sensor termokopel dan IC AD595 sebagai rangkaian penguat dari sensor termokopel.
5. **Temp & Voltage Monitor**, sub sistem yang berfungsi untuk memonitoring tegangan pangkal Peltier dan suhu pendinginan yang dihasilkan. Suhu maksimum dari sampel harus di bawah 90°C sedangkan tegangan pangkal Peltier tidak boleh lebih dari 2 V. Pembacaan tegangan rangkaian

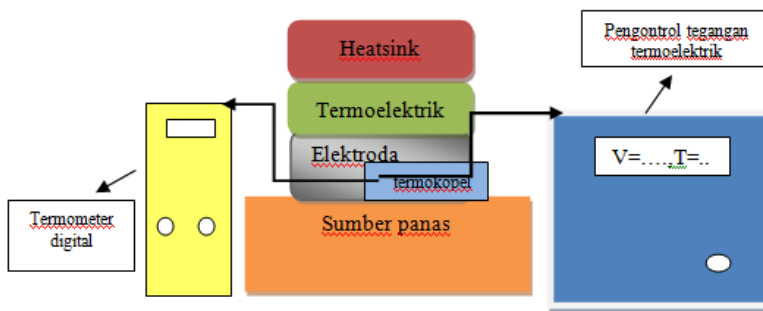
DC-DC regulator dan tegangan AD595 dilakukan oleh *Arduino board*.

6. **Temp & Voltage Monitor**, merupakan sistem penampil berupa komponen LCD 16x2 yang menampilkan data tegangan pangkal Peltier dan temperatur bahan secara *real-time*.



Gambar 1. 1 Pengontrol Tegangan Peltier

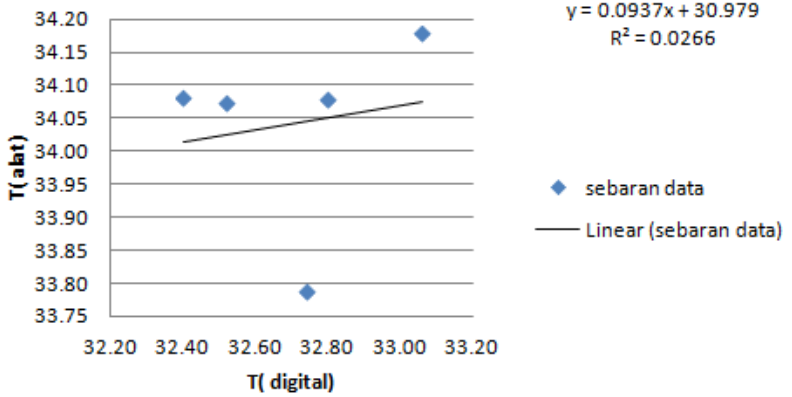
Pengujian dilakukan dengan desain sistem sebagai berikut :



Gambar 1. 2 Desain sistem untuk alat kalibrasi pengukur temperatur

Perlakuan yang di berikan dengan meletakkan thermometer digital dan termokopel dalam satu titik yang sama serta memberi variasi tegangan termoelektrik peltier 1,28V,1,32V, 1,36V,1,40V,1,44V Pengambilan data lima kali perulangan yang hasilnya tampak seperti gambar grafik 4.3.

Kalibrasi



Gambar 4. 20 grafik pembacaan thermometer digital dan termokopel pada titik yang sama.

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa ΔT antara pembacaan thermometer digital dan termokopel berkisar 1 sampai 1,5 $^{\circ}\text{C}$. Dengan nilai tersebut tidak terdapat perbedaan nilai yang signifikan sehingga setting termokopel dapat dikatakan memiliki pembacaan yang akurat dengan dirumuskan nilai kesalahan relatifnya (factor koreksinya).

$$\delta T = \frac{\sqrt{|T - \bar{T}|^2}}{\sqrt{n(n-1)}} \quad \text{pers(a)}$$

$$KrT = \frac{\delta T}{T} \times 100\% \quad \text{pers(b)}$$

$$T = T \pm \delta T \quad \text{pers(c)}$$

Dengan menggunakan persamaan di atas didapatkan nilai kesalahan relatif temperature(Kr T) adalah 0.00351.

Lampiran 2 Hasil pengukuran kekasaran

Sebelum treatment plasma

KODE	Sz(μm)	Sa (nm)	Sq (nm)	Sdr(%)	r
A_18	6,29	279,086	371,172	14,748	1,00147
A_12	8,448	334,982	420,64	16,602	1,00166.
A_20	7,82	289,302	397,992	20,056	1,00201
A_5	6,94	304,296	398,62	15,044	1.0015
A_4	6,924	224,734	312,524	11,546	1,00115
A_23	5,776	271,24	360,432	13,922.	1,00139
A_25	6,18	246,382	330,846	12,536	1,00125
A_15	7,436	227,38	306,156	9,632	1,00096
A_10	7,196	291,45	364,176	10,834	1,00108

Tabel A. 1 Sebelum treatment plasma

Sesudah treatment plasma

KODE	Sz(μm)	Sa (nm)	Sq (nm)	Sdr(%)	r	suhu
A_18	5,706	164,338	240,982	5,982	1,000598	60 ⁰ C
A_12	5,324	314,572	401,682	11,466	1,000368.	60 ⁰ C
A_20	5,882	237,128	355,65	8,764	1,000844	60 ⁰ C
A_5	5,448	178,178	236,152	3,684	1,000368	70 ⁰ C
A_4	8,378	204,592	277,84	4,028	1,000403	70 ⁰ C
A_23	5,806	146,228	211,508	3,9	1,00039	70 ⁰ C
A_25	5,442	278,128	355,65.	8,764	1,000876	80 ⁰ C
A_15	5,382	151,494	191,396	2,728	1,000273	80 ⁰ C
A_10	9,026	141,376	216,794	3,314	1,000331	80 ⁰ C

Tabel A. 2 Sesudah treatment plasma

Lampiran 3 Hasil pengukuran sudut kontak

Kode	Sudut kontak(⁰)			Parameter temperatur
	Sebelum tretatment	Sesudah treatment	Selisih	
A_18	82,59763	87,92475	5,327125	60 ⁰ C
A_12	85,61638	90,04988	4,73325	60 ⁰ C
A_20	75,20375	75,84775	0,644	60 ⁰ C
A_5	84,05363	47,58388	-36,4698	70 ⁰ C
A_4	80,88013	83,339938	2,51925	70 ⁰ C

A_23	83,50438	63,569	-19,9354	70 ⁰ C
A_25	74,7275	49,7995	-24,4243	80 ⁰ C
A_15	81,81788	99,01438	17,1965	80 ⁰ C
A_10	80,55713	51,92838	-28,6288	80 ⁰ C

Tabel A. 3 Hasil pengukuran sudut kontak