

**PREPARASI DAN KARAKTERISTISI LAPISAN TIPIS TITANIUM
NITRIDA (TiN) PADA SUBSTRAT KACA HASIL DARI METODE
SPUTTERING DC**

TUGAS AKHIR SKRIPSI

Diajukan kepada

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Disusun oleh

NURFITRIYANA RAMADHANI ISNUWATI

14306141045

PROGRAM STUDI FISIKA

JURUSAN PENDIDIKAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

Tugas Akhir Skripsi dengan Judul

**PREPARASI DAN KARAKTERISTISI LAPISAN TIPIS TITANIUM
NITRIDA (TiN) PADA SUBSTRAT KACA HASIL DARI METODE
SPUTTERING DC**

Disusun oleh :

Nurfitriyana Ramadhani Isnuwati

NIM 14306141045

telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan

Ujian Akhir Tugas Skripsi bagi yang bersangkutan

Yogyakarta, 3 Juli 2018

Mengetahui,

Disetujui,

Ketua Program Studi Fisika

Dosen Pembimbing,

Nur Kadarisman, M.Si

Drs. Ariswan

NIP 19640205 199101 1 001

NIP. 19590914 198803 1 003

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul "PREPARASI DAN KARAKTERISTISI LAPISAN TIPIS TITANIUM NITRIDA (TiN) PADA SUBSTRAT KACA HASIL DARI METODE SPUTTERING DC" dan disusun oleh Nurfitriyana Ramadhani Isnuwati dengan NIM 14306141045 ini telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 23/07/2018 dan telah dinyatakan LULUS.

Nama/ Jabatan

Drs. Tjipto Sujitno, M.T.A.P.U

Ketua Penguji

Dr. Kuncoro Asih Nugroho, M. Pd., M.Sc

Penguji Utama

Dr. Ariswan

Penguji Pendamping

Tanda Tangan

Tanggal



23/07/2018



24/07/2018



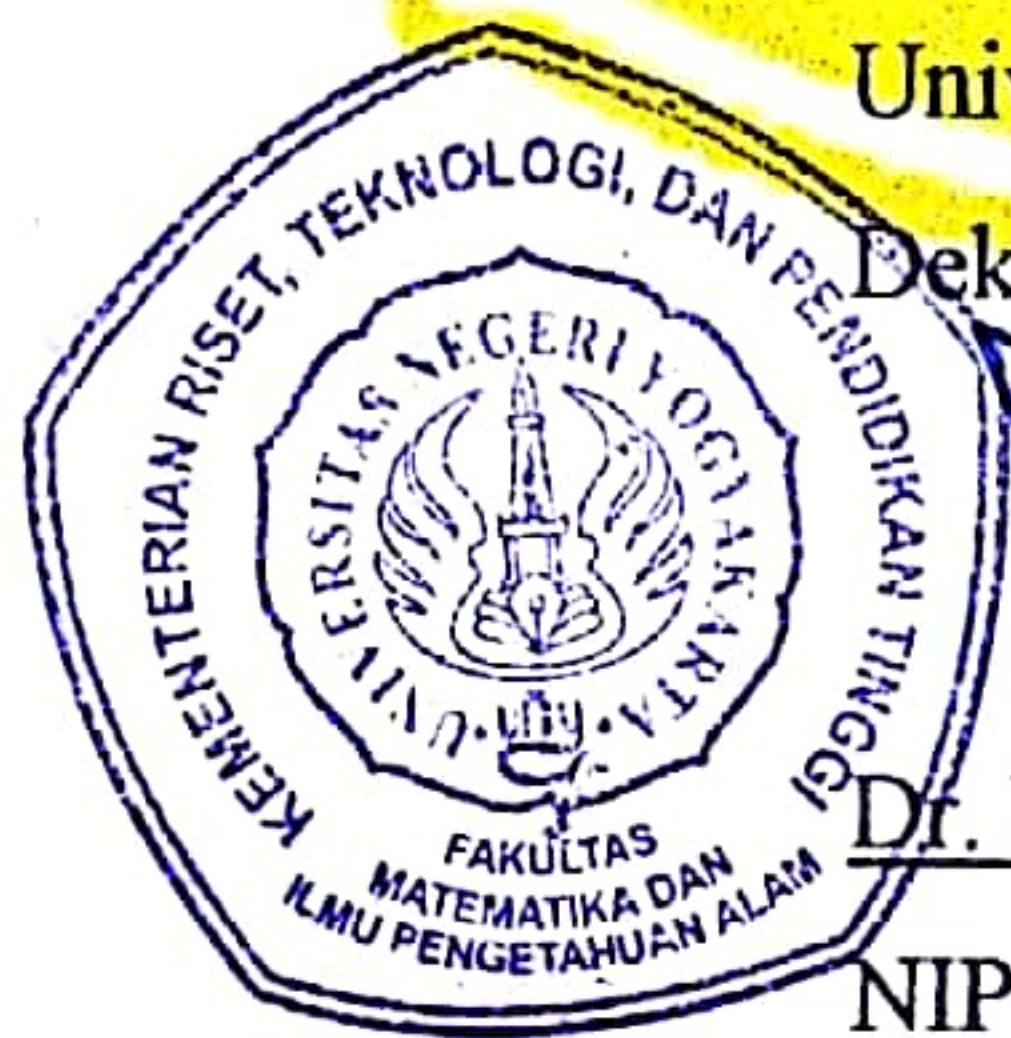
23/07/2018

Yogyakarta, 25 Juli 2018

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Yogyakarta

Dekan,



Dr. Hartono

NIP. 19620329 198702 1 002

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Nurfitriyana Ramadhani Isnuwati
NIM : 14306141045
Program Studi : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Judul : Preparasi dan Karakteristisi Lapisan Tipis Titanium Nitrida (TiN) pada Substrat Kaca Hasil dari Metode Sputtering Dc

Menyatakan bahwa, skripsi yang ditulis ini merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata cara penulisan karya ilmiah yang telah lazim. Apabila terbukti pernyataan saya tidak benar, sepenuhnya merupakan tanggung jawab saya.

Yogyakarta, 1 Juli 2018

Yang menyatakan,



Nurfitriyana Ramadhani Isnuwati

NIM 14306141045

MOTTO

“Pastikan membuat satu langkah kemajuan setiap harinya meski sebatas langkah awal yang kecil”

(Nurfitriyana RI)

“Visi tanpa eksekusi adalah halusinasi”

(Henry Ford)

PERSEMBAHAN

Hasil tulisan ini, saya persembahkan untuk :

1. Kedua orang tua saya yang selalu menjadi alasan terbesar saya untuk menyelesaikan tulisan ini. Terimakasih atas dukungannya disemua hal yang telah membantu saya selama mengerjakan tugas akhir skripsi ini.
2. Para pembimbing yang telah banyak membantu dalam penelitian, serta ilmu dan motivasi yang selalu diberikan kepada saya.
3. Untuk teman-teman yang selalu mendukung dan menghibur saya dalam keadaan apapun.

PREPARASI DAN KARAKTERISTISI LAPISAN TIPIS TITANIUM NITRIDA (TiN) PADA SUBSTRAT KACA HASIL DARI METODE SPUTTERING DC

Oleh :

Nurfitriyana Ramadhani Isnuwati

14306141045

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membuat lapisan tipis TiN pada substrat kaca menggunakan metode *sputtering DC*. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh variasi lama waktu deposisi lapisan tipis TiN hasil preparasi terhadap sifat optik berupa *band gap* menggunakan UV-Vis, morfologi dan komposisi kimia menggunakan SEM-EDS, dan struktur kristal menggunakan X-RD.

Penelitian ini dimulai dengan membuat lapisan tipis dari paduan Titanium dan Nitrogen pada substrat kaca dengan menerapkan metode *sputtering DC*. Preparasi tersebut dilakukan sebanyak tiga kali dengan memvariasi waktu pendeposisian selama 30, 60, dan 90 menit. Pada saat proses *sputtering* berlangsung parameter yang lain dibuat tetap seperti pada tegangan dijaga berkisar 4 kV, kuat arus berkisar 10 mA, tekanan vakum sebesar $(1,9 - 2,2) \times 10^{-2}$ torr, perbandingan antara gas Argon dan Nitrogen yang mengalir sebesar 70:30, dan jarak target dengan substrat sejauh 4 cm.

Metode *sputtering DC* dapat digunakan untuk membuat lapisan tipis TiN. Hasil uji UV-Vis diolah dengan *software* Origin didapatkan *band gap* untuk waktu deposisi 30 menit sebesar 3,47 eV, waktu deposisi 60 menit sebesar 3,59 eV, dan waktu deposisi 90 menit sebesar 3,68 eV. Uji SEM-EDS dikenai pada sampel waktu deposisi 60 menit. Hasil uji SEM terlihat batas-batas butir pada permukaan sampel dan pada penampang melintang didapatkan ketebalan lapisan yang terbentuk sebesar 1,588 μm . Hasil uji EDS didapatkan presentase berat Ti sebesar 13,6%, N sebesar 51,8%, dan Si sebesar 34,6%. Hasil uji XRD lapisan TiN yang terbentuk pada substrat kaca masih terlalu tipis, sehingga sinar-X menembus lapisan dan mengenai substrat kaca yang bersifat amorf.

Kata kunci: *Lapisan tipis TiN, Sputtering DC, UV-Vis, SEM-EDS, XRD*

PREPARATION AND CHARACTERISTICS OF THIN FILMS OF TITANIUM NITRIDE (TiN) ON SUBSTRATE GLASS RESULTS FROM DC SPUTTERING METHOD

By :

Nurfitriyana Ramadhani Isnuwati

14306141045

ABSTRACT

This research aims to make TiN thin films on glass substrate using DC sputtering method. In addition, to determine the effect of variation in the duration of TiN thin film deposition on the optical properties of band gap using UV-Vis, morphology and chemical composition using SEM-EDS, and crystalline structure using XRD.

This research began by making thin films of Titanium and Nitrogen alloys on glass substrate by applying DC sputtering method. The preparation was performed three times by varying the deposition time for 30, 60, and 90 minutes. At the time of sputtering process the other parameters are kept constant as in the guarded voltage around 4 kV, the current strength is 10 mA, the vacuum pressure of $(1.9 - 2.2) \times 10^{-2}$ torr, the ratio between Argon gas and Nitrogen flowing 70:30, and the target distance with the substrate as far as 4 cm.

DC sputtering method can be used to make TiN thin film. The result of UV-Vis test was processed with Origin software obtained band gap for 30 minutes deposition time of 3.47 eV, 60 minute deposition time 3.59 eV, and 90 minute deposition time 3.68 eV. The SEM-EDS test was subjected to a 60-minute deposition time sample. The SEM test results show the grain boundaries on the surface of the sample and at the cross section the obtained layer thickness is 1.588 μm . Result of EDS test got weight percentage of Ti equal to 13.6%, N equal to 51.8%, and Si equal to 34.6%. The XRD test results on the glass substrate is still too thin, so the X-rays penetrate the layer and about the amorphous glass substrate.

Keywords: *Thin films of TiN, Dc sputtering, UV-Vis, SEM-EDS, XRD*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur senantiasa saya panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga saya dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir skripsi dengan judul “Preparasi dan Karakteristisi Lapisan Tipis Titanium Nitrida (TiN) pada Substrat Kaca Hasil dari Metode *Sputtering Dc*”

Terselesainya tugas akhir skripsi ini tidak terlepas dari peran berbagai pihak yang telah membantu selama proses pengambilan data. Oleh karena itu, ucapan terima kasih saya tujukan kepada:

1. Drs. B.A. Tjipto Sujitno, M.T.A.P.U dan Drs. Ariswan, selaku pembimbing yang telah membantu dalam proses penelitian serta memberikan banyak masukan dalam proses penulisan.
2. Dr. Hartono, selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta, yang telah membantu proses perijinan dan administrasi untuk tugas akhir skripsi.
3. Yusman Wiyatmo, M.Si., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini.
4. Nur Kadarisman, M.Si, selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini.
5. Sumarna, M.Si., M.Eng., selaku Penasehat Akademi yang telah memberikan arahan dan motivasi.
6. Ihwanul Aziz, selaku operator mesin *sputtering* yang telah membantu dan memberi arahan dalam proses penelitian.
7. Seluruh Dosen dan staff FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang bermanfaat.
8. Ayah dan Ibu yang telah memberikan dukungan moril dan materil selama masa pengambilan data dan penulisan tugas akhir skripsi ini berlangsung,

9. Semua pihak yang telah iut terlibat dalam proses penelitian maupun penulisan yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Saya menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisannya . Oleh karena itu, saran dan kritik yang konstruktif sangat saya harapkan. Saya selaku penyusun berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi bagi siapa pun yang membacanya.

Yogyakarta, 1 Juli 2018

Penyusun,

Nurfitriyana Ramadhani Isnuwati

14306141045

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	v
PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I	Error! Bookmark not defined.
PENDAHULUAN	Error! Bookmark not defined.
A. Latar Belakang	Error! Bookmark not defined.
B. Identifikasi Masalah	Error! Bookmark not defined.
C. Batasan Masalah	Error! Bookmark not defined.
D. Rumusan Masalah	Error! Bookmark not defined.
E. Tujuan Penelitian	Error! Bookmark not defined.
F. Manfaat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
BAB II	Error! Bookmark not defined.
DASAR TEORI	Error! Bookmark not defined.
A. Semikonduktor	Error! Bookmark not defined.
1. Pengertian Semikonduktor	Error! Bookmark not defined.
2. Jenis-jenis Semikonduktor	Error! Bookmark not defined.
3. Pemanfaatan Semikonduktor untuk Sel Surya	Error! Bookmark not defined.
B. Lapisan TiN	Error! Bookmark not defined.
C. Lapisan Tipis	Error! Bookmark not defined.
1. Pengertian Lapisan Tipis	Error! Bookmark not defined.

2. Pembentukan Lapisan Tipis	Error! Bookmark not defined.
3. Metode <i>Sputtering</i>	Error! Bookmark not defined.
D. Karakteristik Lapisan Tipis	Error! Bookmark not defined.
1. Sifat Optik	Error! Bookmark not defined.
2. SEM-EDS	Error! Bookmark not defined.
3. XRD.....	Error! Bookmark not defined.
BAB III.....	Error! Bookmark not defined.
METODE PENELITIAN	Error! Bookmark not defined.
A. Waktu dan Tempat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
1. Waktu Penelitian	Error! Bookmark not defined.
2. Tempat Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
B. Variabel Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1. Variabel Bebas	Error! Bookmark not defined.
2. Variabel Terikat.....	Error! Bookmark not defined.
3. Variabel Kontrol.....	Error! Bookmark not defined.
C. Alat dan Bahan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
1. Alat Penelitian	Error! Bookmark not defined.
2. Bahan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
D. Langkah Pengambilan Data.....	Error! Bookmark not defined.
1. Tahap preparasi bahan sampel lapisan tipis TiN dengan metode <i>sputtering DC</i>	Error! Bookmark not defined.
E. Analisis Data	Error! Bookmark not defined.
F. Diagram Alir Tahap Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV	Error! Bookmark not defined.
HASIL DAN PEMBAHASAN	Error! Bookmark not defined.
A. Hasil Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
B. Analisis dan Hasil Karakterisasi	Error! Bookmark not defined.
1. Analisis dengan menggunakan UV-Vis ..	Error! Bookmark not defined.
2. Analisis dengan menggunakan SEM dan EDS	Error! Bookmark not defined.
3. Analisis dengan menggunakan XRD	Error! Bookmark not defined.
BAB V.....	Error! Bookmark not defined.
KESIMPULAN DAN SARAN	Error! Bookmark not defined.

A. Kesimpulan	Error! Bookmark not defined.
B. Saran	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR PUSTAKA	Error! Bookmark not defined.
LAMPIRAN.....	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur pita energi	Error! Bookmark not defined.
Gambar 2. Diagram pita energi silikon (Si)	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. Diagram pita energi germanium (Ge).....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. Susunan atom pada tipe-p	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. Susunan atom pada tipe-n	Error! Bookmark not defined.
Gambar 6. Daerah kerja pompa vakum	Error! Bookmark not defined.
Gambar 7. Skema prinsip kerja magnetron sputtering.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 8. Skema prinsip kerja sputtering RF	Error! Bookmark not defined.
Gambar 9. Skema prinsip kerja sputtering DC	Error! Bookmark not defined.
Gambar 10. Ilustrasi intensitas cahaya yang datang dan intensitas cahaya setelah melewati sampel.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 11. Contoh grafik hasil analisis Uv-Vis untuk menentukan nilai band gap	Error! Bookmark not defined.
Gambar 12. Perangkat SEM dan EDS	Error! Bookmark not defined.
Gambar 13. Skema prinsip kerja XRD	Error! Bookmark not defined.
Gambar 14. Contoh grafik peak hasil analisis XRD	Error! Bookmark not defined.
Gambar 15. Bidang kisi kristalin.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 16. Ilustrasi SC, BCC, FCC	Error! Bookmark not defined.
Gambar 17. Ilustrasi tujuh kristal sistem	Error! Bookmark not defined.
Gambar 18. Hasil paduan antara titanium dan gas nitrogen pada substrat kaca menggunakan metode sputtering DC dengan variasi lama waktu deposisi 30 menit, 60 menit dan 90 menit.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 19. Proses pembersihan substrat kaca menggunakan alat ultrasonic cleaner	Error! Bookmark not defined.
Gambar 20. Sampel yang sudah bersih dan disimpan pada plastik clip.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 21. Mesin sputtering DC	Error! Bookmark not defined.

Gambar 22. Alat flow meter**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 23. Alat UV-Vis series UV-1800.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 24. Hasil citra permukaan lapisan TiN dengan waktu deposisi 60 menit.
.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 25. Hasil citra penampang melintang lapisan TiN dengan waktu deposisi 60 menit.....**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 26. Hasil citra ketebalan lapisan TiN dengan waktu deposisi 60 menit.
Error! Bookmark not defined.

Gambar 27. Hasil EDS komposisi kimia pada sampel dengan waktu deposisi 60 menit**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR TABEL

- Tabel 1.** Contoh paduan yang dapat dibuat sebagai bahan semikonduktor... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.** Tujuh kristal sistem**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.** Nilai transmitansi hasil Uv-Vis untuk berbagai kondisi lama waktu pendeposisian sampel lapisan tipis TiN**Error! Bookmark not defined.**

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Sejalan dengan perkembangan jaman, perkembangan alat atau piranti elektronika semakin maju dan canggih disetiap harinya. Perkembangan alat-alat elektronika tersebut begitu cepat dengan terciptanya berbagai hasil produk yang memudahkan pekerjaan manusia. Komponen elektronika dimanfaatkan oleh banyak industri sebagai dasar dan telah menjadi salah satu kebutuhan pokok untuk proses produksi yang lebih cepat dan efisien.

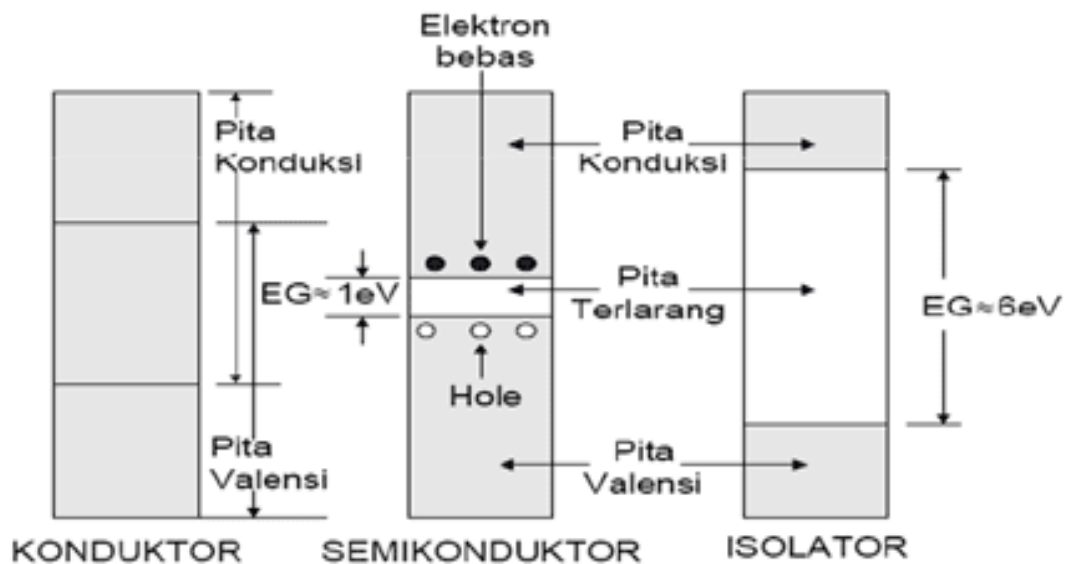
Sebagaimana komponen elektronika yang banyak memanfaatkan energi listrik sebagai sumber utamanya. Bahan-bahan pembentuk komponen elektronika merupakan elemen terpenting yang dapat menentukan kualitas penyaluran energi listrik dalam sistem arus listrik tersebut. Jika dikaitkan dengan kemampuan dalam menghantarkan arus listrik, maka suatu komponen elektronika dapat dibedakan menjadi tiga jenis yaitu konduktor, isolator, dan semikonduktor (Ariswan, 2017: 1).

Bahan konduktor merupakan logam penghantar listrik yang sangat baik. Hal tersebut dikarenakan pada logam konduktor tersusun dari atom-atom yang memiliki elektron terluar yang tidak berpasangan, sehingga elektron tersebut dapat bebas dan sangat mudah untuk menghantarkan arus listrik. Jika digambarkan dengan pita energi logam, elektron yang terdapat pada struktur pita energi tersebut hanya sebagian saja. Pita energi yang berisi elektron hampir bebas tersebut dan hanya menempati sebagian pita energi disebut pita konduksi (Ariswan, 2017: 1).

Bahan dengan sifat penghantar yang buruk disebut bahan isolator. Bahan isolator tersusun dari atom-atom yang keseluruhan elektron pada tingkat energinya telah berpasangan. Elektron yang saling berpasangan akan menempati pita valensi pada struktur pita energi. Selain itu, terdapat pita terlarang yang relatif lebar dan memisahkan antara pita konduksi dan pita valensi pada struktur pita energi. Pita terlarang merupakan daerah yang tidak mengandung keadaan kuantum (*band gap*), sehingga energi yang diperoleh dari medan eksternal terlalu kecil untuk

memindahkan elektron agar dapat melewati *band gap* tersebut. Akibatnya arus listrik sulit untuk dihantarkan (Ariswan, 2017: 1).

Bahan semikonduktor memiliki keunikan pada sifat kelistrikannya karena terletak antara sifat konduktor dan isolator, hal tersebut disebabkan karena bahan semikonduktor dapat mengalami perubahan bahan jika diberi perlakuan khusus berupa perubahan suhu atau temperatur (Ariswan, 2017: 2). Bahan semikonduktor memiliki lebar pita terlarang yang relatif kecil. Selain itu, bahan semikonduktor menjadi bahan dasar untuk komponen aktif pada piranti elektronika seperti diode, transistor, *integrated circuit*, dan piranti konversi seperti sel surya (Ariswan, 2017: 1).



Gambar 1. Struktur pita energi

(<http://maslatip.com/pengertian-konduktor-isolator-dan-semikonduktor-listrik.html>)

Bahan semikonduktor yang pertama kali dieksploitasi adalah Germanium, namun pada perkembangannya bahan Silikon dapat dijadikan bahan dalam pembuatan semikonduktor. Bahan silikon banyak digunakan karena ketersediaannya di alam yang cukup melimpah, harga yang relatif murah dan sifat lainnya yang mudah dioksidasi untuk membentuk bahan isolator. Selain itu, bahan lain yang dapat dibuat menjadi bahan semikonduktor adalah material paduan yang meliputi dari golongan II - VI, dan III - V (Puspitaningrum, 2017: 2).

Tabel 1. Contoh paduan yang dapat dibuat sebagai bahan semikonduktor (Siska Budiman, 2017):

	IIIA	IVA	VA	VIA
	5 10.811 B Boron	6 12.01115 C Carbon	7 14.0067 N Nitrogen	8 15.9994 O Oxygen
	13 26.9815 Al Aluminum	14 28.086 Si Silicon	15 30.9738 P Phosphorus	16 32.064 S Sulfur
IIB	30 65.37 Zn Zinc	31 69.72 Ga Gallium	32 72.59 Ge Germanium	33 74.922 As Arsenic
	48 112.40 Cd Cadmium	49 114.82 In Indium	50 118.69 Sn Tin	51 121.75 Sb Antimony
	80 200.59 Hg Mercury	81 204.37 Tl Thallium	82 207.19 Pb Lead	83 208.980 Bi Bismuth
				84 (210) Po Polonium

Titanium Nitrida (TiN) merupakan salah satu bahan semikonduktor dengan jenis konduktivitas tipe-n yang dihasilkan dari paduan golongan IIIA dan VA. Lapisan tipis TiN merupakan *direct band gap* semikonduktor dengan energi *gap* $E_g = 3,4 \text{ eV}$ (Solovan, 2014: 1). Paduan titanium nitrida banyak digunakan karena keunggulannya pada sifat mekanik dan kimia, bahan TiN memiliki nilai kekerasan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi dan aus yang sangat bagus (Salahudin, 2014: 112). Sifat lain dari TiN yaitu memiliki resistivitas yang rendah, pada batas *visible* memiliki transmisi yang tinggi, dan pada daerah *infrared* memiliki reflektansi yang tinggi (Solovan, 2014: 1). Lapisan tipis TiN dapat juga digunakan sebagai film pelapis, yaitu untuk pelapisan peralatan mekanik maupun peralatan kedokteran karena sifatnya yang tahan terhadap korosi dan memiliki kekerasan yang baik sehingga dapat meningkatkan sifat pada permukaan logam. Selain itu, dapat dimanfaatkan sebagai “*diffusion barrier*” untuk kontak dengan silikon dalam industri (Hariyanto, 1999: 48).

Pemakaian bahan lapisan tipis dapat digunakan hampir disemua bidang ilmu dan masih terus dikembangkan. Dibidang mekanika dimanfaatkan untuk membuat suatu lapisan tipis yang mempunyai sifat keras yang dipakai sebagai pelindung serta memiliki daya tahan keausan dan korosi. Pada bidang elektronika, lapisan tipis banyak diaplikasikan pada piranti elektronik, dielektrik, bahan pizoelektrik, dan sel surya (Hariyanto, 1999: 47).

Berdasarkan cara pembuatan lapisan tipis dapat dibedakan menjadi dua metode fabrikasi yaitu *Physical Vapour Deposition* (PVD) dan *Chemical Vapour Deposition* (CVD). Pada PVD menerapkan reaksi fisika dalam pembuatan lapisan tipis dan terdapat berbagai jenis metode yang dapat digunakan, yaitu *Vacuum Evaporation*, *Sputtering RF dan DC*, *Closed Spaced Vapour Transport*, dan *Flash Evaporation*. Pada CVD menerapkan reaksi kimia dan terdiri dari metode *Low Pressure Chemical Vapour Deposition* dan *Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition* (Maharani, 2015: 2-3).

Suatu permukaan padat atau disebut target dijadikan sasaran penembakan partikel (ion) yang berenergi tinggi, maka atom-atom permukaan bahan memperoleh energi yang cukup untuk melepaskan diri dari permukaannya, proses seperti ini disebut *sputtering* (Hariyanto, 1999: 48). Metode *sputtering DC* bertujuan untuk memecahkan ikat antar atom target sehingga atom tersebut dapat terusun pada substrat dan membentuk lapisan tipis yang baru. Metode *sputtering DC* memiliki banyak kelebihan diantaranya dapat menyediakan bahan lapisan tipis yang seragam, padat, dan memenuhi stokiometri. Metode *sputtering DC* terdiri dari anoda dan katoda. Pada anoda ditempatkan substrat yang diberi pemanas agar pori-pori substrat dapat terbuka, sehingga bahan yang dideposisi di atas permukaan substrat dapat melekat dengan kuat. Pada katoda dipasang bahan target yang dilengkapi dengan pendingin agar bahan tersebut tidak mudah meleleh pada suhu yang tinggi. Pada sistem *sputtering DC*, partikel yang ter-*sputter* akan bertumbukan dengan molekul gas dan selanjutnya akan menempel pada substrat (<http://amree.blog.uns.ac.id/2013/06/17/sputtering/>).

Pada penelitian ini telah dilakukan preparasi lapisan tipis dengan menerapkan salah satu teknologi fabrikasi yaitu *Physical Vapour Deposition* (PVD). Pada

penelitian ini, lapisan tipis TiN pada permukaan kaca dibuat dengan metode *sputtering DC*. Dalam metode *sputtering DC*, target *sputter* (Ti) akan ditembaki dengan ion-ion argon berenergi tinggi. Atom-atom yang ter-*sputter* (Ti) tersebut mengalami tumbukkan momentum dan bergerak menuju substrat. Dalam perjalanan menuju substrat, atom-atom ter-*sputter* akan bereaksi dengan ion-ion atau atom-atom nitrogen dan membentuk senyawa TiN. Senyawa TiN ini selanjutnya akan menempel pada substrat kaca membentuk lapisan tipis (*thin film*) (Siswanto, 2011: 111). Parameter yang akan divariasi pada penelitian ini adalah lamanya proses pendeposisian, sedangkan untuk parameter yang lain dibuat tetap. Tujuan dari variasi waktu pendeposisian, diharapkan dapat mengetahui nilai sifat optik berupa *band gap* pada masing-masing waktu yang telah ditentukan. Target berupa titanium murni serta gas isian berupa argon sebagai gas *sputter* dan nitrogen sebagai gas reaktif agar terbentuk lapisan TiN.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang diatas, maka dalam penelitian ini dapat diidentifikasi permasalahan sebagai berikut :

1. Belum diketahui pengaruh variasi waktu pendeposisian lapisan TiN terhadap sifat optik dengan menggunakan metode *sputtering DC*.

C. Batasan Masalah

Pada penelitian ini dilakukan preparasi lapisan tipis dari paduan Titanium dan Nitrogen dengan menerapkan metode *sputtering DC*. Permasalahan pada penelitian ini dibatasi menjadi berikut :

1. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah lapisan tipis TiN yang ditumbuhkan pada substrat kaca dengan metode *sputtering DC*.
2. Tegangan pada mesin *sputtering DC* sebesar 4 kV.
3. Kuat arus pada mesin *sputtering DC* sebesar 10 mA.
4. Tekanan vakum pada mesin *sputtering DC* sebesar $(1,9 - 2,2) \times 10^{-2}$ torr.
5. Perbandingan antara gas Argon dan Nitrogen yang mengalir pada mesin *sputtering DC* sebesar 70:30.
6. Jarak target dengan substrat pada mesin *sputtering DC* sejauh 4 cm.
7. Pada pembuatan sampel dilakukan variasi waktu pendeposisian.

8. Sifat optik yang diselidiki meliputi nilai koefisien tansmitansi dan nilai *band gap* dengan menggunakan alat UV-Vis.
9. Karakterisasi lainnya yang akan diamati meliputi morfologi permukaan sampel akan dilakukan dengan menggunakan SEM, komposisi kimia dengan menggunakan EDS, dan struktur kristal dengan menggunakan XRD.

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah untuk penelitian ini meliputi :

1. Apakah lapisan tipis TiN dapat ditumbuhkan pada substrat kaca dengan menggunakan metode *sputtering DC* ?
2. Bagaimana pengaruh dari waktu pendeposisian lapisan tipis TiN terhadap sifat optik hasil preparasi dengan metode *sputtering DC* menggunakan UV-Vis?
3. Bagaimana morfologi permukaan dan komposisi kimia dari lapisan tipis TiN hasil preparasi dengan metode *sputtering DC* menggunakan SEM-EDS?
4. Bagaimana struktur kristal dari lapisan tipis TiN hasil preparasi dengan metode *sputtering DC* menggunakan X-RD?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini meliputi :

1. Menumbuhkan lapisan tipis TiN pada substrat kaca menggunakan metode *sputtering DC*.
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu deposisi lapisan tipis TiN terhadap sifat optik hasil preparasi dengan metode *sputtering DC* menggunakan UV-Vis.
3. Mengetahui morfologi permukaan dan komposisi kimia dari lapisan tipis TiN hasil preparasi dengan metode *sputtering DC* menggunakan SEM-EDS.
4. Mengetahui struktur kristal dari lapisan tipis TiN terhadap hasil preparasi dengan metode *sputtering DC* menggunakan X-RD.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi :

1. Mendapatkan informasi pengaruh pemberian variasi waktu pendeposisian lapisan tipis TiN terhadap sifat optik.
2. Sebagai acuan atau referensi untuk melakukan penelitian selanjutnya pada bidang yang sama.

BAB II

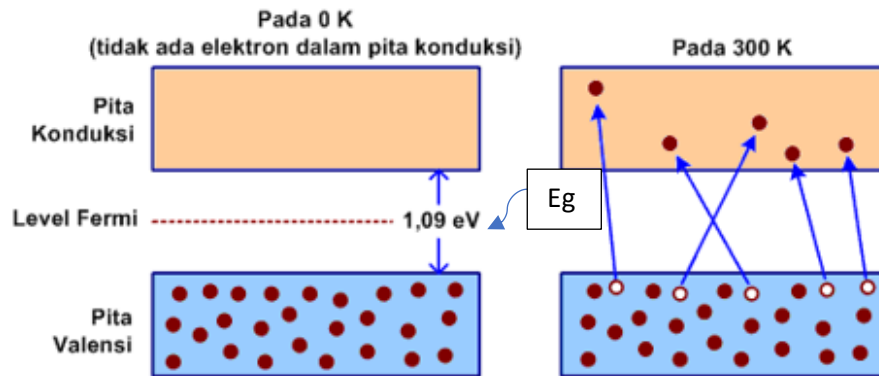
DASAR TEORI

A. Semikonduktor

1. Pengertian Semikonduktor

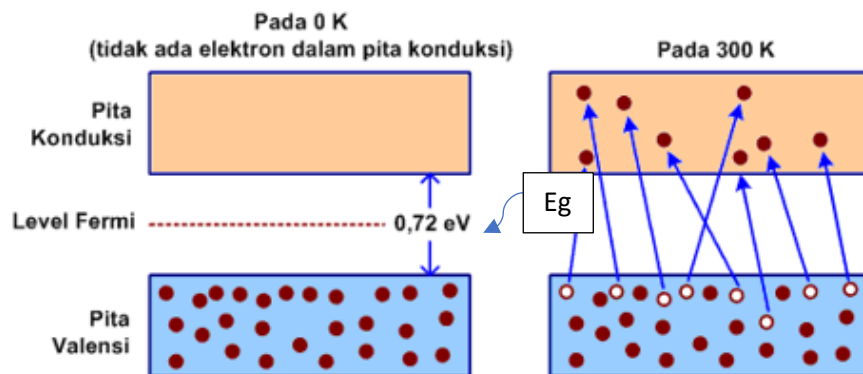
Bahan semikonduktor disebut semi atau setengah konduktor karena bahan ini bukan murni bahan konduktor. Hal tersebut disebabkan karena sifat khas yang dimiliki bahan semikonduktor. Pada suhu nol kelvin, bahan semikonduktor akan bersifat isolator. Apabila suhu diubah maka akan terjadi generasi elektron-hole termal yang berpindah dari pita valensi menuju pita konduksi dan menyebabkan bahan itu berubah menjadi bahan yang bersifat konduktor. Sifat inilah yang menjadikan bahan semikonduktor istimewa dan tidak dimiliki oleh bahan konduktor maupun isolator (Ariswan, 2017: 2). Biasanya bahan semikonduktor digunakan sebagai bahan dasar komponen aktif dalam piranti elektronik seperti diode, transistor, *integrated circuit*, dan teknologi konversi seperti sel surya (Ariswan, 2017: 1).

Bahan semikonduktor yang sering dipakai adalah silikon (Si), germanium (Ge), dan galium arsenida (GaAs) (Puspitaningrum, 2017: 2). Pada struktur kristal silikon satu inti atom memiliki empat elektron valensi sedangkan untuk membentuk atom yang stabil dibutuhkan ikatan inti atom dengan dikelilingi delapan elektron. Oleh karena itu empat elektron pada atom tersebut akan membentuk ikatan kovalen dengan ion-ion atom tetangganya. Pada suhu 0 K, bahan silikon bersifat isolator karena ikatan kovalen menyebabkan elektron tidak dapat berpindah dari inti atom lain ke inti atom lainnya. Sedangkan jika suhu dinaikkan, beberapa ikatan kovalen terlepas karena energi panas akan menyebabkan elektron terlepas dari ikatannya (Reka Rio, 1980:8-11).



Gambar 2. Diagram pita energi silikon (Si)

(Siska Budiman, 2017)



Gambar 3. Diagram pita energi germanium (Ge)

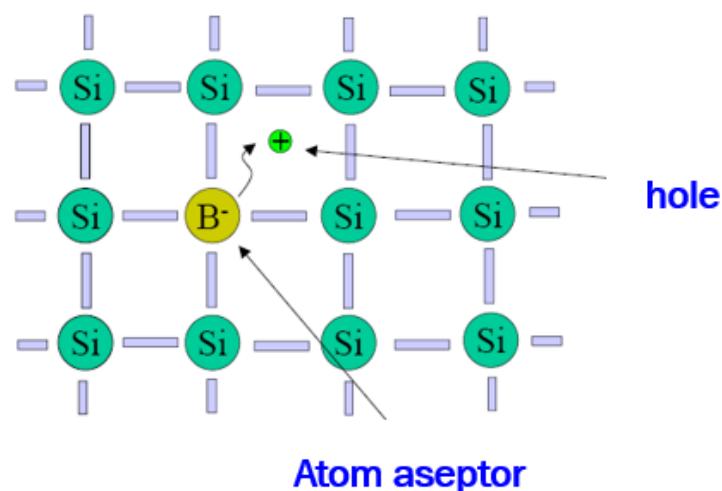
(Siska Budiman, 2017)

2. Jenis-jenis Semikonduktor

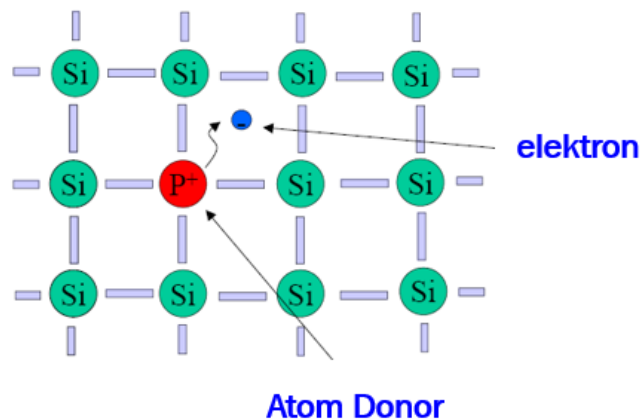
Semikonduktor berdasarkan sifat kelistrikkannya dikelompokkan menjadi dua jenis, yaitu semikonduktor intrinsik dan semikonduktor ekstrinsik.

- Semikonduktor intrinsik, merupakan semikonduktor dengan atom-atomnya yang terdiri dari atom golongan IV (Silikon dan Germanium) dan sudah bersifat sebagai bahan semikonduktor (Ariswan, 2017: 3).
- Semikonduktor Ekstrinsik, merupakan semikonduktor intrinsik yang diberi pengotor atau dapat juga dari atom lain yang berasal dari golongan III atau V. Pada semikonduktor ekstrinsik dibagi menjadi dua jenis berdasarkan atom yang di *dopping*. Semikonduktor intrinsik yang diberi pengotor dari golongan III akan menjadi semikonduktor ekstrinsik tipe-p, sedangkan jika diberi pengotor dari golongan V akan menjadi semikonduktor ekstrinsik tipe-n. Pada semikonduktor tipe-p, apabila

atom-atom pengotor disisipkan pada semikonduktor intrinsik maka agar dapat tetap membentuk ikatan kovalen atom golongan III tersebut menerima elektron dari sistem semikonduktor intrinsik. Atom-atom pengotor yang menerima elektron dari sistem semikonduktor intrinsik akan berubah menjadi ion pengotor bermuatan negatif dan mayoritas pembawa muatan berupa *hole* yang bermuatan positif. Ion-ion akseptor mempunyai massa yang relatif berat bermuatan negatif dan *hole* mempunyai massa efektif kecil berada pada pita valensi. Pada pita valensi, *hole* dapat bergerak sehingga *hole* merupakan pembawa muatan dan secara keseluruhan bersifat sebagai konduktor. Pada semikonduktor tipe-p, atom-atom golongan V menggantikan golongan IV pada tabel periodik, sehingga disekitaran golongan V hanya ada empat elektron yang dibutuhkan untuk membentuk ikatan kevalen dan hanya ada satu elektron pada atom pengotor yang diberikaan pada sistem semikonduktor intrinsik. Akibatnya ion pada golongan V akan berubah menjadi bermuatan positif dan moyoritas pembawa muatan adalah elektron donor (Ariswan, 2017: 4).



Gambar 4. Susunan atom pada tipe-p
(Siska Budiman, 2017)



Gambar 5. Susunan atom pada tipe-n

(Siska Budiman, 2017)

3. Pemanfaatan Semikonduktor untuk Sel Surya

Salah satu contoh dari pemanfaatan energi surya yaitu dalam bentuk fotovoltaiik. Fotovoltaiik merupakan terjadinya perubahan energi surya langsung menjadi energi listrik dan pirantinya disebut sel surya. Sel surya merupakan sambungan antara dua semionduktor atau lebih dengan tipe berbeda (Ariswan, 2010: F-31). Material semikonduktor merupakan inti dari sel surya dengan ketebalan hingga ratusan mikrometer untuk sel surya generasi pertama (Si) dan satu sampai tiga mikrometer untuk sel surya lapisan tipis. Material semikonduktor berfungsi untuk menyerap cahaya dari sinar matahari. Material semikonduktor yang pada umumnya sering digunakan sebagai sel surya lapisan tipis yaitu material $\text{Cu(In, Ga)(S, Se)}_2$ (CIGS), amorphous silikon , dan material lain yang sedang dalam penelitian seperti $\text{Cu}_2\text{ZnSn(S, Se)}_4$ (CzTS) dan Cu_2O (<https://teknologisurya.wordpress.com/dasar-teknologi-sel-surya/prinsip-kerja-sel-surya/>).

B. Lapisan TiN

Titanium merupakan logam yang sangat atraktif, yang dikarenakan titanium termasuk dalam logam yang ringan namun memiliki sifat yang tangguh. Titanium memiliki dua alotropi, pada suhu kamar titanium berada pada struktur kristal *hexagonal closed-packed* (HCP) yang dikenal juga sebagai fase alfa dan pada suhu

1.156 K akan berubah menjadi berstruktur *body-centered cubic* (BCC) yang dikenal sebagai fase beta (Windajanti, 2017: 83).

Paduan titanium banyak digunakan karena titanium murni merupakan material lunak dengan ketahanan geser permukaan rendah, yang disebabkan karena terbentuknya oksida secara alami dipermukaan titanium (Windajanti, 2017: 83). Titanium Nitrida (TiN) merupakan bahan semikonduktor dengan tipe-n yang dihasilkan dari paduan dari golongan IIIA dan VA. Keunggulan dari bahan TiN yaitu memiliki kekerasan dan ketahanan terhadap aus yang sangat bagus. Lapisan tipis TiN merupakan *direct band gap* semikonduktor dengan energi *gap* $E_g = 3,4$ eV. Sifat lain dari TiN yaitu memiliki resistivitas yang rendah, pada batas *visible* memiliki transmisi yang tinggi, dan pada daerah *infrared* memiliki reflektansi yang tinggi (Solovan, 2014: 1).

Titanium (Ti) merupakan logam transisi berwarna putih keperakkan dari golongan IIIA, memiliki struktur kristal berupa Heksagonal dengan konduktivitas listrik sebesar $2,6 \times 10^6$ /ohm cm. Titanium banyak digunakan dalam alloy kuat maupun ringan (<https://id.wikipedia.org/wiki/Titanium>). Unsur lain yaitu Nitrida merupakan suatu senyawa nitrogen yang memiliki keadaan oksidasi normal. Selain itu, nitrida termasuk kelompok besar senyawa dengan rentang sifat dan pengaplikasian yang luas (<https://id.wikipedia.org/wiki/Nitrida>).

C. Lapisan Tipis

1. Pengertian Lapisan Tipis

Lapisan tipis merupakan salah satu material yang memiliki ukuran nanometer, sehingga lapisan tipis juga dikenal sebagai bahan nanomaterial. Lapisan tipis juga dapat didefinisikan sebagai bahan material dengan dimensi rendah yang dibentuk oleh kondensasi partikel jenis atom, molekul atau ion dengan ketebalan berkisar antara 10^{-6} meter hingga 10^{-9} meter (Erika, 2017: 5).

Lapisan tipis dapat dibuat dengan proses deposisi atom pada substrat dan pada tingkat vakum yang tinggi. Jika pembentukan lapisan tipis melalui proses fisika maka teknik deposisi tersebut dapat diklasifikasikan sebagai teknik *Physical Vapour Deposition* (PVD) dan jika dilakukan melalui proses kimia maka dapat diklasifikasikan sebagai teknik *Chemical Vapour Deposition*. Pada PVD

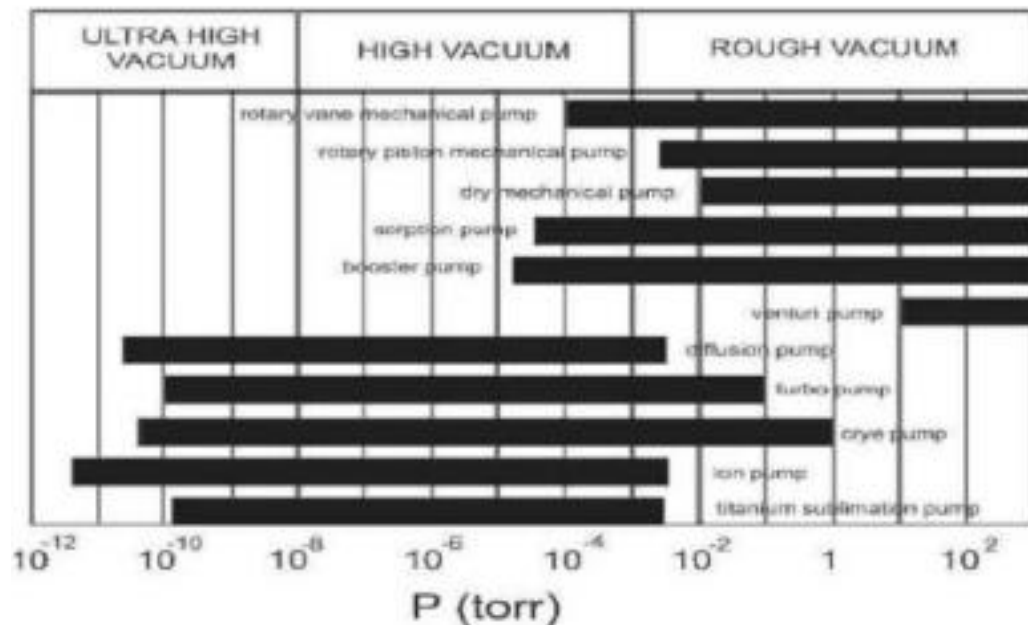
menerapkan reaksi fisika dalam pembuatan lapisan tipis dan terdapat berbagai jenis metode yang dapat digunakan, yaitu *Vacuum Evaporation*, *Sputtering RF* dan *DC*, *Closed Spaced Vapour Transport*, dan *Flash Evaporation*. Pada CVD menerapkan reaksi kimia dan terdiri dari metode *Low Pressure Chemical Vapour Deposition* dan *Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition*. Masing-masing teknik tersebut memiliki keunggulan dan kelemahan dalam pembentukan lapisan tipis (Erika, 2017: 5-6; Maharani, 2015: 2).

2. Pembentukan Lapisan Tipis

Pada pembentukan lapisan tipis minimal harus terdapat target, substrat, proses transport, dan deposisi. Pada proses transport dibutuhkan teknologi vakum, hal ini bertujuan agar target dapat mencapai substrat tanpa terhalang oleh unsur-unsur lain yang terdapat di udara (Ariswan, 2017)

Pada saat proses pemvakuman, pengosongan suatu ruangan mulai dari tekanan atmosfer sampai tekanan vakum tinggi misalnya pada tekanan 1×10^{-8} mbar atau setara dengan $0,75 \times 10^{-8}$ torr tidak dapat dilakukan hanya dengan menggunakan satu alat pompa saja. Dibutuhkan dua sampai tiga alat pompa yang dijalankan secara bertahap sesuai dengan daerah kerjanya. Sebuah pompa memiliki tekanan limit tertentu atau batas awal pompa dapat bekerja dan tekanan dasar yang merupakan batas tekanan akhir pompa tersebut dapat berkerja. Daerah tekanan antara dua batas tersebut merupakan daerah kerja efektif pompa. Suatu alat pompa akan berkerja dengan baik jika digunakan pada daerah kerjanya masing-masing (Ariswan dan Na Peng Bo, 2004).

Daerah kerja alat pompa dibagi menjadi tiga berdasarkan tingkat tekanan vakum. Daerah tersebut meliputi pompa tekanan rendah (*roughing pumps*), pompa tekanan tinggi (*high vacuum pumps*), dan *ultrahigh vacuum pumps* (Ariswan dan Na Peng Bo, 2004).



Gambar 6. Daerah kerja pompa vakum

(Ariswan dan Na Peng Bo, 2004)

3. Metode *Sputtering*

Metode *sputtering* dapat digunakan untuk melapiskan berbagai jenis logam termasuk paduan logam bahkan non logam pada substrat. Metode *sputtering* merupakan teknik yang dilakukan dengan cara penembakan partikel untuk mengangkat atom dari suatu logam pelapis yang digunakan untuk melapisi suatu substrat dengan kondisi tabung yang hampa udara. Komponen dari piranti *sputtering* meliputi sumber tegangan tinggi, tabung vakum, tabung plasma, sistem masukan gas, sistem pemanas substrat, dan sistem pendingin target (<https://kuliahmesin.wordpress.com/2016/09/24/proses-sputtering-sputtering-process/>).

Pada substrat dipasang anoda dan katoda dipasang pada target. Jika diantara anoda dan katoda diberi tegangan tinggi, maka di dalam ruang tabung vakum akan dihasilkan plasma. Plasma tersebut terdiri dari atom-atom gas netral, ion positif, dan elektron. Elektron dan ion di dalam plasma bergerak dengan kecepatan yang rambang, sehingga plasma tidak benar-benar dalam kondisi netral. Jika pada plasma dimasukkan suatu substrat yang terisolasi, maka pada permukaan substrat akan dihujani oleh elektron dan ion-ion. Hal itu dikarenakan dalam kesetimbangan

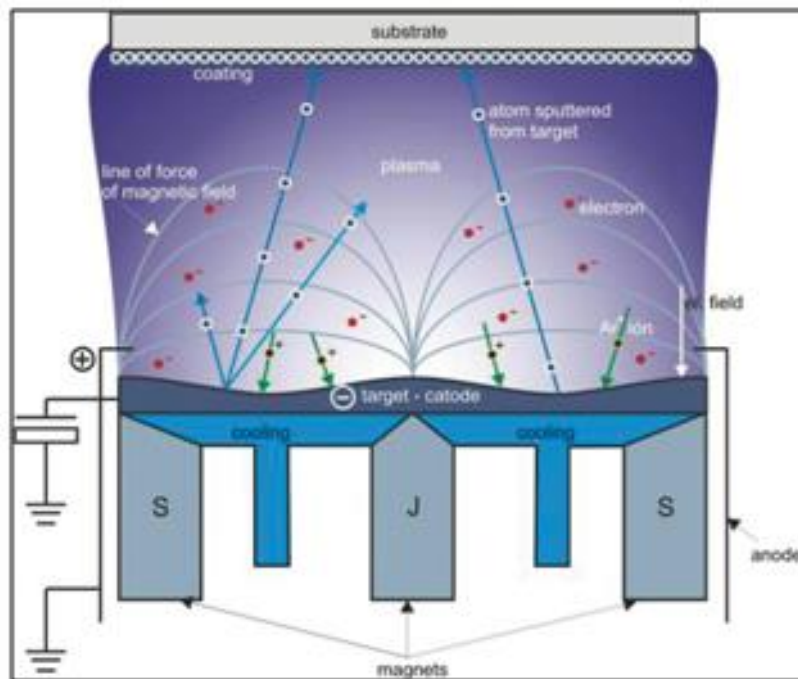
termodinamika fluks elektron lebih besar dari fluks ion dan menyebabkan arus yang dimiliki elektron lebih besar daripada ion, sehingga substrat akan mempunyai kelebihan muatan negatif (Ariswan, 2017).

Gas yang digunakan pada sistem masukkan gas biasanya termasuk dalam golongan gas inert yaitu gas argon atau gas yang tidak beraksi dan mudah di ionisasi. Ketika ion gas argon memiliki energi tinggi bergerak menuju katoda dan menembak target, maka atom-atom bahan target akan terpental keluar karena tumbukan momentum. Selanjutnya atom-atom yang terpental tersebut akan melapisi permukaan substrat (<https://kuliahmesin.wordpress.com/2016/09/24/proses-sputtering-sputtering-process/>).

Berdasarkan sumber energi yang digunakan untuk proses terjadinya pendeposisian, metode *sputtering* dibagi menjadi tiga jenis yaitu:

a. *Magnetron sputtering*

Penggunaan medan magnet untuk memperpanjang lintasan berkas elektron menjadi ciri khas dari magnetron *sputtering*. Pada proses pembuatan lapisan tipis, katoda dibuat dari material target dan anoda dibuat berbentuk cincin yang mengelilingi target. Medan magnet yang seragam dan dengan arah tegak lurus terhadap katoda dibuat dari solenoida di sekeliling elektroda. Sistem tersebut diletakkan pada ruang vakum yang didalamnya dipasang substrat. Ketika elektroda diberi aliran listrik, elektron pada target akan terlepas namun tidak dapat tertarik oleh anoda. Hal tersebut dikarenakan, adanya medan magnet yang arahnya tegak lurus dengan katoda dan oleh sebab itu pula pergerakan elektron disekeliling katoda bergerak secara spiral. Pada saat gas argon dialirkan pada sistem, elektron akan mengionisasi gas argon sehingga ion-ion positif argon akan menembaki target. Atom pada target yang ditembaki ion argon akan terlepas, bergerak kesegala arah, dan menempel pada substrat (<http://amree.blog.uns.ac.id/2013/06/17/sputtering/>).

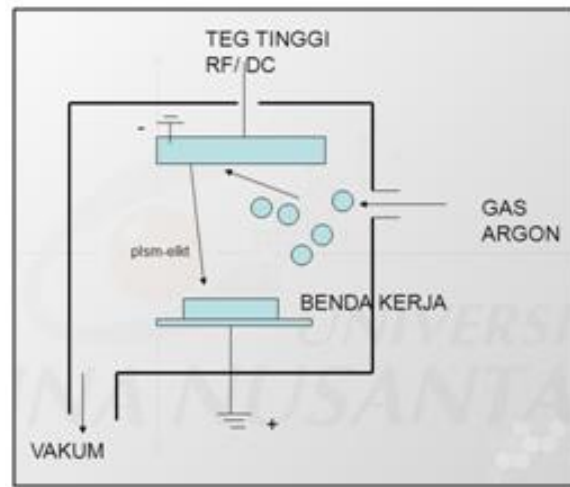


Gambar 7. Skema prinsip kerja magneton sputtering

(<https://kuliahmesin.wordpress.com/2016/09/24/proses-sputtering-sputtering-process/>)

b. *Sputtering RF*

Frekuensi radio (RF) *sputtering* digunakan dengan melibatkan gelombang energi berjalan melalui gas inert untuk menciptakan ion positif. Penumbuhan lapisan tipis dengan bahan target yang ditumbuk oleh ion-ion akan melapisi atom menutupi substrat (<http://kusanantomukti.blog.uns.ac.id/2012/10/macam-sputtering/>). Biasanya *sputtering* RF digunakan untuk mendeposisikan material yang bersifat nonkonduktor. Pada prosesnya, *sputtering* RF menggunakan tegangan frekuensi radio dengan frekuensi sekitar 13,56 MHz. Penggunaan frekuensi radio akan memunculkan tegangan *negative self bias* atau tegangan berarus DC pada katoda. (<https://kuliahmesin.wordpress.com/2016/09/24/proses-sputtering-sputtering-process/>).



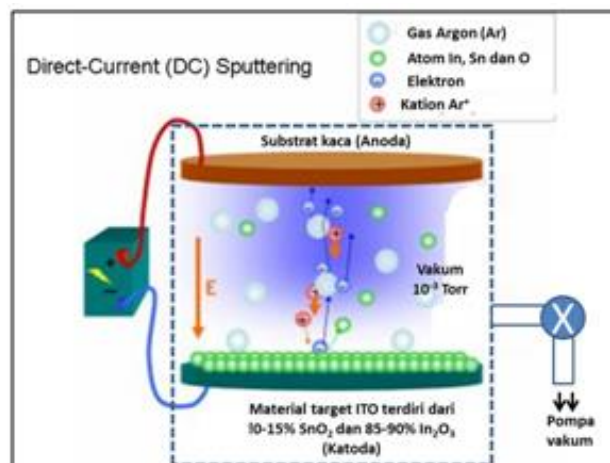
Gambar 8. Skema prinsip kerja sputtering RF

(<https://kuliahmesin.wordpress.com/2016/09/24/proses-sputtering-sputtering-process/>)

c. Sputtering DC

Sputtering dengan menggunakan arus searah (DC) disebut juga sebagai *cathode sputtering*, digunakannya tegangan searah bertujuan untuk mempertahankan terjadinya *glow discharge* yang membutuhkan tegangan tinggi antara ratusan hingga ribuan volt pada kedua elektrodanya (<http://amree.blog.uns.ac.id/2013/06/17/sputtering/>). Biasanya pada *Sputtering DC* menggunakan material berjenis konduktor atau semikonduktor (<https://kuliahmesin.wordpress.com/2016/09/24/proses-sputtering-sputtering-process/>). Pada tabung vakum dipasang dua elektroda yang saling berhadapan dan dihubungkan dengan daya DC agar dapat menimbulkan medan listrik. Tujuan dari metode *sputtering DC* adalah untuk memecahkan ikatan antar atom target sehingga atom tersebut dapat terusun pada substrat dan membentuk lapisan tipis yang baru (<https://defiaryanto.wordpress.com/2013/10/24/pembuatan-lapisan-tipis-dengan-menggunakan-metode-sputtering/>). Metode *sputtering DC* memiliki banyak kelebihan diantaranya dapat menyediakan bahan lapisan tipis yang seragam, padat, dan memenuhi stokiometri. Metode *sputtering DC* terdiri dari anoda dan katoda. Pada anoda ditempatkan substrat yang diberi pemanas agar pori-pori substrat dapat terbuka, sehingga bahan yang dideposisi di atas permukaan substrat dapat melekat dengan kuat. Pada katoda dipasang bahan target yang dilengkapi dengan pendingin

agar bahan tersebut tidak mudah meleleh pada suhu yang tinggi. Pada metode *sputtering DC*, partikel yang ter-*sputter* akan bertumbukan dengan molekul gas dan berdifusi pada substrat. Hasil *sputtering* akan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah energi partikel datang, material target, sudut datang partikel pada permukaan target, dan struktur kristal permukaan target (Suyoso, 2006: 21-23).



Gambar 9. Skema prinsip kerja *sputtering DC*

(<https://kuliahmesin.wordpress.com/2016/09/24/proses-sputtering-sputtering-process/>)

D. Karakteristi Lapisan Tipis

1. Sifat Optik

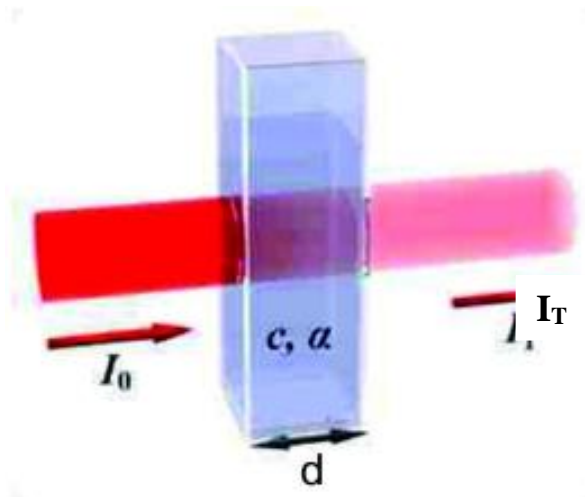
Sifat optik terdiri dari nilai absorbansi, transmitansi, dan reflektansi. Ketiga hal tersebut berkaitan dengan interaksi antara suatu material dengan gelombang elektromagnetik yang berupa cahaya tampak. Jika suatu cahaya dilewatkan pada bahan material tertentu, maka sebagian dari cahaya tersebut akan diserap (absorbansi), sebagian diteruskan (transmitansi), dan sebagian yang lain lagi akan dipantulkan (reflektansi). Hal tersebut dapat diartikan bahwa intensitas cahaya yang datang (I_0) merupakan jumlahan dari intensitas cahaya yang diserap (I_A), intensitas cahaya yang diteruskan (I_T), dan intensitas cahaya yang dipantulkan (I_R) (Puspitaningrum, 2017: 8-9).

$$A + T + R = \frac{I_A}{I_0} + \frac{I_T}{I_0} + \frac{I_R}{I_0} = 1 \quad (1)$$

Pengukuran sifat optik menggunakan panjang gelombang elektromagnetik dari *ultraviolet* hingga *infrared*. Hubungan antara panjang gelombang dengan nilai dari *band gap* dapat dirumuskan secara matematis dengan rumusan (Puspitaningrum, 2017: 9):

$$Eg = \frac{h c}{\lambda} \quad (2)$$

dengan Eg : energi *band gap* (eV)
 h : konstanta plank ($6,626 \times 10^{-34}$ Js)
 c : kecepatan cahaya (3×10^8 m/s)
 λ : panjang gelombang cahaya (m)



Gambar 10. Ilustrasi intensitas cahaya yang datang dan intensitas cahaya setelah melewati sampel

(<https://wanibesak.wordpress.com/2011/07/04/pengertian-dasar-spektrofotometer-vis-uv-uv-vis/>)

Pengukuran nilai absorbansi cahaya dapat digunakan untuk menentukan sifat optik suatu lapisan. Jika berkas cahaya dilewatkan pada sampel transparan untuk intensitas yang melewati sampel (I_T) dengan ketebalan (d), koefisien absorpsi (α), dan cahaya yang datang (I_0), maka intensitas cahaya yang ditransmisikan akan semakin berkurang. Intensitas cahaya yang ditransmisikan dapat dirumuskan sebagai (Abdullah dan Khairurrijal, 2009: 108):

$$I_T = I_0 e^{-\alpha d} \quad (3)$$

Nilai transmiansi (T) merupakan perbandingan antara intensitas yang diteruskan dan intensitas cahaya datang. Berdasarkan hukum Lambert – Beer, banyaknya cahaya yang ditransmisikan dapat dirumuskan dengan persamaan berikut (Puspitaningrum, 2017: 10):

$$T = \frac{I_T}{I_0} \quad (4)$$

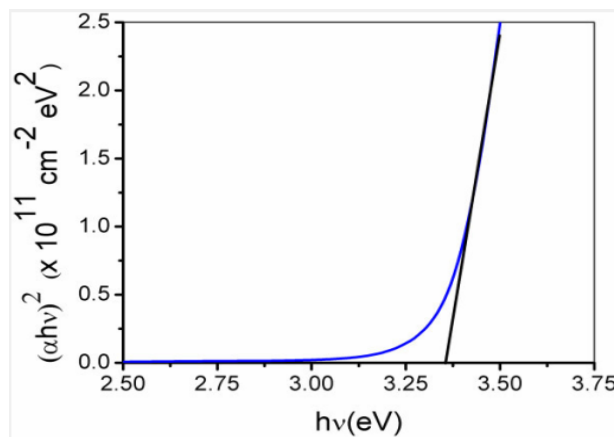
Jika pada persamaan 4 diatas dimasukkan rumusan pada persamaan 3, maka diperoleh persamaan baru sebagai berikut:

$$\begin{aligned} T &= \frac{I_0 e^{-\alpha d}}{I_0} \\ T &= e^{-\alpha d} \\ \ln T &= -\alpha d \\ \alpha &= \frac{1}{d} \ln\left(\frac{1}{T}\right) \end{aligned} \quad (5)$$

Nilai koefisien absorpsi (α) merupakan karakteristik dari suatu lapisan tipis pada panjang gelombang tertentu dan fraksi serap pada jarak yang dilewati (Puspitaningrum, 2017: 11). Absorpsi foton tergantung pada sifat bahan semikonduktor dan panjang gelombang cahaya yang datang. Pada bahan semikonduktor, absorpsi menyebabkan terjadinya eksitasi elektron dari pita valensi menuju pita konduksi. Proses transisi tersebut dapat terjadi secara langsung maupun tidak langsung. Proses transisi langsung terjadi ketika elektron mengabsorpsi foton dan langsung melompat ke pita konduksi. Pada kondisi tersebut, energi foton harus sama atau lebih besar dari celah energi (Puspitaningrum, 2017: 11-12). Semikonduktor dengan celah pita energi langsung memiliki hubungan antara koefisien absorpsi terhadap frekuensi foton yang memenuhi persamaan (Abdullah dan Khairurrijal, 2009: 108):

$$\alpha = B \frac{\sqrt{h\nu - E_g}}{h\nu} \quad (6)$$

dengan $h\nu$ merupakan energi foton, E_g merupakan lebar pita energi, dan B merupakan sebuah konstanta.

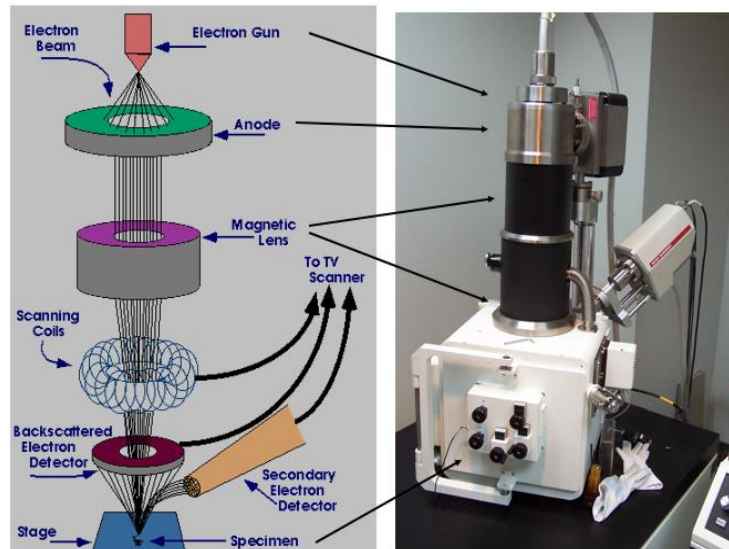


Gambar 11. Contoh grafik hasil analisis Uv-Vis untuk menentukan nilai band gap
(https://openi.nlm.nih.gov/detailedresult.php?img=PMC3432626_1556-276X-7-366-2&req=4)

2. SEM-EDS

Scanning Electron Microscope (SEM) dikembangkan pertama kali pada tahun 1938 oleh seorang ilmuwan Jerman yang bernama Manfred von Ardenne. SEM merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengarakterisasi morfologi permukaan suatu sampel dan pada perkembangannya SEM dapat digunakan untuk mengetahui ketebalan suatu lapisan tipis. Prinsip kerja SEM yaitu berkas elektron dihasilkan oleh *electron gun* dan dipercepat dengan anoda menuju lensa magnetik agar elektron dapat terfokuskan menuju sampel. Sinar elektron yang terfokuskan akan memindai sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai. Sinar elektron yang menyapu permukaan sampel dalam daerah sangat kecil, dan saat elektron berinteraksi dengan sampel akan menghasilkan elektron baru yang disebut sebagai *secondary electron*. Elektron sekunder yang terdeteksi akan diperkuat sinyalnya, kemudian besarnya amplitudo ditampilkan dalam gradasi gelap-terang pada layar monitor *Cathode RayTube (CRT)*. Pada layar CRT inilah gambar dari struktur permukaan sampel yang telah diperbesar dapat dilihat. Gambar tersebut merupakan informasi dari morfologi permukaan sampel yang tersapu oleh elektron (Febriani, 2015). Sinyal yang dihasilkan dari detektor sangat berpengaruh dengan intensitas cahaya yang berada dalam tabung monitor. Hal itu dikarenakan, jumlah cahaya yang dipancarkan oleh monitor sebanding dengan jumlah elektron yang berinteraksi dengan sampel. Ditinjau dari jalannya berkas media, proses SEM dapat

dianalogikan sebagai mikroskop optik metalurgi yang menggunakan prinsip reflektansi. Hal ini dapat diartikan dalam prosesnya permukaan sampel akan memantulkan berkas media.



Gambar 12. Perangkat SEM dan EDS

(Ariswan, 2017)

Agar mendapatkan informasi mengenai komposisi kimia yang terkandung dalam sampel, dapat dilakukan dengan menggunakan *Energy Dispersive Spectrometry (EDS)* yang merupakan kelanjutan dari SEM. Prinsip kerja EDS yaitu jika terdapat elektron yang berinteraksi dengan sampel akan ada kemungkinan untuk elektron tersebut dihamburkan oleh elektron lainnya yang mengelilingi inti atom sampel, sehingga terjadi kekosongan dan akan diisi oleh elektron dari kulit luar. Elektron yang terhambur disebut sebagai *Backscattered Electrons (BSE)*. Elektron pada kulit luar memiliki energi yang lebih besar, sehingga pada saat elektron berpindah menuju orbit dengan energi rendah maka elektron tersebut akan melepaskan energi berupa photon. Photon atau yang dikenal juga sebagai sinar-X yang dipancarkan memiliki energi yang spesifik sebagai informasi dari nomor atom dan juga kandungan pada sampel (Sujatno, 2015: 46-47).

3. XRD

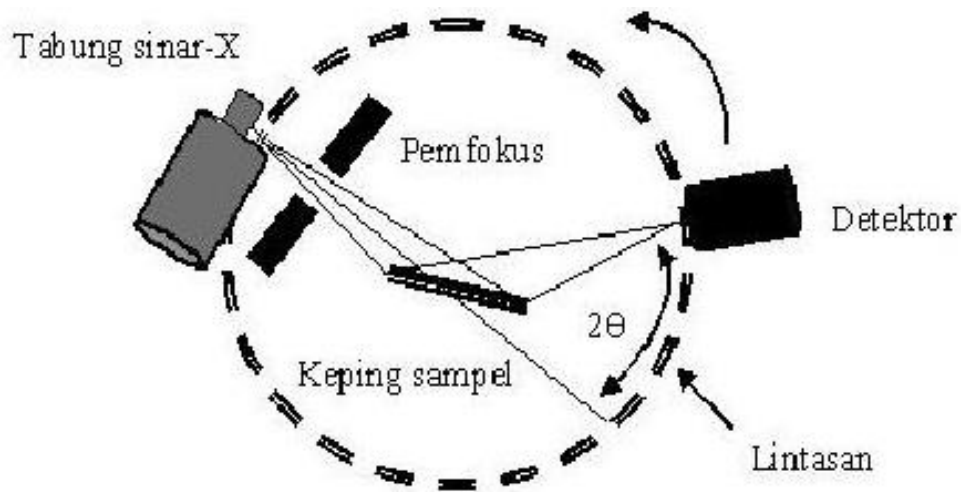
X-ray Diffraction (XRD) merupakan gelombang elektromagnetik dengan panjang gelombang sekitar 1 Angstrom yang kira-kira hampir sama dengan jarak antar atom dalam kristal (Abdullah dan Khairurrijal, 2009: 62). Selain itu, XRD

memiliki radiasi elektromagnetik berenergi tinggi dengan rentang 200 eV – 1 MeV. XRD merupakan metode yang paling sering digunakan dalam mengarakterisasi material untuk mendapatkan informasi mengenai fasa kristalin dengan menentukan parameter struktur kisi. Sinar-X pertama kali ditemukan oleh Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895. Sinar-X banyak digunakan karena dalam penggunaannya tidak merusak pada material maupun manusia. Sinar-X dapat digunakan untuk menghasilkan pola difraksi yang dapat memberikan informasi dalam analisis kualitatif dan kuantitatif yang terkandung dalam suatu material (<http://fathul-ilmu.blogspot.com/2013/09/teori-dasar-x-ray-diffraction-xrd.html>).

Saat sampel dikenai sinar-X, intensitas sinar yang ditransmisikan lebih rendah daripada intensitas sinar yang datang. Hal tersebut dikarenakan, penyerapan oleh sampel dan penghamburan oleh atom-atom dalam sampel. Jika fasa dari berkas sinar-X berbeda maka berkas sinar-X yang dihamburkan akan saling menghilangkan, namun jika fasanya sama maka akan saling menguatkan dan disebut sebagai berkas difraksi (<http://fathul-ilmu.blogspot.com/2013/09/teori-dasar-x-ray-diffraction-xrd.html>). Prinsip dalam produksi sinar-X yaitu sinar-X akan diproduksi dalam tabung sinar-X, terdiri dari tabung gelas yang divakumkan dan didalamnya terdapat dua lempengan elektroda. Elektron akan dihasilkan dengan cara memanaskan filamen katoda, dengan tegangan biasanya berkisar 4 - 12 Volt dan arus berkisar 1,5 - 5 Ampere. Elektron pada permukaan filamen akan dipercepat karena adanya perbedaan tegangan yang tinggi antara filamen dan logam sampel/target, hal tersebut dapat menyebabkan elektron dapat ditarik oleh logam sampel/target. Energi kinetik ketika elektron menumbuk logam sampel/target (Wiyatmo, 2016: 4-5) :

$$E = \frac{1}{2}mv^2 = e V \quad (7)$$

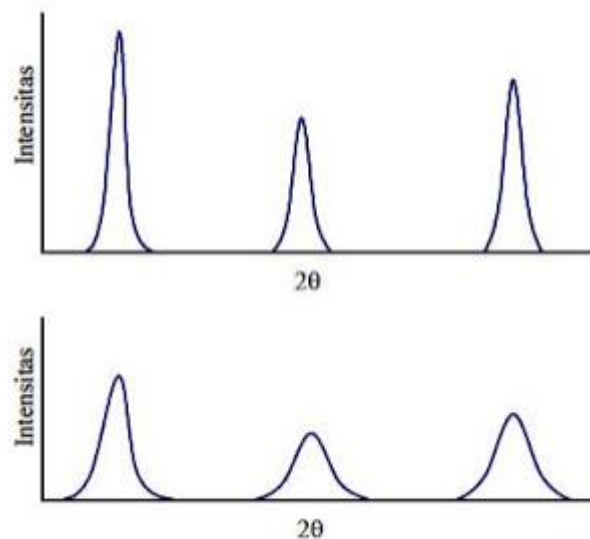
dengan m : masa elektron ($9,11 \times 10^{-31}$ kg)
 v : kecepatan elektron (m/s^2)
 e : muatan elektron ($1,60 \times 10^{-19}$ C)
 V : beda tegangan katoda dan anoda (Volt)



Gambar 13. Skema prinsip kerja XRD

(<http://rolanrusli.com/difraksi-sinar-x/>)

Pada proses tumbukan kurang dari 1% elektron yang dipancarkan diubah menjadi sinar-X dan sisanya diubah menjadi panas. Data yang diperoleh dari hasil XRD yaitu berupa grafik hubungan antara intensitas difraksi dengan sudut-sudut 2θ .



Gambar 14. Contoh grafik peak hasil analisis XRD

(<http://fathul-ilmi.blogspot.co.id/2013/09/teori-dasar-x-ray-diffraction-xrd.html>)

Syarat terjadinya intensitas difraksi maksimum dan sebagai dasar untuk mempelajari kisi kristal dengan menggunakan XRD yaitu berdasarkan :

a. Hukum Bragg

Suatu kristal memiliki susunan atom yang tersusun secara teratur dan berulang, memiliki jarak antar atom yang ordenya sama dengan panjang gelombang sinar-X. Hal tersebut akan berakibat jika seberkas sinar-X ditembakkan pada suatu material kristalin maka sinar tersebut akan menghasilkan pola difraksi khas. Pola difraksi yang dihasilkan sesuai dengan susunan atom pada kristal tersebut (<http://rolanrusli.com/difraksi-sinar-x/>).

Menurut pendekatan Bragg, kristal dapat dipandang terdiri atas bidang-bidang datar (kisi kristal) yang masing-masing berfungsi sebagai cermin semi transparan. Jika sinar-X ditembakkan pada tumpukan bidang datar tersebut, maka beberapa akan dipantulkan oleh bidang tersebut dengan sudut pantul yang sama dengan sudut datangnya dan sisanya akan diteruskan menembus bidang. Jika dirumuskan secara matematis dengan menghubungkan panjang gelombang sinar-X, jarak bidang kristalin, dan sudut difraksi, maka perumusannya menjadi (<http://rolanrusli.com/difraksi-sinar-x/>):

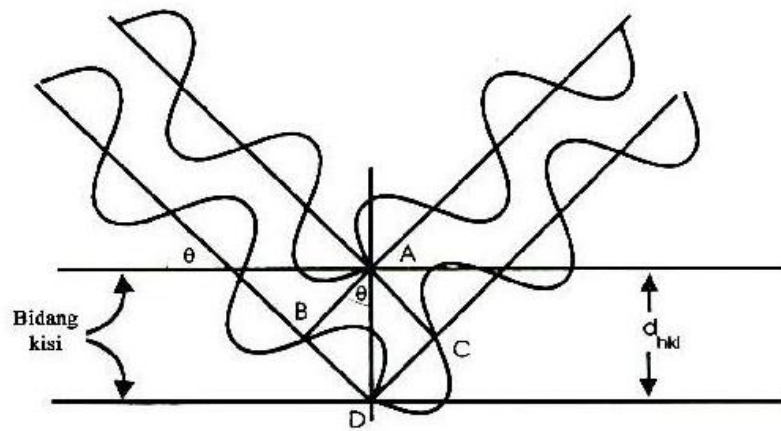
$$n\lambda = 2 d \sin \theta \quad (8)$$

dengan n : bilangan 0, 1, 2,

λ : panjang gelombang sinar-X

d : jarak antara dua bidang kisi (hkl)

θ : sudut antara sinar datang dan bidang normal



Gambar 15. Bidang kisi kristalin

(<http://rolanrusli.com/difraksi-sinar-x/>)

b. Faktor struktur

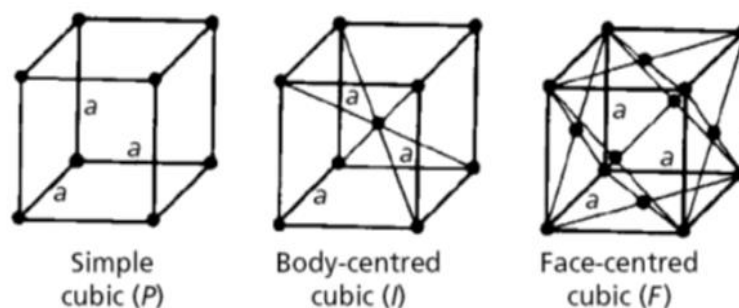
Faktor struktur dapat dirumuskan dalam persamaan umum sebagai berikut:

$$F = \sum_{j=1}^n f_j e^{2\pi i (hx_j + ky_j + lz_j)} \quad (9)$$

dengan ketentuan Kubik sederhana : semua nilai h,k, dan l akan muncul pada pola difraksi.

Pusat badan : h+k+l akan muncul pola difraksi jika nilainya genap.

Pusat muka : h,k, dan l akan muncul pola difraksi jika semua genap atau semua ganjil (Suryanarayana dan Norton, 1998: 52-58).



Gambar 16. Ilustrasi SC, BCC, FCC

(<http://www.kampus-digital.com/2017/01/analisis-kristal-kubik.html>)

Menentukan nilai parameter kisi (a) dapat menggunakan rumusan:

$$\frac{1}{d} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \quad (10)$$

dan jika disubstitusikan dengan hukum Bragg pada persamaan 7 maka menjadi :

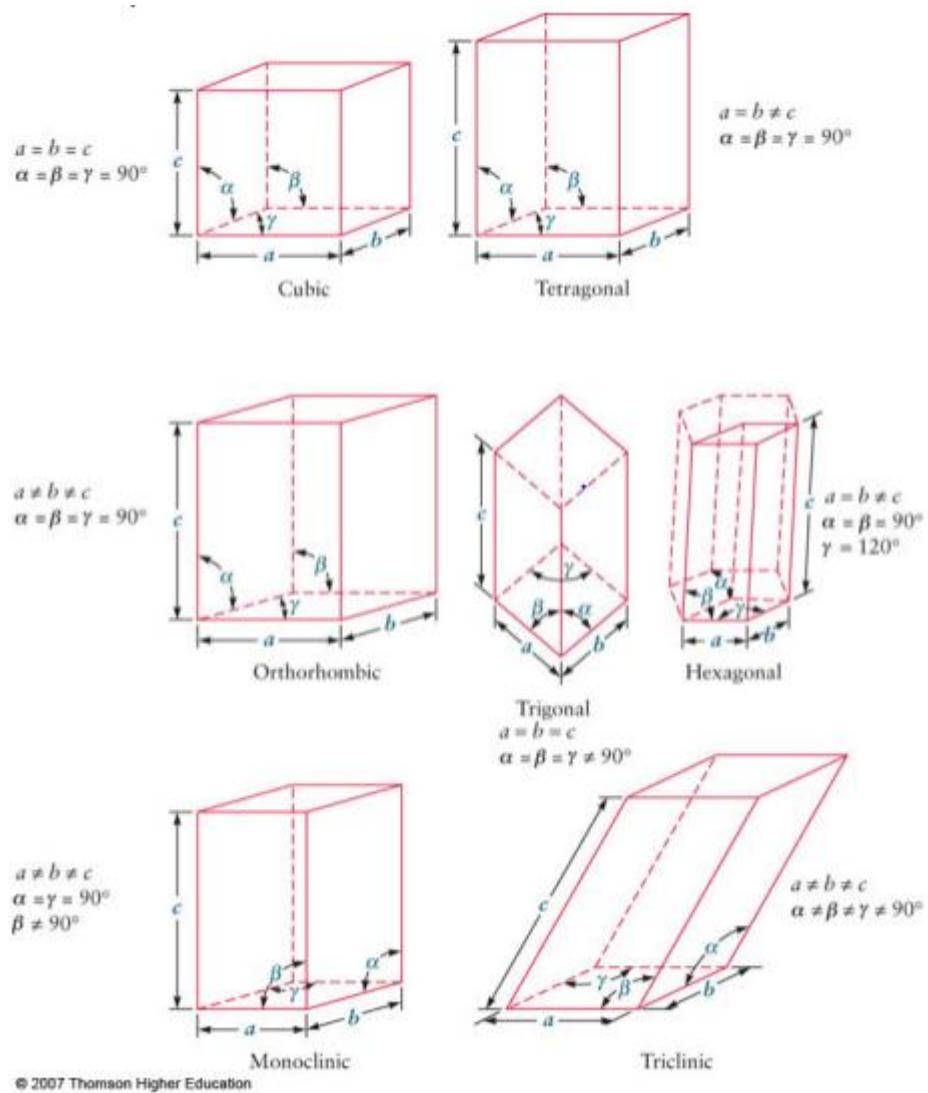
$$\begin{aligned} \frac{4 \sin^2 \theta}{\lambda^2} &= \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2} \\ \sin^2 \theta &= \frac{\lambda^2}{4 a^2} (h^2 + k^2 + l^2) \\ \sin^2 \theta &= A (h^2 + k^2 + l^2) \end{aligned} \quad (11)$$

Sehingga nilai a dapat dicari dengan $a = \frac{\lambda}{2\sqrt{A}}$ (12)

Adapun tujuh buah unit sel yang dimungkinkan untuk semua jenis kristalin. Unit sel tersebut disebut juga sebagai tujuh kristal sistem.

Tabel 2. *Tujuh kristal sistem*

No.	Sistem Kristal	Kisi Bravais	Panjang rusuk	Besar sudut-sudut
1.	Kubus	<ul style="list-style-type: none"> • Sederhana • Berpusat badan • Berpusat muka 	$a = b = c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
2.	Tetragonal	<ul style="list-style-type: none"> • Sederhana • Berpusat Badan 	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
3.	Ortorombik	<ul style="list-style-type: none"> • Sederhana • Berpusat badan • Berpusat muka • Berpusat muka A, B, atau C 	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
4.	Monoklin	<ul style="list-style-type: none"> • Sederhana • Berpusat muka C 	$a \neq b \neq c$	$\alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$
5.	Triklin	<ul style="list-style-type: none"> • Sederhana 	$a \neq b \neq c$	$\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$
6.	Rombohedral atau trigonal	<ul style="list-style-type: none"> • Sederhana 	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$
7.	Heksagonal	<ul style="list-style-type: none"> • Sederhana 	$a = b \neq c$	$\alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$
	Total = 7 Sistem Kristal	Total = 14 Kisi Bravais		



Gambar 17. Ilustrasi tujuh kristal sistem

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan mulai bulan November 2017 hingga Juni 2018.

2. Tempat Penelitian

- a. Tahap preparasi pembentukkan lapisan tipis TiN dengan metode *sputtering DC* dilaksanakan di Laboratorium Fisika Partikel PSTA - BATAN Yogyakarta.
- b. Tahap karakteristik untuk mengetahui nilai transmitansi dari lapisan tipis TiN dengan menggunakan UV-Vis dilaksanakan di Laboratorium Kimia PSTA – BATAN Yogyakarta.
- c. Untuk mengetahui morfologi permukaan dan komposisi kima dari lapisan tipis TiN dengan menggunakan SEM-EDS dilaksanakan di PT CMM Serpong.
- d. Untuk mengetahui struktur kristal dari lapisan tipis TiN dengan menggunakan XRD dilaksanakan di Laboratorium Kimia Unversitas Negeri Yogyakarta.

B. Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Variabel Bebas

Waktu pendeposisian pembuatan lapisan tipis TiN dengan menggunakan metode *sputtering DC*.

2. Variabel Terikat

- a. Sifat optik yang meliputi nilai *band gap*.
- b. Struktur kristal pada masing-masing sampel.

3. Variable Kontrol

- a. Tegangan pada mesin *sputtering DC* sebesar 4 kV.
- b. Kuat arus pada mesin *sputtering DC* sebesar 10 mA.

- c. Tekanan vakum pada mesin *sputtering DC* sebesar $(1,9 - 2,2) \times 10^{-2}$ torr.
- d. Perbandingan antara gas Argon dan Nitrogen yang mengalir pada mesin *sputtering DC* sebesar 70:30.
- e. Jarak target dengan substrat pada mesin *sputtering DC* sejauh 4 cm.

C. Alat dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian

- a. Perangkat preparasi bahan sampel lapisan tipis TiN dengan metode *sputtering DC* :
 - a) Penggaris
 - b) Jangka sorong
 - c) Pemotong kaca/ gerinda
 - d) Amplas
 - e) *Ultrasonic vibrator*
 - f) *Hair dryer*
 - g) Mesin *Sputtering DC*
 - h) Pinset
- b. Perangkat karakterisasi bahan sampel lapisan tipis TiN :
 - a) *Ultra Violet Visibel (UV-Vis)* digunakan untuk menganalisis sifat optik berupa nilai *band gap* hasil preparasi bahan sampel lapisan tipis TiN dengan metode *sputtering DC*.
 - b) *Scanning Electron Microscopy (SEM)* digunakan untuk menganalisis morfologi permukaan hasil preparasi bahan sampel lapisan tipis TiN dengan metode *sputtering DC*.
 - c) *Energi Dispersive Spectrometry (EDS)* digunakan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung dalam preparasi bahan sampel lapisan tipis TiN dengan metode *sputtering DC*.
 - d) *X-Ray Diffraction (X-RD)* digunakan untuk menganalisis struktur kristal berdasarkan parameter struktur kisi hasil preparasi bahan sampel lapisan tipis TiN dengan metode *sputtering DC*.

2. Bahan Penelitian

- a. TiN

- b. Substrat kaca
- c. Aquades
- d. Alkohol
- e. Detergen

D. Langkah Pengambilan Data

1. Tahap preparasi bahan sampel lapisan tipis TiN dengan metode *sputtering DC*
 - a. Persiapan substrat
 - a) Kaca preparat dipotong menjadi ukuran (10 x 10 x 1) mm.
 - b) Tepian kaca dihaluskan dengan cara diamplas, hal ini dilakukan untuk mengurangi terjadinya *discharge* saat proses *sputtering* berlangsung.
 - c) Kaca preparat dibersihkan dengan menggunakan mesin *ultrasonic cleaner*. Pembersihan dilakukan sebanyak dua tahap. Tahap pertama yaitu pencucian dengan menggunakan campuran air sabun selama kurang lebih 30 menit untuk menghilangkan debu atau kotoran lainnya yang menempel pada permukaan kaca. Tahap kedua yaitu pencucian dengan menggunakan alkohol selama kurang lebih 30 menit untuk memastikan kaca bersih.
 - d) Setelah proses pembersihan kaca selesai, kaca dikeringkan dengan *hair dryer* dan dibungkus menggunakan *tissue* kemudian masukkan kedalam plastik *clip*.
 - b. Persiapan sebelum menjalankan mesin *Sputtering*
 - a) Semua perlengkapan diperiksa terlebih dahulu, apakah dalam keadaan yang baik.
 - b) Tombol/saklar diperiksa terlebih dahulu, apakah dalam posisi *off/on*.
 - c) Pada bagian sistem hampa diperiksa, apakah katup dalam posisi tertutup atau terbuka.
 - d) Pada bagian air pendingin difusi dan target diperiksa terlebih dahulu, apakah jumlahnya cukup.
 - e) Pada bagian pendingin pompa difusi dan pendingin target diperiksa terlebih dahulu, apakah sirkulasinya lancar.

- f) Pada bagian pemanas substrat dan kontrol suhu diperiksa terlebih dahulu, apakah berfungsi dengan baik.
 - g) Sumber tegangan tinggi (HV) diperiksa terlebih dahulu, apakah berfungsi dengan baik.
 - h) Target dan substrat dapat dipasang pada tabung reaktor *sputtering*.
- c. Pembuatan lapisan tipis TiN
- a) Proses penghampaan mesin *sputtering*
 - 1) Pompa rotari dihidupkan dengan katup *by pass* dibuka ke sistem, agar sistem dapat dihampakan
 - 2) Pemanas pompa difusi dihidupkan selama kurang lebih lima menit, kemudian pendingin pompa difusi dihidupkan
 - 3) Setelah penghampaan sistem mencapai 10^{-2} Torr, katup *by pass* ke sistem ditutup kemudian katup dari pompa rotari ke pompa difusi dibuka.
 - 4) Setelah tekanan kehampaan pada tabung difusi sama dengan tekanan pada sistem, maka katup tabung pompa difusi yang menghubungkan ke sistem dapat dibuka.
 - 5) Pendingin target dan pemanas substrat.
 - b) Proses *sputtering*
 - 1) Setelah tekanan sistem mencapai sekitar 10^{-4} Torr, sumber tegangan tinggi (HV) DC dapat dihidupkan.
 - 2) Gas Argon dialirkan ke tabung reaktor *sputtering*, dengan laju aliran gas dapat diatur menggunakan *flow meter*.
 - 3) Tegangan tinggi (HV) dinaikkan hingga mencapai sekitar 4 kVolt dengan arus 10 mA.
 - 4) Proses *sputtering* telah berlangsung.
 - 5) Apabila waktu deposisi telah tercapai, maka aliran gas Argon ditutup kembali dan sumber tegangan dimatikan.

E. Analisis Data

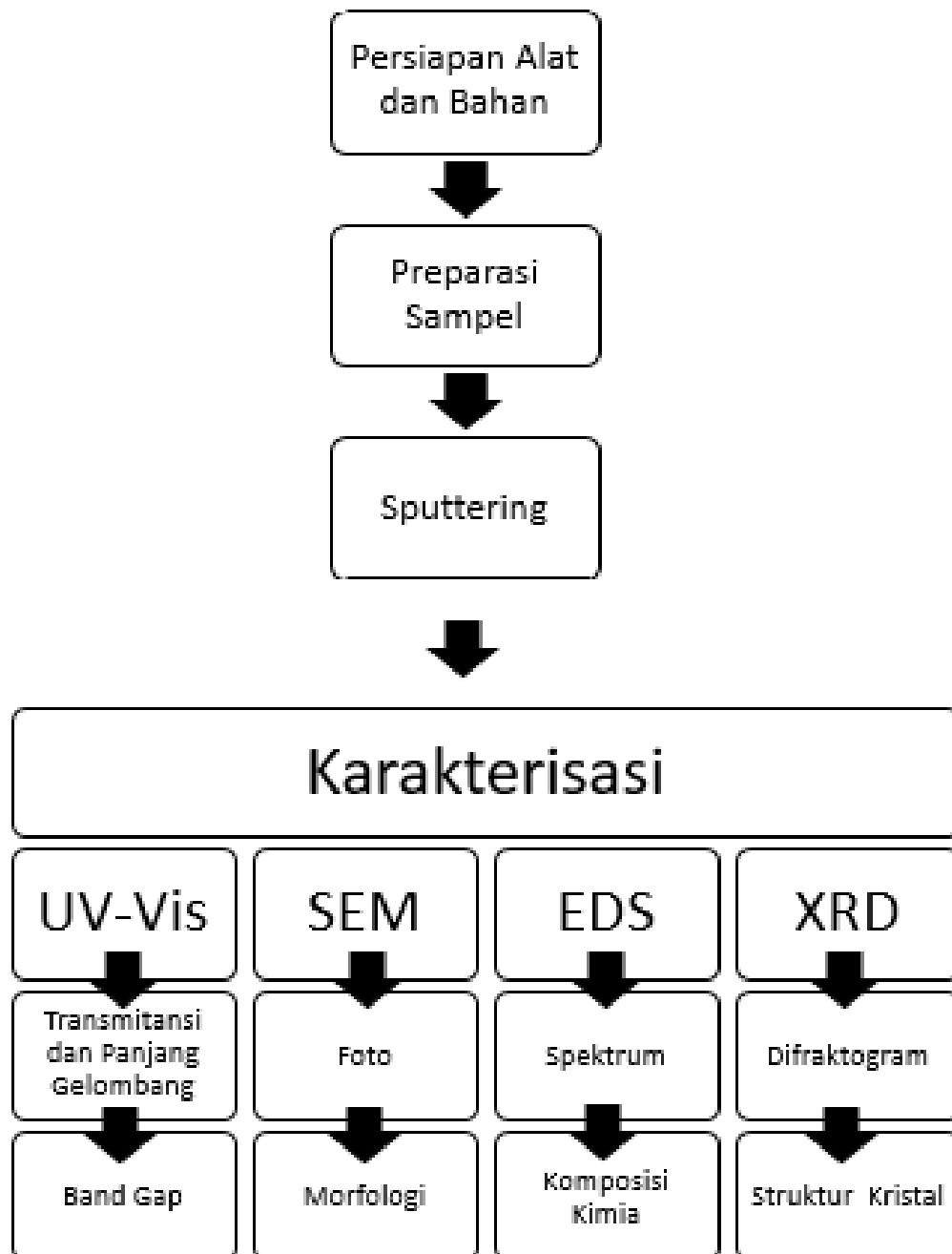
Data yang diterima dari hasil UV-Vis merupakan nilai koefisien dari transmitansi sampel. Berdasarkan perumusan dari hukum Lambert-Beer,

pengukuran sifat optik dapat menggunakan hubungan antara panjang gelombang dengan *band gap*.

Data hasil karakterisasi yang diperoleh dari analisis morfologi permukaan dengan SEM berupa citra atau foto. Foto tersebut kemudian diamati bentuk, homogenitas permukaan, dan ukuran butiran melalui perbesaran. Data hasil karakterisasi yang diperoleh dari analisis komposisi kimia dengan EDS berupa spektrum yang menunjukkan hubungan intensitas dengan energi. Informasi yang diperoleh dari spektrum tersebut merupakan hasil analisis kuantitatif untuk mengetahui komposisi atom unsur-unsur yang terkandung dalam bahan sampel dan analisis kualitatif untuk mengetahui jenis unsur yang terkandung dalam bahan sampel.

Data hasil karakterisasi yang diperoleh dari analisis struktur kristal dengan X-RD berupa difraktogram. Difraktogram merupakan grafik yang menunjukkan intensitas sebagai fungsi dari sudut difraksi (2θ) dan hasilnya kemudian dibandingkan dengan data JCPDS (*Join Committee on Powder Diffraction Standard*). Hasil dari perbandingan tersebut akan diperoleh bidang-bidang *hkl* dari bahan sampel.

F. Diagram Alir Tahap Penelitian

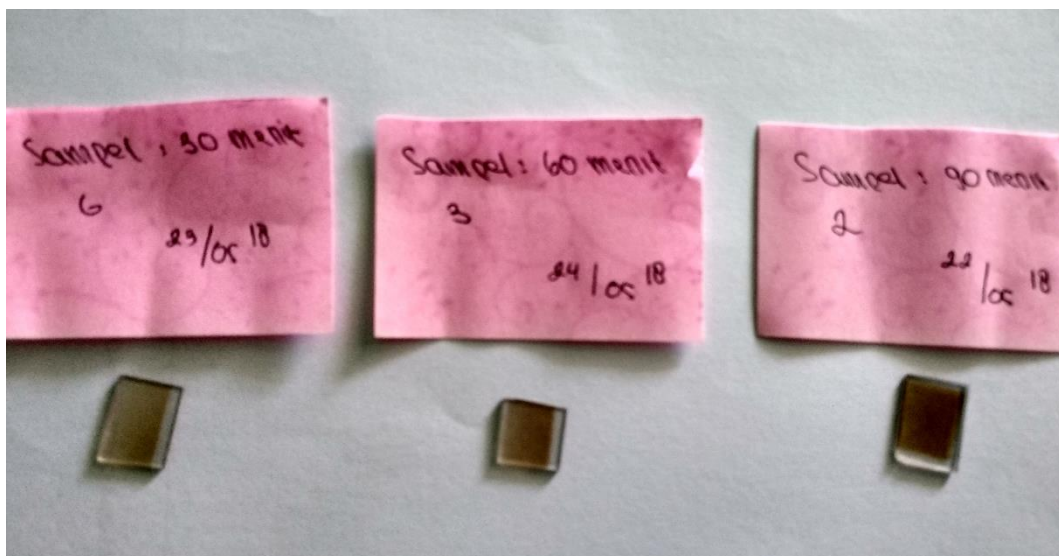


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Pada penelitian ini telah dihasilkan preparasi lapisan tipis dari paduan Titanium dan Nitrogen pada substrat kaca dengan menerapkan metode *sputtering DC*. Preparasi tersebut dilakukan sebanyak tiga kali dengan memvariasi waktu pendeposisian pada proses *sputtering*. Variasi dilakukan untuk menghasilkan preparasi lapisan yang dideposisi selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Pada saat proses *sputtering* berlangsung diusahakan agar parameter yang lain tetap, seperti tegangan pada mesin *sputtering DC* dijaga agar selalu pada tegangan berkisar 4 kV, kuat arus pada mesin *sputtering DC* berkisar 10 mA, tekanan vakum pada mesin *sputtering DC* sebesar $(1,9 - 2,2) \times 10^{-2}$ torr, perbandingan antara gas Argon dan Nitrogen yang mengalir pada mesin *sputtering DC* sebesar 70:30, dan jarak target dengan substrat pada mesin *sputtering DC* sejauh 4 cm.



Gambar 18. Hasil paduan antara titanium dan gas nitrogen pada substrat kaca menggunakan metode *sputtering DC* dengan variasi lama waktu deposisi 30 menit, 60 menit dan 90 menit

Langkah pertama dalam proses preparasi yaitu menyiapkan substrat kaca dengan ukuran yang dibutuhkan yaitu $(10 \times 10 \times 1)$ mm. Sebelum melakukan proses

pendeposisian, substrat kaca yang telah dipotong harus dibersihkan terlebih dahulu dari debu dan kotoran lainnya yang menempel. Tujuan dari pembersihan tersebut yaitu agar lapisan TiN dapat menempel dengan baik pada substrat kaca. Pembersihan substrat dengan mesin *ultrasonic cleaner* dan dilakukan sebanyak dua tahap. Tahap pertama pembersihan substrat menggunakan campuran air dengan detergen atau sabun cuci, sedangkan untuk tahap kedua menggunakan alkohol. Masing-masing tahap dilakukan selama kurang lebih 30 menit. Setelah substrat dicuci, substrat dikeringkan dengan bantuan *hair dryer* kemudian dibungkus dengan *tissue* dan disimpan pada plastik *clip*.



Gambar 19. Proses pembersihan substrat kaca menggunakan alat *ultrasonic cleaner*: (a) campuran air dengan sabun, (b) alkohol



Gambar 20. Sampel yang sudah bersih dan disimpan pada plastik *clip*

Proses pendeposisian dapat dimulai dengan menghampakan mesin *sputtering* terlebih dahulu. Sebelumnya, terlebih dahulu untuk memastikan semua mesin atau perangkat pada mesin *sputtering* dalam keadaan baik, kemudian target dan substrat

dapat dipasang pada tabung reaktor. Proses penghampaan mesin *sputtering* diawali dengan menghidupkan pompa rotari dengan cara membuka katup *by pass* ke sistem, agar sistem dapat dihampakan. Selanjutnya pemanas pompa difusi dihidupkan selama kurang lebih menit, kemudian pendingin pompa difusi dihidupkan. Ketika penghampaan sistem mencapai 10^{-2} Torr, maka katup *by pass* ke sistem ditutup kemudian katup dari pompa rotari ke pompa difusi dibuka. Pada saat tekanan pada tabung difusi sama dengan tekanan pada sistem, maka katup pompa difusi yang menghubungkan ke sistem dapat dibuka. Selajutnya pendingin target dan pemanas substrat dapat dihidupkan.



Gambar 21. Mesin *sputtering* DC

Langkah terakhir yaitu proses *sputtering* dengan menghidupkan sumber tegangan tinggi DC ketika tekanan sistem telah mencapai 10^{-4} Torr. Kemudian gas Argon dan Nitrogen dapat dialirkan ke tabung reaktor dengan laju aliran gas diatur menggunakan *flow meter*. Perbandingan untuk aliran dua gas tersebut yaitu 70:30.



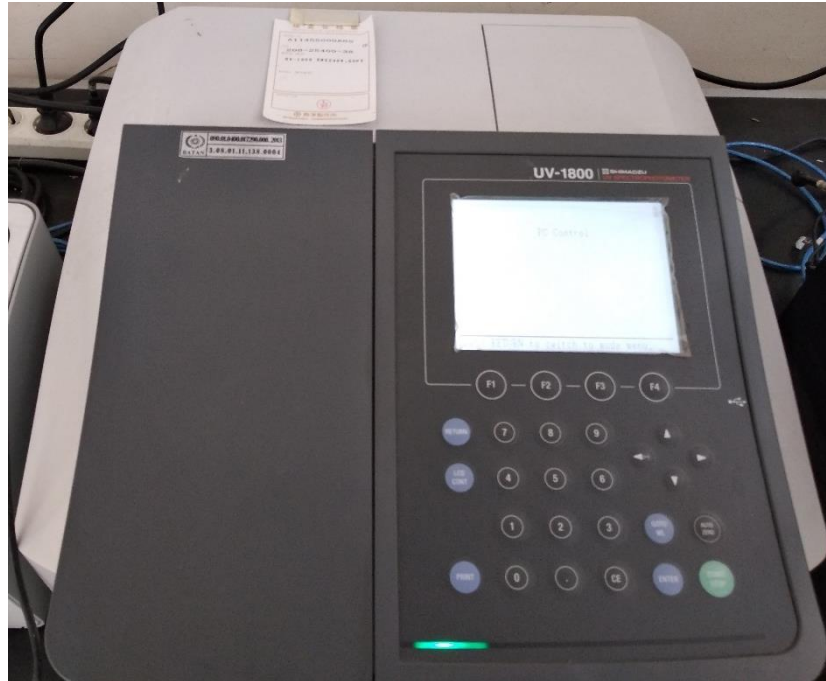
Gambar 22. *Alat flow meter*

Tegangan HV dinaikkan hingga 4 kVolt dengan arus 10 mA dan proses *sputtering* telah berlangsung. Lakukan pendoposisian selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Apabila waktu deposisi telah tercapai, maka aliran gas argon dan nitrogen dapat ditutup kembali kemudian sumber tegangan tinggi dimatikan dengan cara menurunkan tegangan hingga nol. Pemanas pompa difusi dan pendingin pompa difusi dimatikan, kemudian katup yang menghubungkan pompa difusi dengan pompa rotari ditutup. Selanjutnya klep tabung reaktor dibuka sehingga tekanan tabung *sputtering* kembali sama dengan atmosfer. Substrat hasil *sputtering* dapat diambil dari tabung reaktor. Substrat disimpan dalam plastik klip dan beri label parameter operasi (waktu pendeposisian). Terakhir, pendingin target dan pompa rotari dimatikan.

B. Analisis dan Hasil Karakterisasi

1. Analisis dengan menggunakan UV-Vis

Karakterisasi menggunakan metode UV-Vis dikenakan pada ketiga sampel yang telah dibuat. Peralatan UV-Vis yang digunakan adalah series UV-1800 milik PSTA - BATAN Yogyakarta.



Gambar 23. Alat UV-Vis series UV-1800

UV-Vis digunakan untuk mendapatkan nilai *band gap* untuk masing-masing bahan. Hasil nilai koefisien transmitansi untuk panjang gelombang dari 300 – 1100 nm, pada sampel lapisan tipis yang dibuat pada kondisi lama waktu pendeposisian 30 menit, 60 menit, dan 90 menit disajikan pada tabel.

Tabel 3. Nilai transmitansi hasil UV-Vis untuk berbagai kondisi lama waktu pendeposisian sampel lapisan tipis TiN

Panjang gelombang (nm)	Nilai Transmitansi (%T) pada pendeposisian		
	30 menit	60 menit	90 menit
300	-0,986	-0,327	-0,469
301	-0,905	-0,267	-0,41
302	-0,817	-0,209	-0,343
303	-0,735	-0,151	-0,285
304	-0,659	-0,1	-0,225
305	-0,593	-0,054	-0,171
306	-0,512	-0,003	-0,119
307	-0,455	0,036	-0,075

308	-0,396	0,075	-0,031
309	-0,342	0,108	0,007
310	-0,293	0,14	0,044
311	-0,248	0,169	0,077
312	-0,203	0,197	0,108
313	-0,161	0,221	0,136
314	-0,125	0,241	0,162
315	-0,092	0,261	0,183
316	-0,059	0,278	0,205
317	-0,03	0,295	0,224
318	-0,004	0,309	0,241
319	0,021	0,322	0,255
320	0,044	0,334	0,268
321	0,064	0,343	0,28
322	0,082	0,352	0,29
323	0,1	0,36	0,299
324	0,115	0,367	0,307
325	0,129	0,373	0,313
326	0,141	0,378	0,319
327	0,153	0,382	0,323
328	0,163	0,386	0,327
329	0,172	0,389	0,33
330	0,179	0,392	0,332
331	0,187	0,394	0,334
332	0,193	0,396	0,335
333	0,199	0,397	0,335
334	0,205	0,398	0,335
335	0,209	0,399	0,335
336	0,213	0,4	0,335
337	0,217	0,4	0,334

338	0,22	0,401	0,333
339	0,223	0,401	0,331
340	0,224	0,403	0,328
341	0,227	0,407	0,325
342	0,229	0,407	0,324
343	0,23	0,406	0,321
344	0,231	0,406	0,319
345	0,231	0,405	0,316
346	0,232	0,405	0,314
347	0,232	0,405	0,311
348	0,232	0,404	0,309
349	0,232	0,404	0,306
350	0,232	0,403	0,303
351	0,231	0,403	0,3
352	0,231	0,402	0,298
353	0,231	0,402	0,295
354	0,23	0,401	0,292
355	0,229	0,4	0,29
356	0,228	0,4	0,287
357	0,227	0,4	0,285
358	0,226	0,399	0,282
359	0,225	0,399	0,28
360	0,224	0,398	0,277
361	0,223	0,398	0,275
362	0,222	0,397	0,272
363	0,22	0,396	0,27
364	0,219	0,396	0,267
365	0,218	0,395	0,266
366	0,217	0,395	0,264
367	0,215	0,394	0,261

368	0,214	0,393	0,259
369	0,213	0,393	0,257
370	0,211	0,392	0,254
371	0,209	0,391	0,252
372	0,208	0,39	0,25
373	0,206	0,389	0,248
374	0,204	0,388	0,246
375	0,202	0,386	0,243
376	0,2	0,385	0,241
377	0,198	0,384	0,238
378	0,196	0,382	0,236
379	0,194	0,381	0,234
380	0,193	0,381	0,233
381	0,192	0,38	0,232
382	0,19	0,379	0,23
383	0,189	0,379	0,229
384	0,188	0,378	0,228
385	0,187	0,378	0,227
386	0,187	0,378	0,226
387	0,186	0,377	0,226
388	0,185	0,377	0,225
389	0,184	0,376	0,224
390	0,183	0,375	0,223
391	0,182	0,375	0,222
392	0,181	0,374	0,221
393	0,18	0,373	0,22
394	0,179	0,372	0,219
395	0,177	0,371	0,218
396	0,176	0,37	0,217
397	0,175	0,368	0,216

398	0,173	0,367	0,215
399	0,172	0,366	0,214
400	0,171	0,365	0,213
401	0,17	0,364	0,213
402	0,168	0,363	0,212
403	0,167	0,362	0,211
404	0,166	0,361	0,21
405	0,165	0,36	0,209
406	0,164	0,359	0,208
407	0,163	0,358	0,207
408	0,162	0,357	0,206
409	0,16	0,355	0,206
410	0,159	0,354	0,205
411	0,158	0,353	0,204
412	0,157	0,352	0,203
413	0,156	0,35	0,202
414	0,155	0,349	0,201
415	0,154	0,348	0,2
416	0,153	0,346	0,2
417	0,152	0,345	0,199
418	0,151	0,343	0,198
419	0,15	0,342	0,197
420	0,149	0,341	0,197
421	0,148	0,339	0,196
422	0,147	0,338	0,195
423	0,146	0,336	0,194
424	0,145	0,335	0,193
425	0,144	0,333	0,192
426	0,143	0,332	0,191
427	0,143	0,331	0,191

428	0,142	0,329	0,19
429	0,141	0,328	0,189
430	0,14	0,326	0,188
431	0,139	0,325	0,187
432	0,138	0,323	0,186
433	0,137	0,322	0,186
434	0,137	0,32	0,185
435	0,136	0,319	0,184
436	0,135	0,317	0,183
437	0,134	0,316	0,182
438	0,133	0,314	0,181
439	0,132	0,312	0,18
440	0,132	0,311	0,18
441	0,131	0,309	0,179
442	0,13	0,308	0,178
443	0,129	0,306	0,177
444	0,129	0,305	0,176
445	0,128	0,303	0,175
446	0,127	0,302	0,175
447	0,127	0,3	0,174
448	0,126	0,299	0,173
449	0,125	0,297	0,172
450	0,125	0,296	0,172
451	0,124	0,294	0,171
452	0,124	0,293	0,17
453	0,123	0,291	0,169
454	0,122	0,289	0,168
455	0,122	0,288	0,167
456	0,121	0,286	0,167
457	0,12	0,285	0,166

458	0,12	0,283	0,165
459	0,119	0,282	0,164
460	0,119	0,28	0,163
461	0,118	0,279	0,163
462	0,118	0,277	0,162
463	0,117	0,276	0,161
464	0,117	0,274	0,16
465	0,116	0,272	0,159
466	0,115	0,271	0,158
467	0,115	0,269	0,158
468	0,114	0,268	0,157
469	0,114	0,266	0,156
470	0,113	0,265	0,155
471	0,113	0,263	0,154
472	0,112	0,262	0,153
473	0,112	0,26	0,152
474	0,111	0,259	0,152
475	0,111	0,257	0,151
476	0,11	0,256	0,15
477	0,11	0,254	0,149
478	0,11	0,253	0,148
479	0,109	0,251	0,147
480	0,109	0,25	0,147
481	0,108	0,248	0,146
482	0,107	0,247	0,145
483	0,107	0,245	0,144
484	0,106	0,243	0,143
485	0,106	0,242	0,142
486	0,105	0,24	0,141
487	0,104	0,238	0,14

488	0,104	0,236	0,139
489	0,103	0,234	0,139
490	0,102	0,232	0,138
491	0,102	0,231	0,137
492	0,101	0,229	0,136
493	0,101	0,228	0,135
494	0,101	0,226	0,135
495	0,1	0,225	0,134
496	0,1	0,224	0,133
497	0,1	0,223	0,132
498	0,099	0,221	0,132
499	0,099	0,22	0,131
500	0,099	0,219	0,13
501	0,098	0,217	0,129
502	0,098	0,216	0,128
503	0,098	0,214	0,128
504	0,097	0,213	0,127
505	0,097	0,211	0,126
506	0,097	0,21	0,125
507	0,097	0,209	0,125
508	0,096	0,207	0,124
509	0,096	0,206	0,123
510	0,096	0,204	0,122
511	0,095	0,203	0,122
512	0,095	0,201	0,121
513	0,095	0,2	0,12
514	0,094	0,199	0,119
515	0,094	0,197	0,119
516	0,094	0,196	0,118
517	0,094	0,194	0,117

518	0,093	0,193	0,117
519	0,093	0,191	0,116
520	0,093	0,19	0,115
521	0,092	0,189	0,114
522	0,092	0,187	0,114
523	0,092	0,186	0,113
524	0,091	0,185	0,112
525	0,091	0,183	0,112
526	0,091	0,182	0,111
527	0,091	0,18	0,11
528	0,09	0,179	0,109
529	0,09	0,178	0,109
530	0,09	0,177	0,108
531	0,09	0,175	0,107
532	0,089	0,174	0,107
533	0,089	0,173	0,106
534	0,089	0,171	0,105
535	0,089	0,17	0,105
536	0,088	0,168	0,104
537	0,087	0,167	0,103
538	0,087	0,165	0,102
539	0,087	0,164	0,101
540	0,086	0,163	0,101
541	0,086	0,162	0,1
542	0,086	0,16	0,1
543	0,086	0,159	0,099
544	0,086	0,158	0,098
545	0,085	0,157	0,098
546	0,085	0,156	0,097
547	0,085	0,154	0,096

548	0,085	0,153	0,096
549	0,084	0,152	0,095
550	0,084	0,151	0,095
551	0,084	0,15	0,094
552	0,084	0,148	0,093
553	0,084	0,147	0,093
554	0,083	0,146	0,092
555	0,083	0,145	0,092
556	0,083	0,144	0,091
557	0,083	0,143	0,091
558	0,083	0,142	0,09
559	0,082	0,141	0,09
560	0,082	0,14	0,089
561	0,082	0,139	0,088
562	0,082	0,138	0,088
563	0,082	0,136	0,087
564	0,081	0,135	0,087
565	0,081	0,134	0,086
566	0,081	0,133	0,086
567	0,081	0,132	0,085
568	0,081	0,131	0,085
569	0,081	0,13	0,084
570	0,08	0,129	0,084
571	0,08	0,128	0,083
572	0,08	0,127	0,083
573	0,08	0,126	0,082
574	0,079	0,125	0,081
575	0,079	0,124	0,081
576	0,079	0,124	0,081
577	0,079	0,123	0,08

578	0,079	0,122	0,08
579	0,079	0,121	0,079
580	0,078	0,12	0,079
581	0,078	0,119	0,078
582	0,078	0,118	0,078
583	0,078	0,117	0,077
584	0,078	0,116	0,077
585	0,078	0,115	0,076
586	0,077	0,115	0,076
587	0,077	0,114	0,076
588	0,077	0,113	0,075
589	0,077	0,112	0,075
590	0,077	0,111	0,074
591	0,077	0,11	0,074
592	0,076	0,11	0,073
593	0,076	0,109	0,073
594	0,076	0,108	0,073
595	0,076	0,107	0,072
596	0,076	0,107	0,072
597	0,076	0,106	0,071
598	0,076	0,105	0,071
599	0,075	0,104	0,071
600	0,075	0,104	0,07
601	0,075	0,103	0,07
602	0,075	0,102	0,069
603	0,075	0,101	0,069
604	0,075	0,101	0,069
605	0,075	0,1	0,068
606	0,074	0,099	0,068
607	0,074	0,099	0,068

608	0,074	0,098	0,067
609	0,074	0,097	0,067
610	0,074	0,097	0,066
611	0,074	0,096	0,066
612	0,074	0,095	0,066
613	0,074	0,095	0,065
614	0,073	0,094	0,065
615	0,073	0,093	0,065
616	0,073	0,093	0,064
617	0,073	0,092	0,064
618	0,073	0,092	0,064
619	0,073	0,091	0,063
620	0,073	0,09	0,063
621	0,072	0,09	0,063
622	0,072	0,089	0,063
623	0,072	0,089	0,062
624	0,072	0,088	0,062
625	0,072	0,088	0,062
626	0,072	0,087	0,061
627	0,072	0,087	0,061
628	0,072	0,086	0,061
629	0,072	0,086	0,061
630	0,072	0,085	0,06
631	0,071	0,085	0,06
632	0,071	0,084	0,06
633	0,071	0,084	0,06
634	0,071	0,084	0,059
635	0,071	0,083	0,059
636	0,071	0,083	0,059
637	0,071	0,082	0,058

638	0,071	0,082	0,058
639	0,07	0,081	0,058
640	0,07	0,08	0,057
641	0,069	0,08	0,057
642	0,069	0,079	0,056
643	0,069	0,078	0,056
644	0,068	0,077	0,056
645	0,068	0,077	0,055
646	0,068	0,077	0,055
647	0,068	0,077	0,055
648	0,068	0,076	0,055
649	0,068	0,076	0,055
650	0,068	0,076	0,055
651	0,068	0,076	0,055
652	0,068	0,076	0,055
653	0,068	0,076	0,055
654	0,068	0,075	0,054
655	0,068	0,075	0,054
656	0,068	0,075	0,054
657	0,068	0,074	0,054
658	0,068	0,074	0,054
659	0,068	0,074	0,053
660	0,068	0,074	0,053
661	0,068	0,073	0,053
662	0,068	0,073	0,053
663	0,068	0,073	0,053
664	0,068	0,072	0,053
665	0,067	0,072	0,053
666	0,067	0,072	0,052
667	0,067	0,071	0,052

668	0,067	0,071	0,052
669	0,067	0,071	0,052
670	0,067	0,071	0,052
671	0,067	0,07	0,052
672	0,067	0,07	0,051
673	0,067	0,07	0,051
674	0,067	0,07	0,051
675	0,067	0,07	0,051
676	0,067	0,069	0,051
677	0,067	0,069	0,051
678	0,067	0,069	0,051
679	0,066	0,069	0,05
680	0,066	0,068	0,05
681	0,066	0,068	0,05
682	0,066	0,068	0,05
683	0,066	0,068	0,05
684	0,066	0,068	0,05
685	0,066	0,067	0,05
686	0,066	0,067	0,05
687	0,066	0,067	0,05
688	0,066	0,067	0,049
689	0,066	0,067	0,049
690	0,065	0,067	0,049
691	0,065	0,066	0,049
692	0,065	0,066	0,049
693	0,065	0,066	0,049
694	0,065	0,066	0,049
695	0,065	0,066	0,049
696	0,065	0,066	0,048
697	0,065	0,066	0,048

698	0,065	0,065	0,048
699	0,065	0,065	0,048
700	0,065	0,065	0,048
701	0,065	0,065	0,048
702	0,065	0,065	0,048
703	0,064	0,065	0,048
704	0,064	0,065	0,048
705	0,064	0,065	0,048
706	0,064	0,065	0,048
707	0,064	0,064	0,048
708	0,064	0,064	0,047
709	0,064	0,064	0,047
710	0,064	0,064	0,047
711	0,064	0,064	0,047
712	0,064	0,064	0,047
713	0,064	0,064	0,047
714	0,064	0,064	0,047
715	0,063	0,064	0,047
716	0,063	0,064	0,047
717	0,063	0,064	0,047
718	0,063	0,063	0,047
719	0,063	0,063	0,047
720	0,063	0,063	0,047
721	0,063	0,063	0,046
722	0,063	0,063	0,046
723	0,063	0,063	0,046
724	0,063	0,063	0,046
725	0,063	0,063	0,046
726	0,063	0,063	0,046
727	0,063	0,063	0,046

728	0,063	0,063	0,046
729	0,062	0,063	0,046
730	0,062	0,063	0,046
731	0,062	0,063	0,046
732	0,062	0,063	0,046
733	0,062	0,063	0,046
734	0,062	0,063	0,046
735	0,062	0,063	0,046
736	0,062	0,063	0,046
737	0,062	0,063	0,046
738	0,062	0,063	0,046
739	0,062	0,062	0,045
740	0,062	0,062	0,045
741	0,061	0,062	0,045
742	0,061	0,062	0,045
743	0,061	0,062	0,045
744	0,061	0,062	0,045
745	0,061	0,062	0,045
746	0,061	0,062	0,045
747	0,061	0,062	0,045
748	0,061	0,062	0,045
749	0,061	0,062	0,045
750	0,061	0,062	0,045
751	0,061	0,062	0,045
752	0,061	0,062	0,045
753	0,061	0,062	0,045
754	0,06	0,062	0,045
755	0,06	0,062	0,045
756	0,06	0,062	0,045
757	0,06	0,062	0,045

758	0,06	0,062	0,045
759	0,06	0,062	0,045
760	0,06	0,062	0,045
761	0,06	0,062	0,045
762	0,06	0,062	0,045
763	0,06	0,062	0,045
764	0,06	0,062	0,045
765	0,06	0,062	0,045
766	0,059	0,062	0,045
767	0,059	0,062	0,045
768	0,059	0,062	0,045
769	0,059	0,062	0,045
770	0,059	0,062	0,045
771	0,059	0,062	0,045
772	0,059	0,062	0,044
773	0,059	0,062	0,044
774	0,059	0,062	0,044
775	0,059	0,062	0,044
776	0,059	0,062	0,044
777	0,059	0,062	0,044
778	0,059	0,062	0,044
779	0,058	0,062	0,044
780	0,058	0,062	0,044
781	0,058	0,062	0,044
782	0,058	0,063	0,044
783	0,058	0,063	0,044
784	0,058	0,063	0,044
785	0,058	0,063	0,044
786	0,058	0,063	0,044
787	0,058	0,063	0,044

788	0,058	0,063	0,044
789	0,058	0,063	0,044
790	0,058	0,063	0,044
791	0,058	0,063	0,044
792	0,058	0,063	0,044
793	0,057	0,063	0,044
794	0,057	0,063	0,044
795	0,057	0,063	0,044
796	0,057	0,063	0,044
797	0,057	0,063	0,044
798	0,057	0,063	0,044
799	0,057	0,063	0,044
800	0,057	0,063	0,044
801	0,057	0,063	0,044
802	0,057	0,063	0,044
803	0,057	0,063	0,044
804	0,057	0,063	0,044
805	0,057	0,063	0,044
806	0,057	0,063	0,044
807	0,056	0,063	0,044
808	0,056	0,063	0,044
809	0,056	0,063	0,044
810	0,056	0,063	0,044
811	0,056	0,064	0,044
812	0,056	0,064	0,044
813	0,056	0,064	0,044
814	0,056	0,064	0,044
815	0,056	0,064	0,044
816	0,056	0,064	0,044
817	0,056	0,064	0,044

818	0,056	0,064	0,044
819	0,056	0,064	0,044
820	0,056	0,064	0,044
821	0,056	0,064	0,044
822	0,055	0,064	0,044
823	0,056	0,064	0,044
824	0,055	0,064	0,044
825	0,055	0,064	0,044
826	0,055	0,064	0,044
827	0,055	0,064	0,044
828	0,055	0,064	0,045
829	0,055	0,064	0,044
830	0,055	0,064	0,044
831	0,055	0,064	0,044
832	0,055	0,065	0,044
833	0,055	0,065	0,044
834	0,055	0,065	0,044
835	0,054	0,065	0,044
836	0,054	0,065	0,045
837	0,054	0,065	0,045
838	0,054	0,065	0,045
839	0,054	0,065	0,045
840	0,054	0,065	0,045
841	0,054	0,065	0,045
842	0,054	0,065	0,045
843	0,054	0,065	0,045
844	0,054	0,065	0,045
845	0,054	0,065	0,045
846	0,054	0,065	0,045
847	0,054	0,065	0,045

848	0,054	0,065	0,045
849	0,053	0,065	0,045
850	0,053	0,065	0,045
851	0,053	0,065	0,045
852	0,053	0,065	0,045
853	0,053	0,065	0,045
854	0,053	0,065	0,045
855	0,053	0,066	0,045
856	0,053	0,066	0,045
857	0,053	0,066	0,045
858	0,053	0,066	0,045
859	0,053	0,066	0,045
860	0,053	0,066	0,045
861	0,053	0,066	0,045
862	0,053	0,066	0,045
863	0,052	0,066	0,045
864	0,052	0,066	0,045
865	0,052	0,066	0,045
866	0,052	0,066	0,045
867	0,052	0,066	0,045
868	0,052	0,066	0,045
869	0,052	0,066	0,045
870	0,052	0,066	0,045
871	0,052	0,066	0,045
872	0,052	0,066	0,045
873	0,052	0,066	0,045
874	0,052	0,066	0,045
875	0,052	0,066	0,045
876	0,052	0,066	0,045
877	0,052	0,066	0,045

878	0,052	0,067	0,045
879	0,051	0,067	0,045
880	0,051	0,067	0,045
881	0,051	0,067	0,045
882	0,051	0,067	0,045
883	0,051	0,067	0,045
884	0,051	0,067	0,045
885	0,051	0,067	0,045
886	0,051	0,067	0,045
887	0,051	0,067	0,045
888	0,051	0,067	0,045
889	0,051	0,067	0,045
890	0,051	0,067	0,045
891	0,05	0,067	0,045
892	0,05	0,067	0,045
893	0,05	0,067	0,045
894	0,05	0,067	0,045
895	0,05	0,067	0,045
896	0,05	0,067	0,045
897	0,05	0,067	0,045
898	0,05	0,067	0,045
899	0,05	0,067	0,045
900	0,05	0,067	0,045
901	0,05	0,067	0,045
902	0,05	0,067	0,045
903	0,05	0,067	0,045
904	0,049	0,067	0,046
905	0,049	0,067	0,046
906	0,049	0,067	0,046
907	0,049	0,068	0,046

908	0,049	0,068	0,045
909	0,049	0,068	0,046
910	0,049	0,068	0,046
911	0,049	0,068	0,046
912	0,049	0,068	0,046
913	0,049	0,068	0,046
914	0,049	0,068	0,046
915	0,049	0,068	0,046
916	0,049	0,068	0,046
917	0,049	0,068	0,046
918	0,049	0,068	0,046
919	0,048	0,068	0,046
920	0,048	0,068	0,046
921	0,048	0,068	0,046
922	0,048	0,068	0,046
923	0,048	0,068	0,046
924	0,048	0,068	0,046
925	0,048	0,068	0,046
926	0,048	0,068	0,046
927	0,048	0,068	0,046
928	0,048	0,068	0,046
929	0,048	0,068	0,046
930	0,048	0,068	0,046
931	0,048	0,068	0,046
932	0,048	0,068	0,046
933	0,047	0,068	0,046
934	0,047	0,068	0,046
935	0,047	0,068	0,046
936	0,047	0,069	0,046
937	0,047	0,069	0,046

938	0,047	0,069	0,046
939	0,047	0,069	0,046
940	0,047	0,069	0,046
941	0,047	0,068	0,046
942	0,047	0,069	0,046
943	0,047	0,069	0,046
944	0,047	0,069	0,046
945	0,047	0,069	0,046
946	0,047	0,069	0,046
947	0,047	0,069	0,046
948	0,047	0,069	0,046
949	0,046	0,069	0,046
950	0,047	0,069	0,046
951	0,046	0,069	0,046
952	0,046	0,069	0,046
953	0,046	0,069	0,046
954	0,046	0,069	0,046
955	0,046	0,069	0,046
956	0,046	0,069	0,046
957	0,046	0,069	0,046
958	0,046	0,069	0,046
959	0,046	0,069	0,046
960	0,046	0,069	0,046
961	0,046	0,069	0,046
962	0,046	0,069	0,046
963	0,046	0,069	0,046
964	0,046	0,069	0,046
965	0,046	0,069	0,046
966	0,046	0,069	0,046
967	0,046	0,069	0,046

968	0,046	0,07	0,047
969	0,045	0,069	0,046
970	0,045	0,07	0,047
971	0,045	0,07	0,046
972	0,045	0,07	0,046
973	0,045	0,07	0,047
974	0,045	0,07	0,046
975	0,045	0,07	0,047
976	0,045	0,07	0,047
977	0,045	0,07	0,047
978	0,045	0,07	0,047
979	0,045	0,07	0,047
980	0,045	0,07	0,047
981	0,045	0,07	0,047
982	0,045	0,07	0,047
983	0,045	0,07	0,047
984	0,045	0,07	0,047
985	0,045	0,07	0,047
986	0,045	0,07	0,047
987	0,045	0,07	0,047
988	0,045	0,07	0,047
989	0,045	0,07	0,047
990	0,044	0,07	0,047
991	0,044	0,07	0,047
992	0,044	0,07	0,047
993	0,044	0,07	0,047
994	0,044	0,07	0,047
995	0,044	0,07	0,047
996	0,044	0,071	0,047
997	0,044	0,07	0,047

998	0,044	0,071	0,047
999	0,044	0,071	0,047
1000	0,044	0,071	0,047
1001	0,044	0,071	0,047
1002	0,044	0,071	0,047
1003	0,044	0,071	0,047
1004	0,044	0,071	0,047
1005	0,044	0,071	0,047
1006	0,044	0,071	0,047
1007	0,044	0,071	0,047
1008	0,044	0,071	0,047
1009	0,044	0,071	0,047
1010	0,044	0,071	0,047
1011	0,044	0,071	0,047
1012	0,044	0,071	0,047
1013	0,044	0,071	0,047
1014	0,044	0,071	0,047
1015	0,044	0,071	0,047
1016	0,044	0,071	0,048
1017	0,044	0,071	0,048
1018	0,044	0,071	0,048
1019	0,044	0,071	0,048
1020	0,044	0,071	0,048
1021	0,044	0,071	0,048
1022	0,044	0,071	0,048
1023	0,044	0,072	0,048
1024	0,044	0,072	0,048
1025	0,043	0,072	0,048
1026	0,043	0,072	0,048
1027	0,044	0,072	0,048

1028	0,044	0,072	0,048
1029	0,044	0,072	0,048
1030	0,043	0,072	0,048
1031	0,043	0,072	0,048
1032	0,043	0,072	0,048
1033	0,043	0,072	0,048
1034	0,043	0,072	0,048
1035	0,043	0,072	0,048
1036	0,043	0,072	0,048
1037	0,043	0,072	0,048
1038	0,043	0,072	0,048
1039	0,043	0,072	0,048
1040	0,043	0,072	0,048
1041	0,043	0,072	0,048
1042	0,043	0,072	0,048
1043	0,043	0,072	0,048
1044	0,043	0,072	0,048
1045	0,043	0,073	0,048
1046	0,043	0,073	0,048
1047	0,043	0,073	0,048
1048	0,043	0,073	0,048
1049	0,043	0,073	0,048
1050	0,043	0,073	0,048
1051	0,043	0,073	0,048
1052	0,043	0,073	0,049
1053	0,043	0,073	0,049
1054	0,043	0,073	0,049
1055	0,043	0,073	0,049
1056	0,043	0,073	0,049
1057	0,043	0,073	0,049

1058	0,043	0,073	0,049
1059	0,043	0,073	0,049
1060	0,043	0,073	0,049
1061	0,043	0,073	0,049
1062	0,043	0,073	0,049
1063	0,043	0,073	0,049
1064	0,043	0,073	0,049
1065	0,043	0,073	0,049
1066	0,043	0,073	0,049
1067	0,043	0,073	0,049
1068	0,043	0,073	0,049
1069	0,043	0,073	0,049
1070	0,043	0,073	0,049
1071	0,043	0,073	0,049
1072	0,043	0,073	0,049
1073	0,043	0,074	0,049
1074	0,043	0,074	0,049
1075	0,043	0,074	0,049
1076	0,043	0,074	0,049
1077	0,043	0,074	0,049
1078	0,043	0,074	0,049
1079	0,043	0,074	0,049
1080	0,043	0,074	0,049
1081	0,043	0,074	0,049
1082	0,043	0,074	0,049
1083	0,043	0,074	0,049
1084	0,043	0,074	0,049
1085	0,043	0,074	0,049
1086	0,043	0,074	0,049
1087	0,043	0,074	0,049

1088	0,043	0,074	0,049
1089	0,043	0,074	0,049
1090	0,043	0,074	0,049
1091	0,043	0,074	0,049
1092	0,043	0,074	0,049
1093	0,043	0,074	0,049
1094	0,043	0,074	0,049
1095	0,043	0,074	0,049
1096	0,043	0,074	0,049
1097	0,043	0,074	0,05
1098	0,043	0,074	0,05
1099	0,043	0,074	0,049
1100	0,043	0,074	0,049

Hasil dari data pada tabel tersebut dapat digunakan untuk menghitung nilai *band gap* masing-masing sampel. Perhitungan nilai *band gap* dilakukan dengan bantuan *software* aplikasi hitung origin. Menggunakan rumusan :

$$\begin{aligned}
 E_g &= h\nu \\
 &= \frac{h c}{\lambda} \\
 &= \frac{(6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}) \times \left(3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{\lambda} \\
 &\approx \frac{1240}{\lambda}
 \end{aligned}$$

Untuk rumusan pada persamaan 5 digunakan nilai ketebalan (d) rata-rata pada permukaan sampel lapisan dan untuk persamaan 6 dapat ditulis ulang sebagai :

$$(\alpha h\nu)^2 = B^2 (h\nu - E_g) \quad (13)$$

Dari nilai α yang diperoleh dari pengukuran transmitansi, dapat di plot dalam bentuk grafik dengan sumbu vertikal adalah $(\alpha h\nu)^2$ dan sumbu mendatar $h\nu$. Jika pada persamaan 13 nilai dari $(\alpha h\nu)^2 = 0$ maka hasil dari persamaan tersebut akan berubah menjadi:

$$\begin{aligned}
0 &= B^2 (hv - Eg) \\
0 &= B^2 hv - B^2 Eg \\
B^2 Eg &= B^2 hv \\
Eg &= hv
\end{aligned}
\tag{14}$$

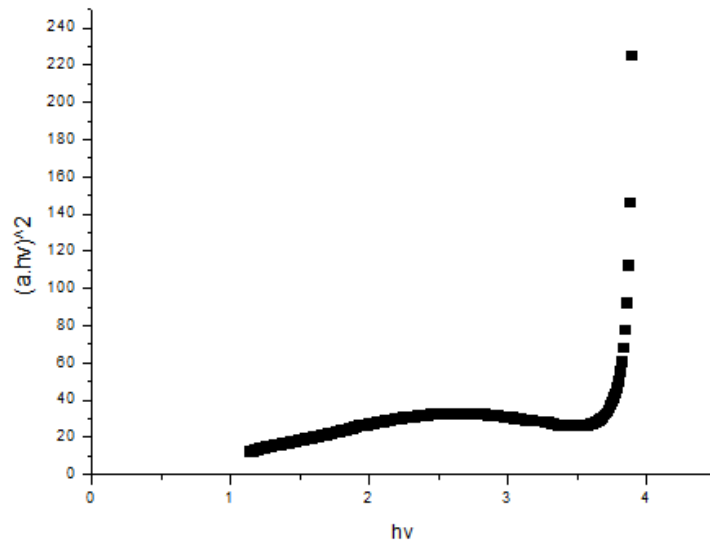
Pada persamaan 14, didapatkan nilai dari *band gap* merupakan hasil perpotongan antara nilai $(\alpha hv)^2$ dan hv jika nilai dari $(\alpha hv)^2 = 0$. Setelah mendapatkan grafik atau kurva $(\alpha hv)^2$ sebagai fungsi energi maka dari grafik tersebut dapat diolah dengan cara ekstrapolasi data dengan mem-*fitting* linier. Hasil dari *fitting* linier tersebut akan didapatkan persamaan gradient pada garis lurus sebagai :

$$y = mx + c \tag{15}$$

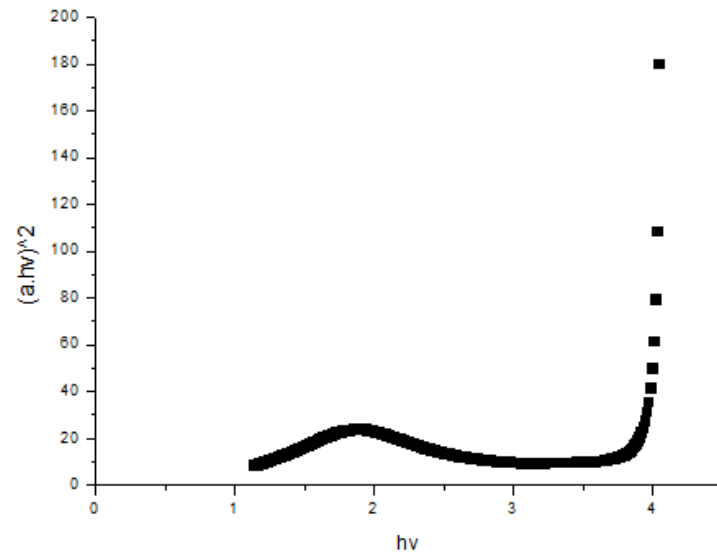
Jika pada persamaan 15 nilai $y = 0$ maka akan didapat nilai $x = -c/m$ yang tidak lain adalah nilai dari *band gap*.

Berikut merupakan grafik atau kurva $(\alpha hv)^2$ sebagai fungsi energi :

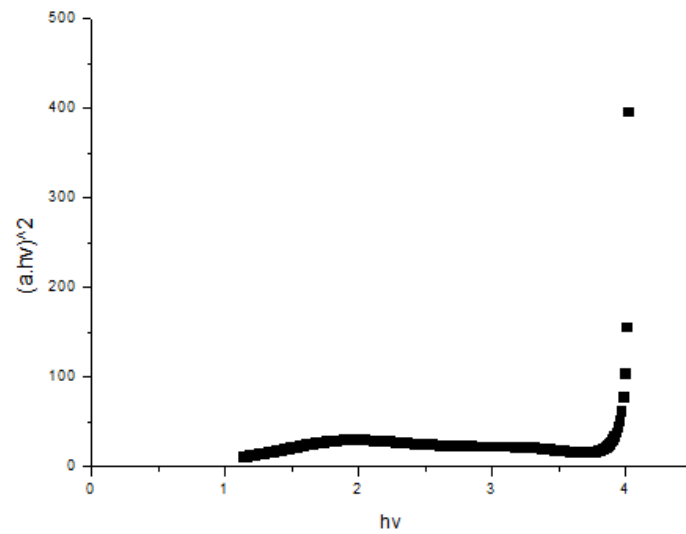
- a. Grafik $(\alpha hv)^2$ sebagai fungsi energi pada waktu deposisi 30 menit.



- b. Grafik $(\alpha hv)^2$ sebagai fungsi energi pada waktu deposisi 60 menit.

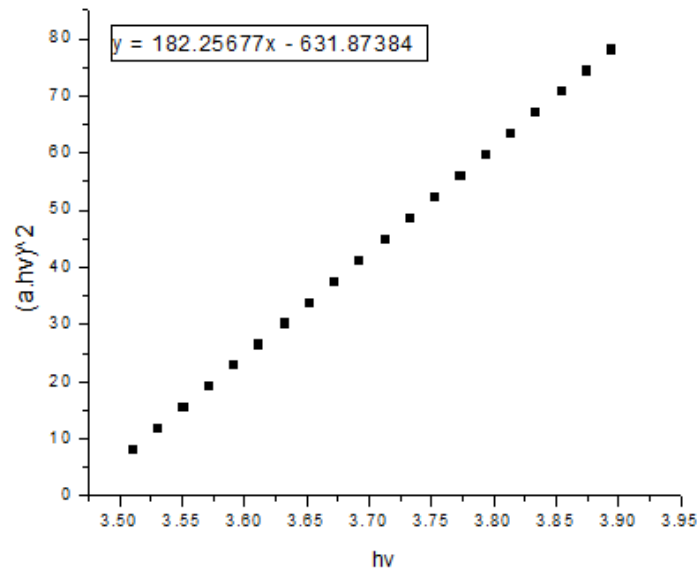


c. Grafik $(\alpha hv)^2$ sebagai fungsi energi pada waktu deposisi 90 menit.



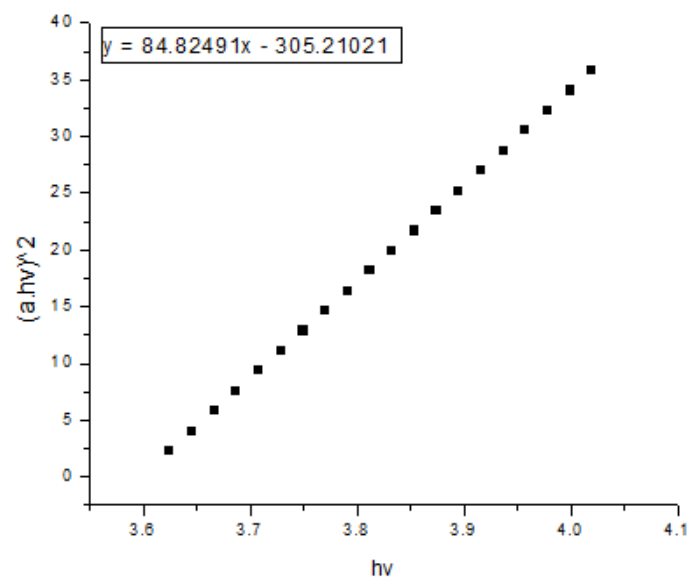
Berikut adalah hasil dari ekstrapolating data :

- Sampel dengan waktu pendeposisian 30 menit.



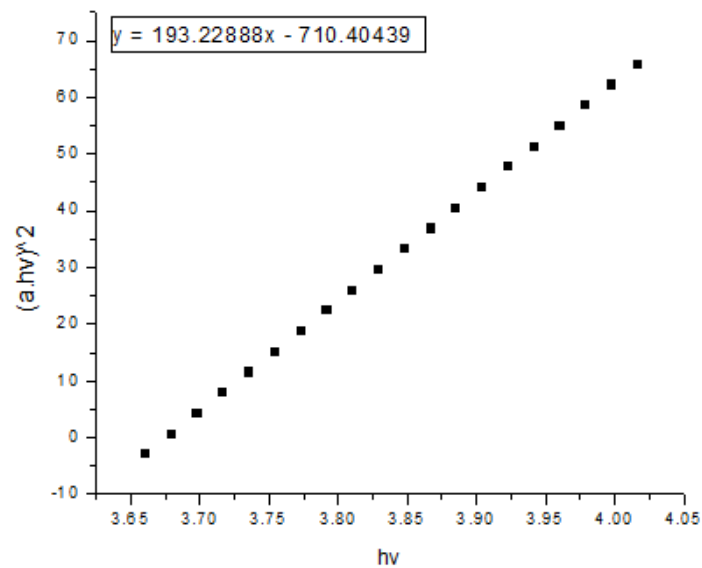
Didapat nilai $y = 182,25677x - 631,87384$ sehingga nilai $x = 3,466$, maka nilai *band gap* pada sampel dengan waktu pendeposisian 30 menit sebesar 3,47 eV.

b. Sampel dengan waktu pendeposisian 60 menit.



Didapat nilai $y = 84,82491x - 305,21021$ sehingga nilai $x = 3,591$, maka nilai *band gap* pada sampel dengan waktu pendeposisian 60 menit sebesar 3,59 eV.

c. Sampel dengan waktu pendeposisian 90 menit.

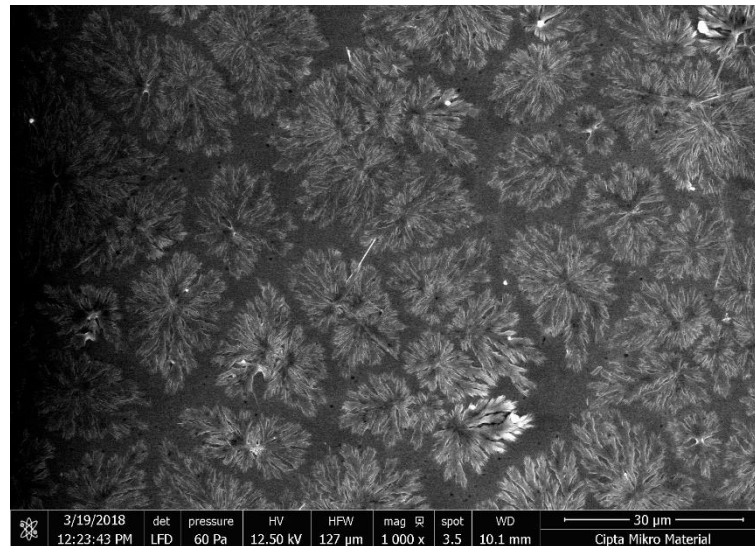


Didapat nilai $y = 193,22888x - 710,40439$ sehingga nilai $x = 3,676$, maka nilai *band gap* pada sampel dengan waktu pendeposisian 90 menit sebesar 3,68 eV.

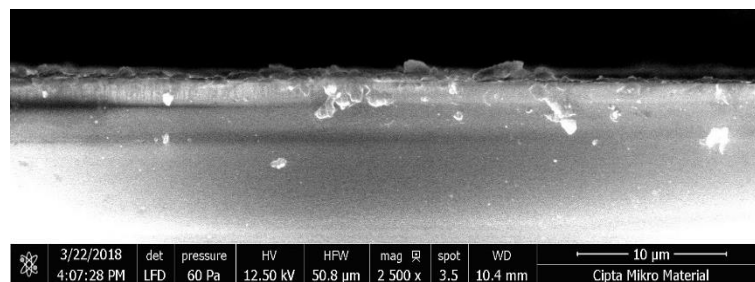
2. Analisis dengan menggunakan SEM dan EDS

Karakteristik untuk melihat morfologi dan komposisi kimia sampel lapisan tipis TiN yang telah dibuat menggunakan metode SEM dan EDS. Karakterisasi tersebut hanya dikenai pada salah satu sampel yaitu sampel lapisan tipis dengan waktu pendeposisian 60 menit. Sampel tersebut diuji di PT. Cipta Mikro Material Banten.

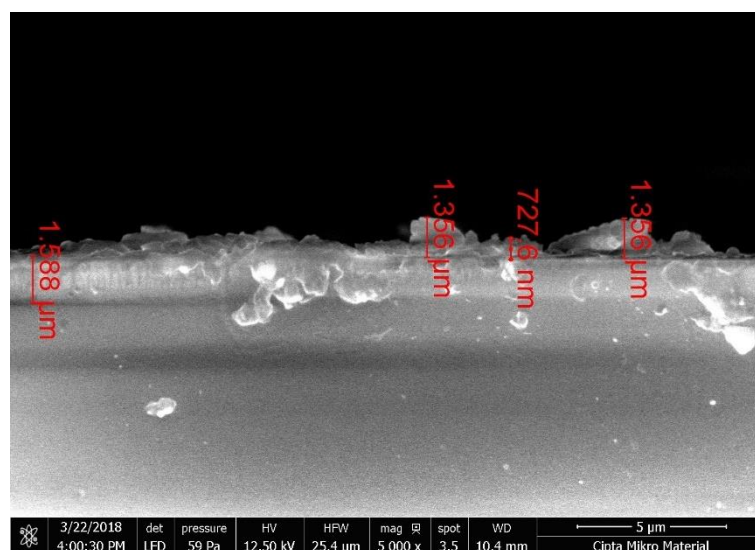
Pada hasil karakteristik menggunakan SEM, hasil sampel di analisis untuk melihat morfologi permukaan dan penampang melintang. Gambar 24 merupakan hasil citra pada permukaan sampel dengan perbesaran 1000 kali. Gambar 25 merupakan hasil dari citra pada morfologi penampang melintang dengan perbesaran 5000 kali. Pada hasil citra penampang melintang, juga dapat dilihat ukuran ketebalan lapisan TiN yang menempel pada sampel. Gambar 26 menginformasikan hasil citra ketebalan sampel lapisan TiN yang diperoleh pada waktu deposisi 60 menit yaitu 1,588 mikrometer.



Gambar 24. Hasil citra permukaan lapisan TiN dengan waktu deposisi 60 menit

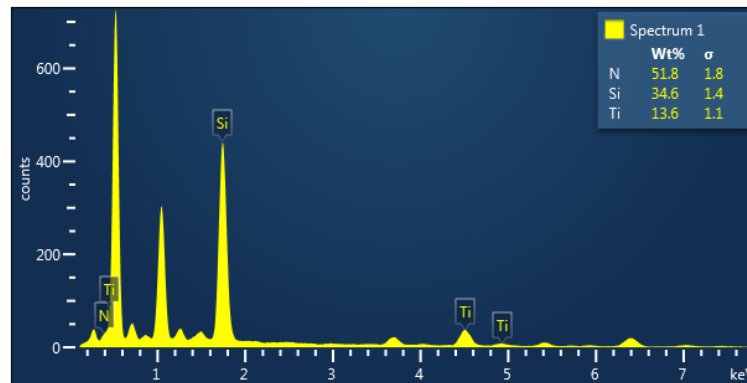


Gambar 25. Hasil citra penampang melintang lapisan TiN dengan waktu deposisi 60 menit



Gambar 26. Hasil citra ketebalan lapisan TiN dengan waktu deposisi 60 menit

Hasil karakterisasi menggunakan EDS didapatkan berbagai atom yang tercampur didalam lapisan tersebut. Terdapat atom Ti, N, dan Si pada hasil EDS menandakan bahwa target TiN dapat melapisi substrat berupa kaca dengan metode *sputtering DC*. Gambar 28 tersebut dapat diketahui presentase berat atom N sebesar 51,8%, berat atom Si sebesar 34,6%, dan berat atom Ti sebesar 13,6%.

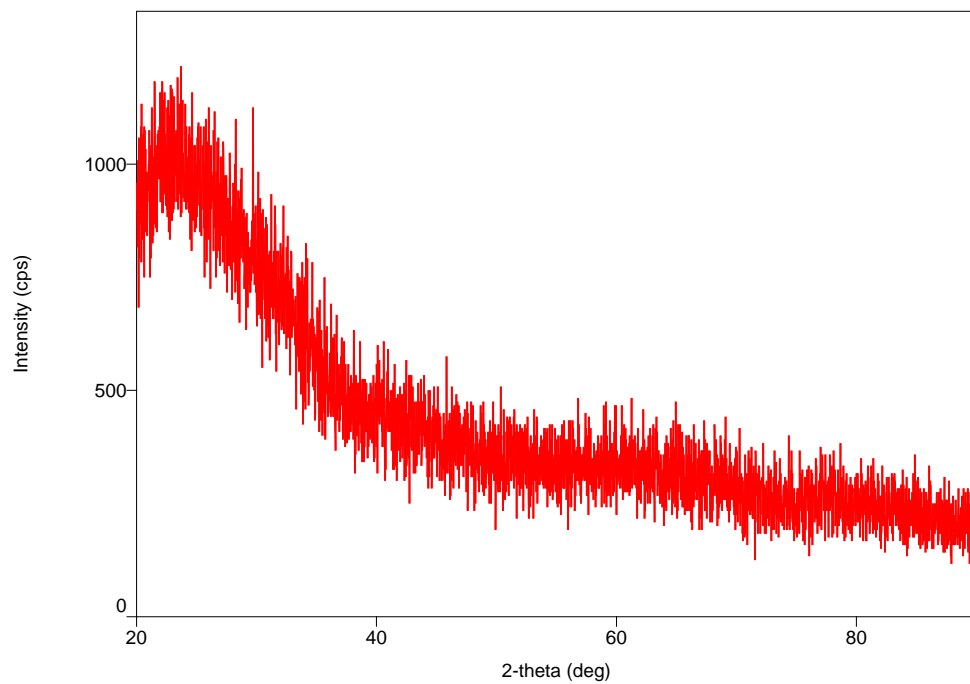


Gambar 27. Hasil EDS komposisi kimia pada sampel dengan waktu deposisi 60 menit

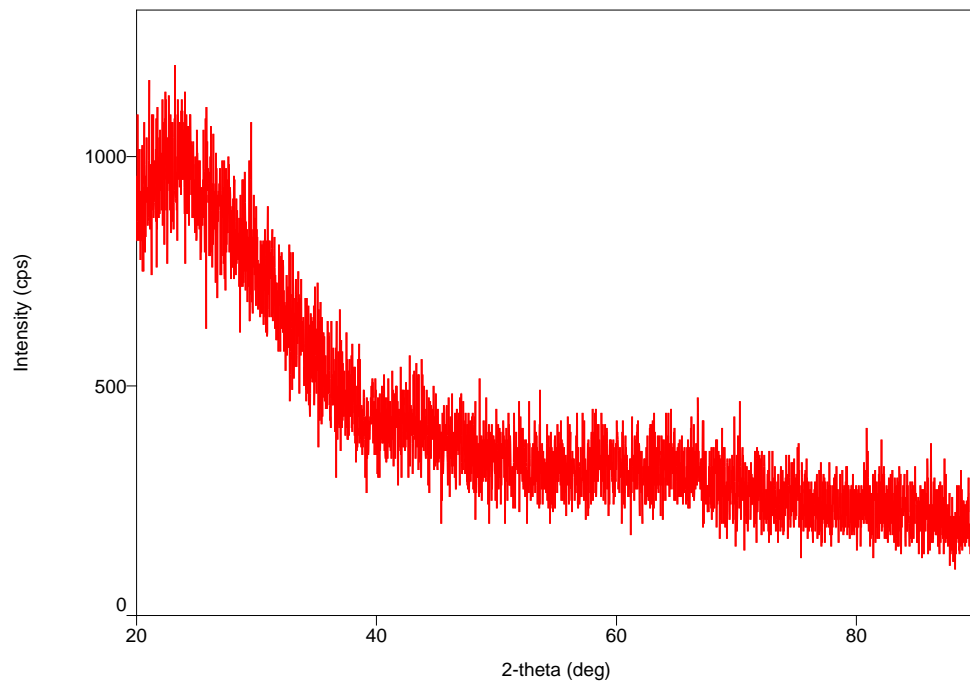
3. Analisis dengan menggunakan XRD

Dari hasil karakterisasi menggunakan XRD diperoleh grafik 2θ tanpa munculnya puncak-puncak intensitas yang berarti sampel lapisan masih bersifat amorf. Hal tersebut kemungkinan dapat disebabkan karena lapisan TiN yang terbentuk pada substrat kaca masih terlalu tipis, sehingga sinar-X menembus lapisan dan mengenai substrat kaca yang bersifat amorf.

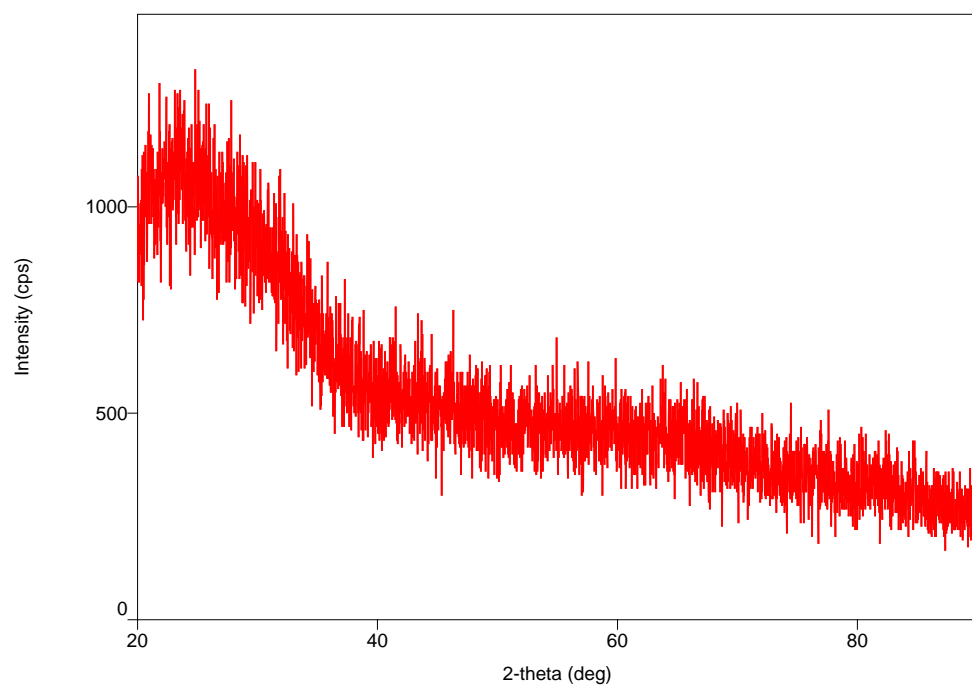
- a. Hasil XRD sampel lapisan TiN dengan waktu deposisi 30 menit.



b. Hasil XRD sampel lapisan TiN dengan waktu deposisi 60 menit.



c. Hasil XRD sampel lapisan TiN dengan waktu deposisi 90 menit.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dapat dihasilkan paduan antara titanium dan gas nitrogen menjadi lapisan tipis TiN yang dideposisikan pada substrat kaca hasil preparasi dari metode sputtering DC. Pendeposisian dilakukan dengan mevariasi waktu selama 30 menit, 60 menit, dan 90 menit.
2. Hasil dari karakterisasi sifat optik pada lapisan tipis TiN tersebut berupa nilai *band gap* dengan uji UV-Vis. Pada sampel lapisan tipis TiN dengan lama waktu pendeposisian 30 menit didapatkan nilai *band gap* sebesar 3,47 eV, sedangkan untuk lama waktu pendeposisian 60 menit didapat nilai *band gap* sebesar 3,59 eV, dan untuk lama waktu pendeposisian 90 menit didapat nilai *band gap* sebesar 3,68 eV.
3. Hasil dari karakterisasi morfologi permukaan lapisan tipis TiN yang dikenai untuk sampel dengan lama waktu deposisi 60 menit menggunakan SEM dapat dilihat pada gambar 24, 25, dan 26, pada gambar tersebut dijelaskan pula ketebalan lapisan yang terbentuk sebesar 1,588 mikrometer. Untuk hasil karakterisasi komposisi kimia yang terkandung pada lapisan tipis TiN diperoleh presentase berat Ti sebesar 13,6%, N sebesar 51,8%, dan Si sebesar 34,6%.
4. Tidak dapat ditentukan struktur kristal pada ketiga sampel lapisan tersebut dengan menggunakan XRD. Hal tersebut kemungkinan dapat disebabkan karena lapisan TiN yang terbentuk pada substrat kaca masih terlalu tipis, sehingga sinar-X menembus lapisan dan mengenai substrat kaca yang bersifat amorf.

B. Saran

Saran yang perlu diperhatikan bagi peneitian selanjutnya antara lain sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya, bisa melakukan preparasi lapisan tipis TiN dengan waktu deposisi lebih lama agar lapisan yang terbentuk pada substrat lebih tebal sehingga memudahkan dalam karakterisasi sifat fisis lainnya.
2. Dapat dilakukan pen-*dopping*-an untuk mereduksi nilai *band gap* yang terlalu tinggi hasil dari penelitian ini.
3. Dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk pengaplikasian lapisan tipis TiN hasil dari metode sputtering DC.

LAMPIRAN

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gedung fisika partikel PSTA-BATAN



Kaca preparat



Amplas



Jangka sorong dan penggaris

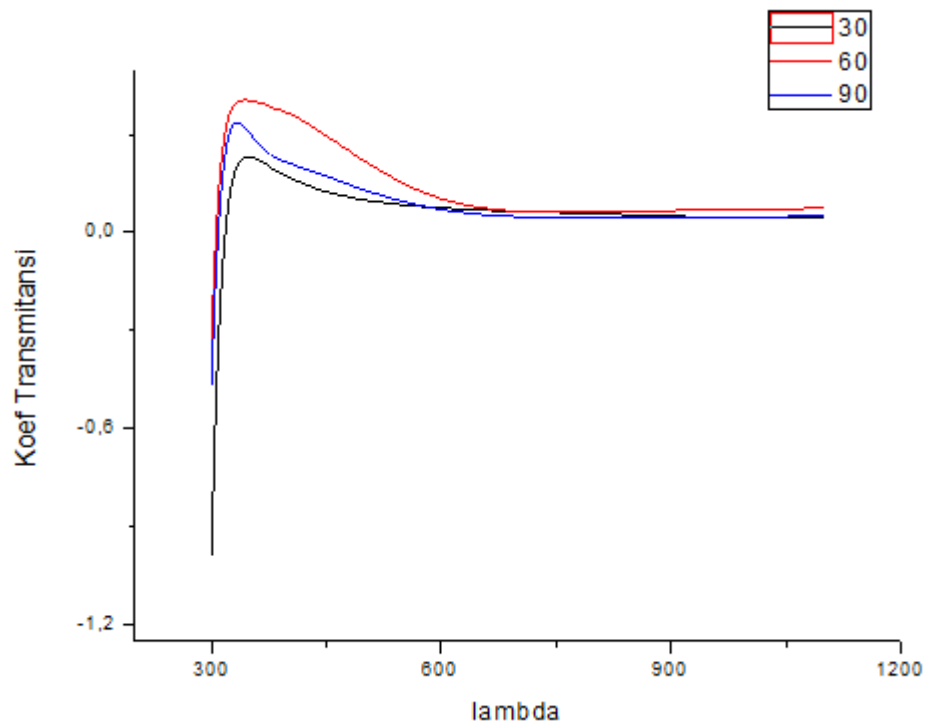


Grinda



Holder

LAMPIRAN TRANSMITANSI



Grafik transmitansi pada lama waktu deposisi 30 menit, 60 menit dan 90 menit

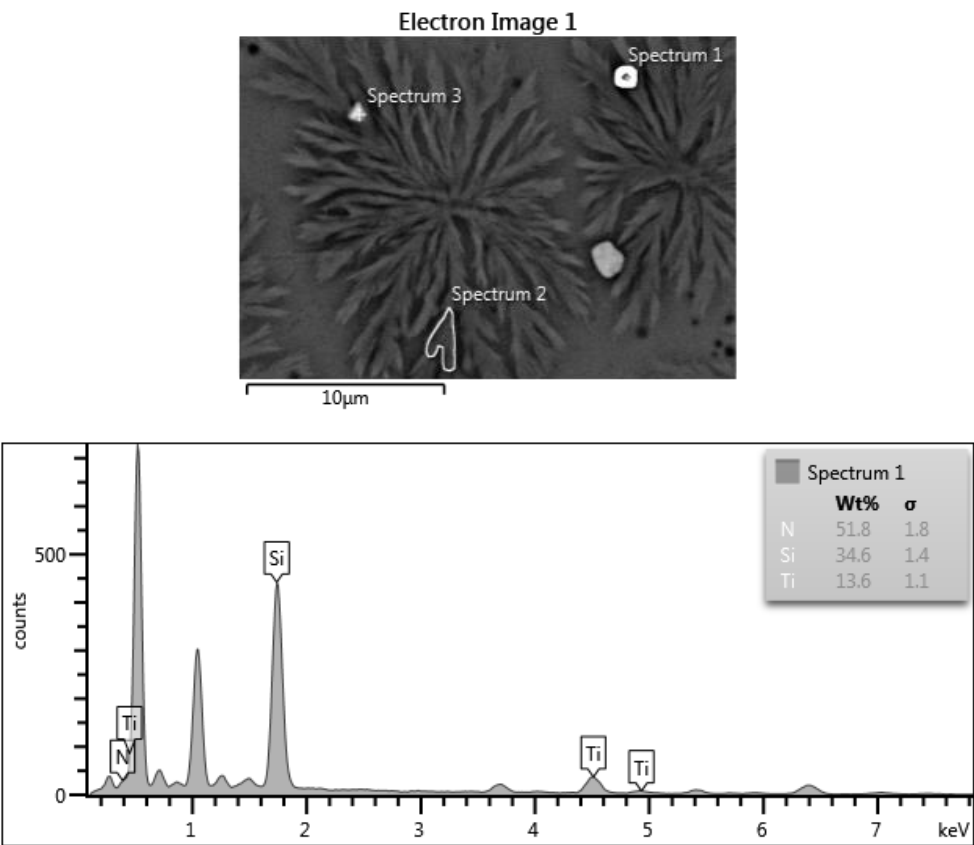
LAMPIRAN EDS

3/19/2018 12:25:00 PM

Project 1

Specimen 1

60



Elem ent	Lin e Typ e	Apparent Concentra tion	k Ratio	Wt%	Wt % Sig ma	Atom ic %	Stand ard Label	Factor y Stand ard	Standar d Calibrat ion Date
N	K seri es	62.04	0.110 46	51.8 1	1.79	70.93	BN	Yes	

Si	K series	19.51	0.154 58	34.6 2	1.36	23.64	SiO2	Yes	
Ti	K series	5.57	0.055 65	13.5 7	1.08	5.43	Ti	Yes	
Total:				100. 00		100.0 0			

General Information	
Label	Spectrum 1
Acquisition Date	3/19/2018 12:25:00 PM
Acquisition Conditions	
Live Time (seconds)	52.9
Real Time (seconds)	55.3
Process Time	4
Energy Range (keV)	20
Number Of Channels	2048
Energy per Channel (eV)	10.0
Accelerating Voltage (kV)	12.5
Magnification	5000.0
Working Distance (mm)	11.4
Specimen Tilt (degrees)	0.0
Spectrum Information	
Spectrum Area (counts)	47287.0
Spectrum Count Rate (cps)	854.8
Pulse Pile Up Correction	Succeeded
Strobe Information	
Strobe Resolution (eV)	43.68
Strobe Area (counts)	577728.0
Energy Calibration Information	
Calibration Date	3/30/2016 5:58:39 PM
Calibration Peak	Manganese K Series

Gain Calibration (eV/channel)	9.9945
Beam Calibration Information	
Calibration Date	1/1/0001 12:00:00 AM
Calibration Peak	
Peak Area (counts)	0.0
Process Time	0
Live Time (seconds)	0.0
Quantification Mode	
Calibration Material	Pure element
System Configuration	
Detector Type	X-Act
Primary Detector	INCAx-act
Primary Detector Serial Number	73136
Window Type	SATW
Processor Type	XStream2
Azimuth (degrees)	0.0
Elevation (degrees)	35.0