



TUGAS AKHIR – TL 141584

**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN GAS
NITROGEN PADA LAPISAN TIPIS Ag YANG
DIDEPOSISIKAN DI PERMUKAAN SUBSTRAT
Ti6Al4V TERHADAP SIFAT *ANTI-MICROBIAL*
DENGAN PROSES PVD *RF SPUTTERING***

**Jeremy Marcelino Esfrando
NRP 0251144000040**

Dosen Pembimbing :
Dr. Ir. Agung Purniawan, ST., M.Eng
Amaliya Rasyida, ST., M.Sc.
Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

**Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



Final Project – TL 141584

**EFFECT OF NITROGEN GAS PRESSURE
VARIATION ON THE THIN LAYER COATING
SURFACE IN THE SUBSTRATE SURRENCE OF
Ti6Al4V ON ANTI-MICROBIAL PROPERTIES WITH
PVD RF SPUTTERING PROCESS**

**Jeremy Marcelino Esfrando
NRP 0251144000040**

Advisor :
Dr. Ir. Agung Purniawan, ST., M.Eng
Amaliya Rasyida, ST., M.Sc.
Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

**DEPARTMENT OF MATERIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2017**

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN GAS
NITROGEN PADA LAPISAN TIPIS Ag YANG
DIDEPOSISIKAN DI PERMUKAAN SUBSTRAT Ti6Al4V
TERHADAP SIFAT ANTI-MICROBIAL DENGAN PROSES
PVD RF SPUTTERING**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

JEREMY MARCELINO ESFRANDO
NRP. 0251144000040

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng. (Pembimbing I)

Amaliya Rasyida, S.T, M.Eng. (Pembimbing II)

Prof. Dr. rer.nat. T. (Pembimbing III)





Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



Analisis Pengaruh Variasi Tekanan Gas Nitrogen Pada Lapisan Tipis Ag yang Dideposisikan Di Permukaan Substrat Ti6Al4V Terhadap Sifat Anti Microbial Dengan Proses PVD Rf Sputtering

Nama : Jeremy Marcelino Esfrando
NRP : 0251144000040
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc.
Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

ABSTRAK

Antimicrobial merupakan sifat yang terdapat pada beberapa logam mulia seperti; perak (Ag), emas (Au), atau tembaga (Cu), yang memiliki kemampuan menghambat perkembangan bakteri. Ti-6Al-4V biasa digunakan sebagai bahan implan gigi karena memiliki ketahanan korosi yang kuat, akan tetapi material ini kurang mampu menghambat pertumbuhan bakteri pada permukaannya, sehingga tidak memiliki sifat antimicrobial yang baik. Oleh karena itu dibutuhkan bahan yang memiliki sifat antimicrobial untuk dilapiskan pada permukaan bahan tersebut. Pada penelitian ini, digunakan logam Ag untuk dijadikan material target pada proses pembentukan lapisan tipis dengan metode Physical Vapour Deposition (PVD) Rf Sputtering. Variasi penambahan gas Nitrogen ($0,4 \times 10^{-2}$ mbar, $0,6 \times 10^{-2}$ mbar, $0,8 \times 10^{-2}$ mbar, $1,0 \times 10^{-2}$ mbar) dilakukan untuk menganalisis pengaruhnya terhadap sifat antimicrobial lapisan tipis Ag. SEM-EDX, XRD, kekuatan adhesi, dan kemampuan antimicrobial secara in vitro dilakukan untuk karakterisasi lapisan tipis. Variasi dari tekanan gas nitrogen akan mengubah permukaan dari lapisan tipis Ag menjadi lebih halus seiring dengan bertambah nya tekanan gas nitrogen yang terpakai. Untuk tekanan gas Nitrogen



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

yang menghasilkan permukaan yang paling halus menggunakan tekanan sebesar $1,0 \times 10^{-2}$ mbar. Dan juga tekanan gas nitrogen yang paling efektif untuk mendapatkan sifat anti microbial yang paling baik yaitu dengan menggunakan tekanan gas nitrogen sebesar $0,4 \times 10^{-2}$ mbar.

Kata Kunci: *Anti Microbial, Lapisan Tipis, Physical Vapour Deposition, Implan gigi*



**EFFECT OF NITROGEN GAS PRESSURE VARIATION
ON THE THIN LAYER COATING SURFACE IN THE
SUBSTRATE SURRENCE OF Ti6Al4V ON ANTI-
MICROBIAL PROPERTIES WITH PVD RF SPUTTERING
PROCESS**

Name : Jeremy Marcelino Esfrando
NRP : 0251144000040
Departmen : Teknik Material
Advisor : Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng.
Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc.
Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono

ABSTRACT

Antimicrobial can be found in some precious metals such as; silver (Ag), gold (Au), or copper (Cu), which has the ability to inhibit bacterial development. TI-6Al-4V is commonly used as dental implant material because it has strong corrosion resistance, but this material is less able to inhibit the growth of bacteria on its surface, so it does not have good antimicrobial properties. It is therefore necessary that the material has antimicrobial properties to be superimposed on the surface of the material. In this study, used Ag metal used as a target material in the process of forming a thin layer with Physical Vapor Deposition (PVD) Rf Sputtering method. Variations in the addition of Nitrogen gas (0.4×10^{-2} mbar, 0.6×10^{-2} mbar, 0.8×10^{-2} mbar, 1.0×10^{-2} mbar) were carried out to analyze the effect on the antimicrobial properties of Ag thin film. SEM-EDX, XRD, adhesion strength, and antimicrobial ability in vitro are performed for thin layer characterization. Variations of nitrogen gas pressure will effect the surface of Ag's thin film to become smoother as it increases the



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

applied nitrogen gas pressure. For Nitrogen gas pressure which produces the lowest surface roughness using pressure of 1.0×10^{-2} mbar. And also the most effective nitrogen gas pressure to get the best anti microbial properties is by using nitrogen gas pressure of 0.4×10^{-2} mbar.

Keywords: *Anti Microbial, Thin Layer, Physical Vapour Deposition, Dental Implant*



KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera,

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan nikmat, anugerah, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir pada jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS yang berjudul:

“ANALISIS PENGARUH VARIASI TEKANAN GAS NITROGEN PADA LAPISAN TIPIS Ag YANG DIDEPOSISIKAN DI PERMUKAAN SUBSTRAT Ti6Al4V TERHADAP SIFAT ANTI-MICROBIAL DENGAN PROSES PVD RF SPUTTERING”

Tugas Akhir ini disusun untuk melengkapi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberi dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

1. Tuhan Yesus Kristus atas segala berkat dan karunia Nya.
2. Kedua orang tua penulis, Bapak Erichson Matondang dan Ibu Shinta Siagian yang selalu ada di belakang penulis, mendukung penulis, dan memberikan semua support berupa moral dan material kepada penulis.



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

3. Keluarga besar Matondang dan Siagian yang selalu mendoakan penulis dan selalu memberikan saya support dalam bentuk doa maupun materi.
4. Adik kandung penulis yaitu Jason dan Jose yang selalu memberikan dukungan moril dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Agung Purniawan, ST., M.Eng. selaku dosen pembimbing tugas akhir dan telah memberikan ilmu, bimbingan, wawasan kepada penulis.
6. Ibu Amaliya Rasyida, ST., M.T selaku dosen co-pembimbing tugas akhir penulis yang telah memberikan arahan saat menulis Tugas akhir ini.
7. Prof. Dr. rer.nat. Tri Mardji Atmono, selaku pembimbing selaku pembimbing III yang telah memberikan ilmu dan kesempatan untuk preparasi lapisan tipis Ag di BATAN, Yogyakarta.
8. Seluruh Dosen dan Karyawan yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan perkuliahan di jurusan teknik material dan metalurgi FTI-ITS.
9. Raya, Hezki, dan Richie selaku sahabat karib dari penulis yang selalu memotivasi dan menyemangati penulis dalam pengerjaan tugas akhir.
10. Teman teman dekat LNS & FOS yang selalu memberikan nasehat dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Teman teman kopi dan rokok yang selalu mendoakan saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Keluarga HMMT dan Teman Teman MT16
13. Hawary, Angga, dan Dita selaku teman seperjuangan dalam TA anti mikroba
14. Keluarga kecil INDOCOR ITS SC 2016/2017 atas semua pengalaman dan pembelajarannya.
15. Keluarga ITS Jazz atas pengalamannya selama bermusik di ITS



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

16. Hubungan Luar HMMT FTI-ITS 2015/2016 dan 2016/2017 atas segala pembelajaran dan dukungannya.
17. Seluruh pihak yang telah memberi dukungan dan motivasi yang tidak bisa disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan Tugas

Surabaya, 10 Januari 2018

Jeremy Marcelino Esfrando



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR TABEL	xx
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat Kegiatan Tugas Akhir	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Material antimicrobial	5
2.2. Perak.....	6
2.3. Ti-6Al-4V	7
2.4. Teknologi Deposisi Lapisan Tipis : Physical Vapour Deposition	9
2.5. Mekanisme Inhibisi Ion <i>Antimicrobial</i>	13
2.6. Aktivasi agen <i>antimicrobial</i> pada Lapisan Tipis.....	16



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

2.7.	Efek Penambahan Oksigen pada Sifat <i>Antimicrobial</i> Lapisan Tipis.....	17
2.8.	Metoda Kirby-Bauer : disk diffusion test.....	18
2.9.	State of the Art	19
BAB III METODOLOGI PERCOBAAN		23
3.1.	Diagram Alir.....	23
3.2.	Rancangan Penelitian	26
3.3.	Prosedur Pelaksanaan Penelitian	26
3.4	Karakterisasi.....	28
3.4.1.	Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy Dispersive X-ray (EDX).....	28
3.4.2.	X-Ray Diffraction (XRD).....	28
3.4.3.	Adhesion Test.	28
3.4.4.	Pengujian kemampuan <i>antimicrobial</i>	29
BAB IV HASIL DAN ANALISA		31
4.1.1	Analisa Senyawa	31
4.1.2	Analisa Morfologi	33
4.1.3	Analisa Kekasaran.....	35
4.1.4	Kekuatan Adhesi	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		45
5.1	Kesimpulan.....	45
5.2	Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA		xxi
LAMPIRAN A NILAI SA DAN SZ PADA UJI AFM		xxv



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

LAMPIRAN B PERHITUNGAN KEMAMPUAN ANTIMICROBIAL	xxvii
BIODATA PENULIS	xxix



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (a) Kain katun tidak ditreatment, (b) kain dengan kandungan Ag NPs (Falleta dkk, 2008).....	7
Gambar 2. 2 Mesin Physical Vapour Deposition, Sputtering (Caog,2004).....	12
Gambar 2. 3 Perbandingan kekuatan adhesi dengan variasi plasma.(Gerenser, 1988).....	12
Gambar 2. 4 Perbandingan morfologi antara E.Coli yang ditreatment dan yang tidak ditreatment dengan ion Ag (a) tidak ditreatment (b) mekanisme mempertahankan diri dengan memproteksi DNA (c) tahap akhir kematian sel E.coli (Feng dkk, 2000).....	13
Gambar 2. 5 Mekanisme inhibisi ion Ag ⁺ pada sel bakteri.	16
Gambar 2. 6 Perbedaan Halo Inhibition pada masing-masing sampel, a) Ag , b) AgO10, c)AgO20 d)AgO100, e) Grafik perbedaan Halo Inhibition. (Rebelo, 2016)	18
Gambar 2. 7 Disk diffusion test. (Boundless, 2016).....	19
Gambar 2. 8 Aktivasi dengan NaClO , (a) sebelum (b) setelah (c) lapisan tanpa Ag setelah aktivasi. (Ferreri, dkk. 2014)	21
Gambar 2. 9 Hasil kuantitatif koloni S. aureus diinkubasi pada suhu 37 ° C selama 24 jam pada permukaan sampel. (a) Ti6Al4V, (b) TiO ₂ , (c) ZrO ₂ / TiO ₂ , (d) Zn-ZrO ₂ / TiO ₂	22
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	24
Gambar 3. 2 Diagram Alir Subkultural Bakteri dan Pengujian Anti-microbial	25
Gambar 4. 1 Perbandingan hasil XRD tiap sampel dengan	31
Gambar 4. 2 Hasil uji SEM pada lapisan tipis dengan variasi tekanan gas nitrogen (a) 0 mbar (b) 0,4 x 10 ⁻³ mbar (c) 0,6 x 10 ⁻³ mbar (d) 0,8 x 10 ⁻³ mbar (e) 1,0 x 10 ⁻³ mbar.....	34
Gambar 4. 3 Perbandingan AFM- Topografi permukaan sampel tiap spesimen dengan variasi tekanan gas Nitrogen; (a) 0 mbar	



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

(b) $0,4 \times 10^{-2}$ mbar (c) $0,6 \times 10^{-2}$ mbar (d) $0,8 \times 10^{-2}$ mbar (e)
 $1,0 \times 10^{-2}$ mbar 38

Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Adhesi lapisan tipis Ag-Cu, dilihat dari tengah dan sekitar indentasi; (a) N0 (b) N0.4 (c) N0,6 (c) N0,8 (e) N1,0.....41

Gambar 4. 5 Zona inhibisi pada tiap sampel dengan variasi43



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori dari Material Titanium (Veiga C, 2012)	8
Tabel 2. 2 Properti dari Ti-6Al-4V pada 2 Kondisi Metallurgi yang Berbeda (Veiga C,2012)	9
Tabel 3. 1 Rancangan penelitian tugas akhir	26
Tabel 4. 1 Data AFM S_a dan S_z pada lapisan tipis Ag dengan tekanan Nitrogen	35
Tabel 4.2 Jarak inhibisi rata-rata dari masing- masing spesimen yang diuji pada medium agar dengan bakteri <i>staphylococcus aureus</i>	42



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Teknologi pada dunia medis mengalami perkembangan yang sangat pesat. Berbagai macam inovasi dilakukan untuk menghindari adhesi bakteri pada manusia. Dikarenakan adhesi bakteri adalah penyebab utama terjadinya infeksi (Zhao, dkk. 2004). Penggunaan alat-alat medis, terutama yang di implankan kedalam tubuh manusia sangat perlu diperhatikan kebersihannya karena jika dibiarkan, bakteri akan berkembang sehingga menjadi resiko yang berbahaya untuk pasien ketika terjadi kegagalan pada alat atau implant tersebut. Walaupun sudah mengikuti seluruh prosedur sesuai standar operasi, seperti sterilisasi perangkat medis dan preparasi kulit, infeksi tetap akan terjadi karena bakteri menempel pada perangkat tersebut, tidak hanya menempel bahkan bakteri dapat berkembang biak. Sehingga infeksi bakteri merupakan masalah serius dalam aplikasi biomedik (Hetrick, dkk. 2006). Berdasarkan fenomena tersebut, kemudian dari sisi keilmuan material, dikembangkan jenis material-material yang tidak disukai oleh bakteri atau disebut sebagai material antimikroba (*antimicrobial*).

Sejak dahulu di Yunani, Mesir dan Romawi, Perak (silver) sudah digunakan sebagai penyimpanan air atau cairan lain (Russell, 1994). Uang koin dari perak juga digunakan untuk mencegah air minum dari bakteri dan alga. Mereka juga menggunakannya untuk menjaga susu agar tetap segar (Hill, 2009). Setelah diteliti, terdapat kandungan yang sangat kecil dari perak yang menunjukkan sifat anti mikroba (Ravelin, 1869). Pada perkembangannya perak ini tidak lagi digunakan dalam bentuk koin namun sebagai bahan material pelapis anti mikroba untuk melindungi material induk dari serangan mikroba tersebut.



Paduan titanium adalah logam yang mengandung campuran titanium dan unsur kimia lainnya. Paduan semacam itu memiliki kekuatan dan ketangguhan yang sangat tinggi (bahkan pada suhu ekstrim). Bobotnya ringan, memiliki ketahanan korosi yang luar biasa dan kemampuan menahan suhu ekstrim. Modifikasi permukaan pada peralatan medis merupakan salah satu strategi untuk menghilangkan kemungkinan infeksi dan kegagalan pada proses *osseointegrasi* yang diakibatkan oleh bakteri. Penggunaan bahan anti mikroba seperti Ag untuk menjadi bahan pelapis implant pada gigi buatan merupakan solusi yang dapat diimplementasikan. Pada saat ini material dengan kandungan perak sudah cukup efektif sebagai material untuk *antimicrobial*, namun interaksi antara tubuh manusia dan mikroorganisme yang pathogen tidak pernah berhenti sehingga muncul tantangan baru misalnya pathogen yang resistan terhadap perak dan mikroorganisme yang menempel di implan gigi yang menyebabkan proses penyatuan tulang gigi dan implant tidak berjalan dengan baik. Infeksi ini terjadi akibat bakteri, seperti *staphylococcus aureus* (Martinez dkk, 2017). Hal ini memerlukan inovasi berupa pendekatan metode yang baru dan juga modifikasi di aspek materialnya agar memiliki kemampuan resistensi terhadap bakteri tersebut.

Umumnya material implant gigi berbahan dasar Titanium ELI (*Extra Low Interstitials*) tetapi karena dirasa tidak cukup untuk menahan perkembang biakkan bakteri pada permukaan implant maka dilakukanlah penelitian menggunakan lapisan tipis dari Ag yang di coating pada material Titanium ELI sebagai substrat dengan metode PVD *Rf Sputtering*. Ag berperan sebagai pelindung substrat dari mikroba yang terdapat di dalam gigi antar lain adalah *staphylococcus aureus* yaitu bakteri yang terdapat dalam mulut manusia yang bisa menyebabkan infeksi dan menimbulkan penyakit dan kegagalan proses *Osseointegrasi*.

BAB I PENDAHULUAN



1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dibahas pada Tugas Akhir ini, yaitu ;

1. Bagaimana pengaruh tekanan gas Nitrogen terhadap sifat *antimicrobial*?
2. Bagaimana morfologi dan sifat mekanik yang terbentuk dari lapisan tipis yang dihasilkan dari variasi tekanan gas nitrogen?

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah atau variable yang diabaikan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah

1. Perubahan temperatur dalam *Chamber PVD* diabaikan
2. Tingkat kebersihan permukaan substrat dianggap sama
3. Perubahan tekanan gas saat proses PVD diabaikan
4. Perubahan DC-Bias saat proses PVD diabaikan
5. Jarak antar substrat dan target dianggap sama pada setiap percobaan

1.4. Tujuan

Tujuan dilakukannya Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut ;

1. Menganalisis pengaruh tekanan gas nitrogen terhadap sifat *antimicrobial*
2. Menganalisis morfologi dan sifat mekanik yang terbentuk dari lapisan tipis yang dihasilkan dari variasi tekanan gas nitrogen.

1.5. Manfaat Kegiatan Tugas Akhir

Diharapkan tugas akhir yang dilakukan dapat memberikan manfaat yang luas terhadap kemajuan dalam dunia kedokteran terutama pada bidang implant gigi. Juga memajukan Indonesia dalam bidang penelitian, teknologi di bidang material dan dunia kedokteran.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka yang berasal dari buku, jurnal, *internet*, atau literatur lain tentu dibutuhkan untuk melancarkan jalannya penelitian tugas akhir. Tinjauan pustaka yang mengandung landasan teori dan informasi seluruh metode dan material yang digunakan pada penelitian ini adalah tinjauan pustaka yang mendukung. Informasi dan teori yang digunakan akan dijelaskan pada sub-bab berikut.

2.1. Material antimicrobial

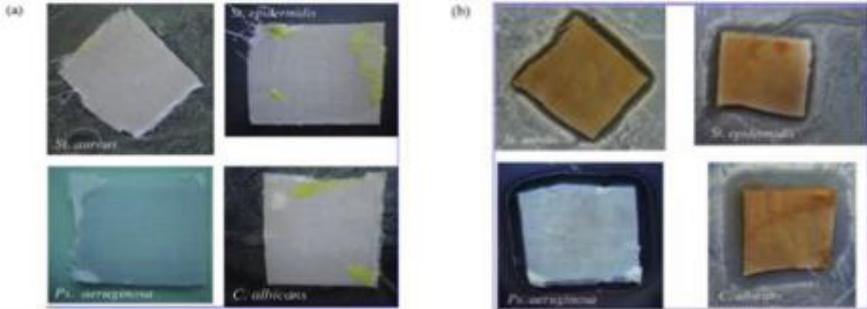
Kemajuan teknologi bidang *nanoscience* dan *nanotechnology* membuka kesempatan untuk mengembangkan teknologi modern pada ilmu material digunakan untuk aplikasi biomedik. (Sun dan Rogers, 2007). beberapa ion metal sangat berperan pada proses biologi di tubuh manusia dan telah digunakan sebagai material penyembuh dari berbagai macam penyakit sejak dulu. Bangsa kuno Yunani dan Roma menggunakan sifat *antimicrobial* pada ion perak untuk melawan infeksi. Ion perak juga banyak digunakan sebagai agen *antimicrobial* untuk penyembuhan luka bakar. (Du dkk, 2007). Peneliti telah menemukan sifat *antimicrobial* pada metal lain, diantaranya adalah Au (emas), Cu (tembaga), CuO, Cu₂O, dan ZnO. Seluruh material tersebut diteliti dalam ukuran skala nano dan telah terbukti memiliki sifat *antimicrobial* terhadap bakteri. Dibanding Ag, informasi tentang sifat *antimicrobial* pada Au sangat terbatas karena sifatnya yang sangat *inert*, dan *toxicity* yang rendah. Studi tentang metal oksida seperti CuO sebagai agen *antimicrobial* sedikit meskipun material ini memiliki beberapa kelebihan seperti rendah biaya, mudah dicampur dengan polymer, dan memiliki stabilitas kimia dan fisika yang baik.



2.2. Perak

Perak adalah unsur logam dengan nomor atom 47. Simbolnya adalah Ag, dari bahasa Latin *argentum* yang artinya adalah “putih” atau “silau”. Perak telah lama dinilai sebagai logam mulia. Perak adalah salah satu logam yang memiliki konduktivitas elektrik, konduktivitas thermal, dan refleksitas yang tinggi. Manusia sudah lama menggunakan perak sebagai bahan untuk pembuatan koin, pemotong, kain, kosmetik, dan implant medis selama lebih dari 7000 tahun (Alexandru, 2016). Perak juga telah lama dinilai sebagai metal berharga (*Precious Metal*). Perak memiliki kemampuan sebagai bahan untuk peralatan medis karena perak sangat efektif sebagai *anti-microbial agent* (Raghupathy, 2016). Perak memiliki nilai *toxicity* yang rendah terhadap tubuh manusia dan telah diuji dengan metoda *in vitro* dan *in vivo* (Faroqui, dkk. 2010).

Perak memiliki aktivitas antimicrobial terhadap bakteri, *fungi*, *protozoa*, dan beberapa virus, termasuk sebagai resistan antibiotik. Perak juga digunakan untuk menurunkan infeksi yang terjadi pada area luka bakar, mencegah pembentukan koloni bakteri pada alat medis dan kain, serta *water treatment* (Alexandru, 2016). Perak merupakan *noble metal* ($E^0 = + 0.80 \text{ V}$), yang tidak mudah bereaksi dengan air ataupun asam. Namun, dalam bentuk padat atau nanopartikel (NPs), Perak mampu mengeluarkan sedikit ion Ag^+ dimana ion ini berperan sebagai zat *antimicrobial* pada permukaan metal atau NPs. pada eksperimen yang telah dilakukan Falleta dkk, 2008, telah dibandingkan kain yang diberikan Ag NPs dan yang tidak ditreatmen. Pada gambar 2.1. terlihat bahwa kain dengan Ag NPs memiliki zona inhibisi yang menunjukkan kemampuan Ag untuk menjadi agen *antimicrobial* (Alexandru, 2016). Penambahan konsentrasi Ag akan meningkatkan kemampuan efek *antimicrobial*.



Gambar 2. 1 (a) Kain katun tidak ditreatment, (b) kain dengan kandungan Ag NPs (Falleta dkk, 2008)

2.3. Ti-6Al-4V

Ti6Al4V merupakan material yang memiliki kekuatan yang tinggi dan ketahanan korosi yang luar biasa. Paduan titanium telah banyak digunakan di bidang teknik, yaitu di bidang aerospace, otomotif dan biomedis karena biokompatibilitasnya ditambah dengan kombinasi sifat mekanik dan korosif yang baik, adalah titanium yang paling populer. Penggunaan dari Ti6Al4V ditunjukkan pada tabel 2.1 Penggunaan dalam bidang medis meliputi bahan sebagai pembuat implan gigi, komponen femoralis prostetik, instrumen bedah, dan lain-lain. Saat ini, industri paduan titanium nampaknya sudah matang, namun teknologi dan aplikasi baru untuk paduan ini terus tumbuh.



Tabel 2. 1 Kategori dari Material Titanium (Veiga C, 2012)

Category	Selected materials				
CP-Ti	CP-Ti (0.2Fe, 0.18O)	CP-Ti (0.3Fe, 0.25O)	CP-Ti (0.3Fe, 0.35O)	CP-Ti (0.5Fe, 0.40O)	
α alloy	Ti-5Al-2.5Sn	Ti-3Al-2.5V	Ti-2Cu	Ti-0.3Mo-0.8Ni	
near- α alloy	Ti-5Al-6Sn-2Zr- 1Mo-0.2Si	Ti-2Al-2Sn- 4Zr-2Mo	Ti-8Al-1Mo-1V	-	
α + β alloy	Ti-6Al-4V	Ti-6Al-4V ELI	Ti-6Al-4V-2Sn	Ti-6Al-2Sn-4Zr-6Mo	
β alloy	Ti-13V-11Cr-3Al	Ti-11.5Mo- 6Zr-4.5Sn	Ti-13V-11Cr-3Al	-	
near- β alloy	Ti-6Al-2Sn- 4Zr-6Mo	Ti-8Mo-8V- 2Fe-3Al	Ti-10V-2Fe-3Al	Ti-8Mn	
Ti-Aluminides	Ti-24Al-10Nb	Ti-25Al-17Nb-1Mo	Ti-22Al-27Nb	-	

Titanium tersedia secara komersial murni dan sebagai paduan. Paduan ini biasanya dibagi menjadi tiga kategori: alfa α , alfa-beta (α + β) dan beta (β). Untuk lebih rincinya, bisa dilihat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 di bawah ini, sebagai data yang diambil dari berbagai referensi . Sifat mekanik paduan titanium dipengaruhi oleh sifat individu dan fase, susunan atom dan fraksi volume. Misalnya, fase alfa memiliki kerapatan lebih rendah dari pada fase beta karena itu bahwa elemen utamanya Al dalam fase memiliki kerapatan lebih rendah daripada yang dominan. Berikut adalah Properti dan aplikasi paduan titanium.



Tabel 2. 2 Properti dari Ti-6Al-4V pada 2 Kondisi Metallurgi yang Berbeda (Veiga C,2012)

Material K	TS β Transus [MPa] [W/Mk] [° C]	YS [MPa]	E [GPa]	Hardness [HV]
Ti-6Al-4V (annealed bar)	895 995	825	110	340
Ti-6Al-4V (solution + 7.5 age bar)	1035 995	965	-	360

Ts-Tensile Strength; YS- Yield Strength; E-Elastic Modulus; C- Thermal Conductivity

2.4. Teknologi Deposisi Lapisan Tipis : Physical Vapour Deposition

Teknologi Deposisi lapisan tipis banyak jenisnya namun secara umum dibagi menjadi dua jenis yaitu chemical vapor deposition (CVD) dan physical vapor deposition (PVD). Dari dua jenis tersebut kemudian terdapat pengembangan tergantung dari metode aktivasi dan medianya. Perbedaan utama dari dua jenis tersebut adalah CVD menggunakan gas sebagai precursor dan PVD menggunakan target berupa material padat yang dibombardir dengan ion atau plasma.

Physical Vapour Deposition (PVD) banyak digunakan di beberapa sektor industri. Contohnya, industri *Metal-working* (*Cutting tools*), aplikasi biomedik, dan komponen optic. Pelapisan dengan metode ini banyak dilakukan untuk mendapatkan peningkatan pada properties suatu bahan, seperti kekerasan yang



tinggi, resistensi terhadap korosi dan cacat *wear*, friksi rendah, dan properties spesifik optik atau elektrik.

PVD adalah metode sintesis serba guna dan dapat mengontrol struktur lapisan tipis pada skala atom maupun nanometer dengan melakukan *monitoring* yang tepat saat proses berlangsung. Ada beberapa macam metode PVD yang digunakan, yaitu *Evaporation*, *Sputtering*, *Laser ablation*, dan *Ion Beam* (Nissan, 2011).

Metode PVD yang paling sering digunakan adalah metode *Evaporation* dan *Sputtering*. Pada metode *Evaporation*, uap yang dihasilkan merupakan dari material target yang dipanaskan dengan radiasi, *eddy currents*, bombardir electron, dsb. Proses ini berlangsung dalam keadaan vakum (10^{-5} sampai 10^{-6} Torr) sehingga atom yang menguap akan berpindah ke substrat sebelum terjadi kondensasi. Pada metode *Sputtering*, gas ion (biasanya argon) dibutuhkan untuk memborbardir material target sehingga atom-atom dari material target terdeposit ke substrat dalam bentuk uap. Adhesi yang dihasilkan dari metode PVD bervariasi, dari buruk (*Poor*) hingga sempurna (*Excellent*). Metode *Sputtering* menghasilkan nilai adhesi yang lebih tinggi dibandingkan metode *Evaporation*. Hal ini disebabkan karena energi deposisi pada metode *Sputtering* lebih tinggi dibanding *Evaporation* (1 sampai 10 eV vs. 0.1 sampai 0.2 eV).

Sputtering menggunakan energi ion untuk memborbardir atom atau molekul agar lepas dari molekul lainnya yang ada pada material target, sehingga atom atau molekul tersebut terdeposit pada substrat. Banyak pengembangan teknik *Sputtering* yang telah digunakan, namun pada dasarnya, seluruh proses *Sputtering* kurang lebih sama. Gambar 2.3 menunjukkan prinsip dasar dc dan RF pada sistem *Sputtering*. Pada proses *Sputtering* menggunakan sistem dc, target dan substrat berhadapan satu sama lain didalam chamber. Gas argon sebagai gas inert yang biasa digunakan pada proses *Sputtering* memiliki tekanan sebesar kurang dari 100

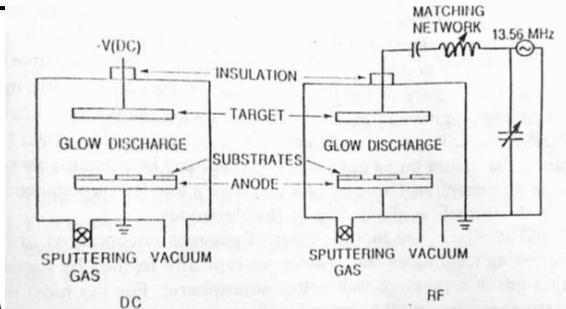


mTorr. Gas ini lalu disalurkan kedalam chamber sebagai media untuk menginisiasi dan mengontrol *discharge*. Ketika sumber listrik telah dialirkan ke elektroda, *glow discharge* akan terlihat diantara kedua elektroda. Electron bebas akan bermunculan akibat *electric field* dan mendapatkan energi yang cukup untuk mengionisasi atom argon. Tekanan atau densitas gas tidak boleh terlalu rendah karena akan mengakibatkan electron bebas tersebut menyerang anoda sehingga tidak terjadi tumbukan fasa gas antara elektron dengan gas atom. Sebaliknya, ketika tekanan atau densitas gas terlalu besar, elektron tidak akan mendapatkan energi yang cukup untuk menyerang gas atom, sehingga tidak akan terjadi ionisasi. Selanjutnya, ion positive (Ar^+) yang merupakan hasil dari penyerangan electron bebas terhadap gas argon, menyerang katoda (material target) sehingga melepas atom netral melalui transfer momentum. Atom tersebut akan melewati area *discharge* dan terdeposit pada anoda (substrat). Selain atom netral yang terdeposit pada substrat, spesies yang mengandung ion negative akibat *electric field* juga akan memborbardir dan berinteraksi dengan permukaan pada substrat atau *growth film*.

Banyak modifikasi yang telah dilakukan untuk meningkatkan proses deposisi sehingga menghasilkan proses modifikasi PVD yang berbeda. Seperti, area magnetic telah ditambahkan kedalam proses PVD untuk meningkatkan *Residence time* dari *growth species* pada fasa uap, metode proses PVD ini bisa disebut *magnetron sputtering*. Gas reaktif juga dapat ditambahkan dalam *deposition chamber* untuk membentuk lapisan *compound*, metode ini biasa disebut *reactive sputtering*.

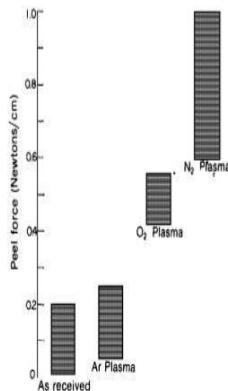


Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS



Gambar 2. 2 Mesin Physical Vapour Deposition, Sputtering (Caog,2004)

Gambar 2.4 menunjukkan peningkatan kekuatan adhesi pada silver yang terdeposit di polyethylene (PE) dalam keadaan vakum. Terlihat bahwa plasma Argon memberikan sedikit atau bahkan tidak sama sekali pada kekuatan adhesi, sebaliknya, plasma Nitrogen dapat meningkatkan kekuatan adhesi antara material pelapis dan substrat. (Gerenser, 1988)



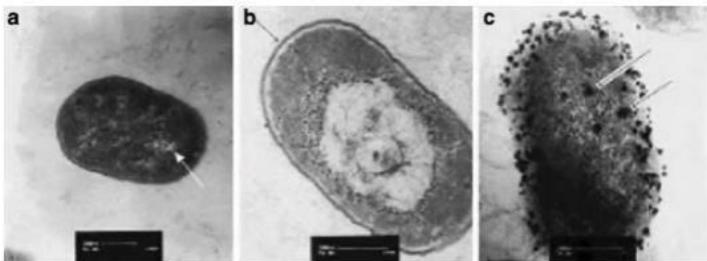
Gambar 2. 3 Perbandingan kekuatan adhesi dengan variasi plasma.(Gerenser, 1988)

BAB II PENDAHULUAN

Untuk mendapatkan atau memvariasikan komposisi dari lapisan maka dapat digunakan target dengan komposisi tertentu dengan cara pengecoran untuk mendapatkan komposisi yang homogeny. Metode kedua yaitu dengan cara membuat rasio luas permukaan disesuaikan dengan komposisi yang diharapkan, metode ini sudah dilakukan pada eksperimen Liu, dkk (2010) untuk mendeposisikan material Ag dan Cu dengan metode mozaik. Contoh variasi yang ingin dilakukan adalah seperti paduan Ag/Cu dengan rasio 70/30, maka dalam prose ini menggunakan material murni 99,99 % Ag dan 99,99 % Cu dengan rasio luas permukaan yang terekspose plasma 70/30.

2.5. Mekanisme Inhibisi Ion *Antimicrobial* Interaksi dengan DNA

DNA mempunyai fungsi yang signifikan pada proses reproduksi sel. Kerusakan pada DNA ini akan mengakibatkan terjadinya mutase atau meninggalnya sebuah organisme. Beberapa peneliti telah mendokumentasikan hubungan antara ion Ag dendan DNA seperti gambar 2.5.



Gambar 2. 4 Perbandingan morfologi antara E.Coli yang ditreatment dan yang tidak ditreatment dengan ion Ag (a) tidak ditreatment (b) mekanisme mempertahankan diri dengan memproteksi DNA (c) tahap akhir kematian sel E.coli (Feng dkk, 2000).



Feng dkk (2000) meneliti mekanisme dari antibacterial Ag^+ dengan perlakuan pada bakteri E.Coli dan B. Aureus dengan larutan AgNO_3 . Gambar 2.5. merupakan gambar TEM dari Bbakteria E.Coli yang telah mengalami perlakuan dibandingkan dengan yang tidak mengalami perlakuan. Pada Gambar 2.3 (a). menunjukkan area sinar electron terdistribusi dan sebaliknya granular electron-dense tampak disekitar daerah electron-light (Gambar 2.5.(b) dan (c)). Yang dkk (2009) melakukan penelitian untuk membuktikan asumsi bahwa ion Ag menyebabkan naiknya frekuensi mutase dari microorganism. Penelitian ini menggunakan silver nanopowder, silver-cooper nanopowder dan cooloidal silver. Metode in vivo E.Coli dan polymerase chain reaction (PCR) digunakan dan dibandingkan hasilnya. Hasil in vivo E.Coli menunjukkan frekuensi mutase empat kali lebih rendah dari in vitro.

Mekanisme Inhibisi Ion Ag^+

Walaupun perak (Ag) merupakan agen *antimicrobial* yang biasa diketahui karena memiliki aktivitas *antimicrobial* yang tinggi, mekanisme dari aktivitas ini belum dimengerti secara sempurna. Tetapi telah diteliti bahwa mekanisme dari aktivitas *antimicrobial* Ag bisa dilakukan dengan :

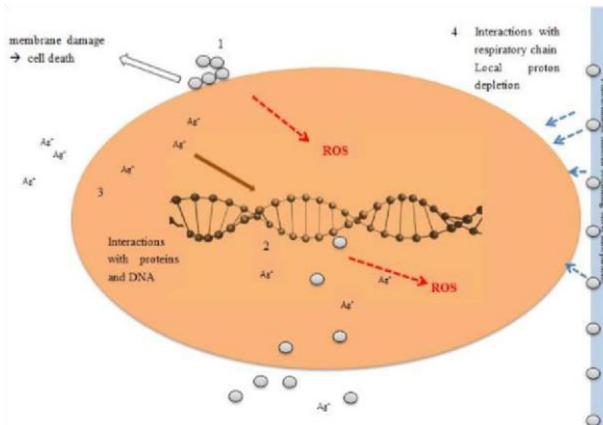
1. Pelepasan ion Ag^+
2. Interaksi bakteri dengan Ag *Nanoparticle*
3. Pembentukan *Reactive Oxygen Species* (ROS)

Ion Ag^+ mampu melakukan penetrasi kedalam bakteri dan menyebabkan bakteri tersebut pecah (*lysis*). Ag *Nanoparticle* dapat memberikan pengaruh *antimicrobial* yang lebih efektif karena memiliki permukaan yang jauh lebih luas, sehingga mudah untuk ter-ionisasi. Ag *Nanoparticle* dapat berinteraksi langsung dengan bakteri, sehingga menyebabkan bakteri tersebut mati. ROS dapat dibentuk di dalam dan di luar cell dan merupakan produk sampingan dari metabolisme bakteri. Induksi dari pembentukan



ROS dapat membentuk radikal yang sangat aktif yang dapat merusak mikroorganisme, meningkatkan kerusakan sel atau disfungsi sel. Perak mampu membentuk ROS, terutama perak yang mengandung *Superoxide* (O_2^-), *Hydroxyl radicals* (OH), *singlet oxygen* (1O_2) dan H_2O_2 . (Rebelo, 2016)

Mekanisme inhibisi ion perak dengan *Ag nanoparticle* dapat dilihat pada gambar 2.5. Awalnya, terjadi penempelan *Ag Nanoparticle* pada permukaan bakteri, mengubah properties dari permukaan bakteri. Lalu *Ag Nanoparticle* memasuki sel bakteri, sehingga terjadi kerusakan pada DNA. Kelarutan *Ag Nanoparticle* melepas ion Ag^+ dimana ion tersebut akan berinteraksi dengan protein yang mengandung sulfur pada dinding sel. Hal ini dapat merusak fungsi sel bakteri tersebut. Keberadaan Ag^+ pada sel bakteri juga dapat mengganggu proses respirasi (perpindahan proton dari dalam ke luar bakteri). Pembentukan ATP akan terjadi ketika proton memasuki sel, sehingga gradien elektrokimia adalah hal yang esensial pada sintesis ATP bakteri. Ketika proses ini terganggu, akan menyebabkan kematian pada sel. (Reidy, 2013)



Gambar 2. 5 Mekanisme inhibisi ion Ag^+ pada sel bakteri. (Reidy, 2013)

2.6. Aktivasi agen *antimicrobial* pada Lapisan Tipis

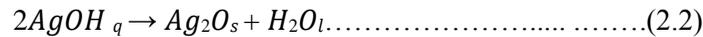
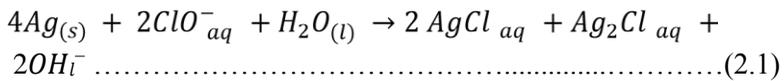
Mekanisme aktivitas *antimicrobial* pada material *antimicrobial* seperti perak dan tembaga belum diteliti secara menyeluruh, namun sudah dapat dipastikan bahwa ion berperan penting pada aktivitas *antimicrobial*. Ion ini akan melekat pada molekul biologi (Protein, DNA, RNA), dan akan merusak fungsi mereka. (Feng, dkk. 2000). Ion *antimicrobial* seperti perak juga akan menghasilkan *Reactive Oxygen Species* (ROS), yang beracun untuk sel bakteri (Lalueza, dkk. 2011). Untuk melihat aktivitas *antimicrobial* pada material tersebut, dibutuhkan ionisasi perak karena unsur metallik perak yang terkandung didalam lapisan bukan zat kimia aktif dan memiliki kemampuan *dissolution* yang rendah dalam media biologi. (Sambhy, dkk. 2006)

Sodium Hypchlorite (NaClO) merupakan agen sterilisasi yang banyak digunakan, seperti purifikasi air, *metal disinfection*, dan sterilisasi luka. (Quin, dkk. 2002). Pada penelitian Ferreri,

BAB II PENDAHULUAN



dkk. 2014, dilakukan aktivisasi ion perak (Ag) dengan menggunakan NaClO sebanyak 5%. Pada penelitian ini, menghasilkan reaksi kimia antara perak dan *sodium hypochlorite* seperti pada persamaan 2.1. Aktivasi dan ionisasi perak menggunakan komponen oksidasi, sehingga menghasilkan reaksi seperti pada persamaan 2.2 (pembentukan *Silver Oxide* dari *Silver Hydroxide*) dan 2.3 (Pembentukan Ag^+ dari *Silver Oxide*). Penelitian ini menunjukkan terbentuknya oksidasi nano silver yang mana akan menghambat atau memperlambat pertumbuhan bakteri. Penelitian ini juga membuktikan bahwa tidak ada ikatan Ag-Cl yang terbentuk, dan hanya membentuk ikatan Ag-O.



Sodium hypochlorite (NaOCl) termasuk *oksidiser* yang kuat (Bloomfield, 1996), maka larutan ini dapat mengoksidasi tembaga (Cu). *Cupric Oxide* (CuO) akan terbentuk pada permukaan tembaga karena reaksi atom Cu dengan *Oxidizing Agent*. Permukaan tembaga yang berubah warnanya (menjadi lebih gelap) adalah salah satu ciri terjadinya oksidasi pada tembaga tersebut. (Kopeliovich, 2013). Kemampuan *antimicrobial* pada *Metal Oxide* seperti CuO akan dijelaskan pada subbab berikutnya.

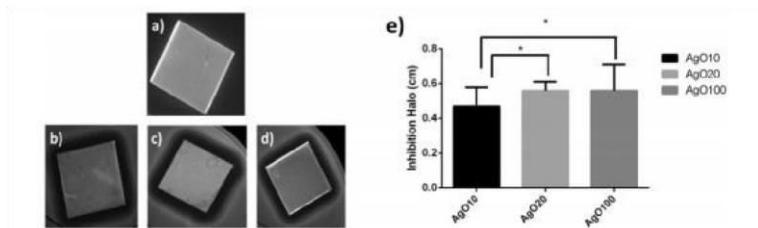
2.7. Efek Penambahan Oksigen pada Sifat *Antimicrobial* Lapisan Tipis

Pada penelitian Rebelo, 2016, terlihat bahwa penambahan konten Oksigen pada lapisan tipis berpengaruh pada sifat *Antimicrobial*-nya. Pada penelitian ini, Rebelo menggunakan lapisan tipis perak (Ag). Laju aliran Oksigen yang diberikan pada



proses PVD untuk meningkatkan kadar Oksigen pada lapisan tipis Ag tersebut, sehingga dihasilkan produk AgO_x .

Pada penelitian Rebelo dkk 2016, perbedaan kemampuan pelepasan ion Ag^+ pada Ag dan AgO_x berbeda. *Halo Inhibition test* ditunjukkan pada gambar 2.7. terlihat bahwa penambahan Oksigen pada lapisan tipis dapat meningkatkan aktivasi ion Ag^+ .



Gambar 2. 6 Perbedaan Halo Inhibition pada masing-masing sampel, a) Ag , b) AgO10, c)AgO20 d)AgO100, e) Grafik perbedaan Halo Inhibition. (Rebelo, 2016)

2.8. Metoda Kirby-Bauer : disk diffusion test

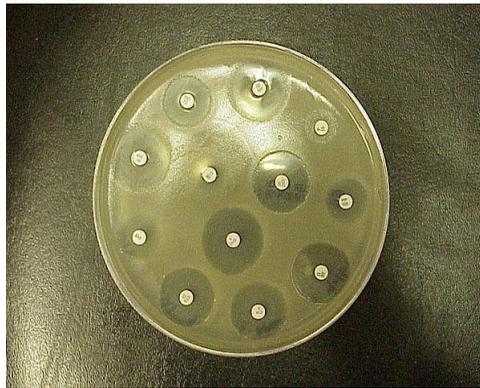
Tes kerentanan *antimicrobial* (*Antimicrobial Susceptibility Testing – AST*) adalah uji yang penting dilakukan oleh laboratorium klinik mikrobiologi. Hal ini disebabkan karena pemilihan obat antimicrobial untuk pasien dan juga untuk pengecekan *epidemiological*. walaupun banyak cara yang dapat dilakukan untuk tes kerentanan *antimicrobial*, metode Kirby-Bauer atau biasa disebut disk diffusion test merupakan tes yang paling banyak dilakukan (Felmingham dan Brown, 2001). Metode ini merupakan metode yang rendah biaya, tinggi reproduksi, dan kombinasi obat yang dapat diubah dengan mudah. (Berke dan Tierno, 1996). (Endang dkk, 2008)

Disk Diffusion test menggunakan cawan yang telah diberikan bakteri, lalu kepingan yang ingin diuji sifat *antimicrobial*-nya diletakkan di cawan tersebut dan ditunggu

BAB II PENDAHULUAN



beberapa waktu. Jika bakteri tersebut rentan terhadap zat yang diuji, maka terdapat area yang jernih dimana bakteri tidak dapat tumbuh di area tersebut. Area ini disebut sebagai *Zone of Inhibition* atau zona inhibisi. Semakin luas zona inhibisi sekitar material uji menunjukkan bakteri lebih sensitif terhadap material uji tersebut. Gambar 2.8. menunjukkan contoh disk diffusion test (Boundless, 2016).



Gambar 2. 7 Disk diffusion test. (Boundless, 2016)

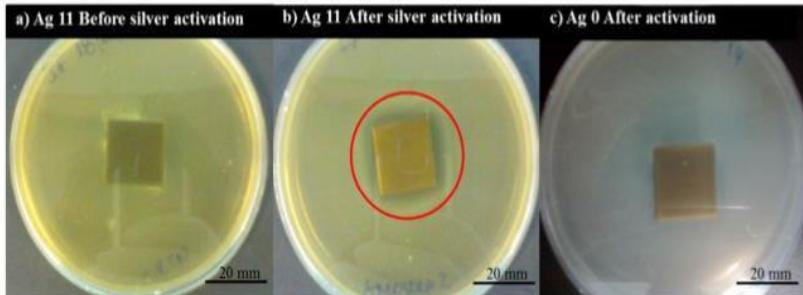
2.9. State of the Art

Penelitian Ferreri dkk, 2014, melakukan penelitian untuk aktivasi ion perak (Ag^+) yang memiliki sifat *antimicrobial* pada lapisan tipis Ag-ZrCN. pada penelitian tersebut, digunakan teknologi PVD untuk deposisi lapisan tipis. Hasil lapisan tipis tersebut lalu diaktivasi ion perak-nya agar mampu menunjukkan sifat *antimicrobial*nya terhadap bakteri. Aktivasi ion perak dilakukan dengan menggunakan larutan NaClO 5%. Sebelum dilakukan proses aktivasi dengan NaClO, material uji disterilkan dengan Autoclave dengan temperatur $121^{\circ}C$ selama 15 menit. Setelah diberikan larutan NaClO 5%, lapisan tipis dibersihkan dengan *Aquades*, dan dikeringkan dengan udara yang steril. Perbedaan antara lapisan tipis Ag yang diberikan NaClO dan yang



tidak dapat dilihat pada gambar 2.9, terlihat bahwa lapisan tipis yang telah aktif ion peraknya menunjukkan area inhibisi atau area bening dimana area tersebut tidak mengandung bakteri sama sekali, dan hal ini menjelaskan bahwa Lapisan Tipis Ag perlu dilakukan proses aktivasi agar dapat terlihat area inhibisi-nya.

Penelitian Ruoyun Wang dkk, 2017, dilakukan Lapisan berpori Zn-doped ZrO_2 / TiO_2 ($Zn-ZrO_2 / TiO_2$) disiapkan pada permukaan titanium alloy (Ti6Al4V) oleh pendekatan hibrida magnetron sputtering dan mikro-arc oxidation (MAO). Mikrostruktur, konstituen fase dan unsur unsur pelapis diselidiki dengan pemindaian mikroskop elektron (SEM) yang dilengkapi dengan spektroskopi dispersif energi (EDS), difraksi sinar-X (XRD), dan spektroskopi fotoelektron sinar-X (XPS). Hasilnya menunjukkan bahwa lapisan $Zn-ZrO_2 / TiO_2$ bersifat porous dan ketebalannya kira-kira 13 μm . Fase utama dalam lapisan oksidasi adalah tetragonal ZrO_2 (t- ZrO_2), kubik ZrO_2 (c- ZrO_2) dan rutil TiO_2 . Hasil XPS menunjukkan bahwa Zn ada sebagai ZnO di lapisan $Zn-ZrO_2 / TiO_2$. Eksperimen biologis menunjukkan pelapis $Zn-ZrO_2 / TiO_2$ tidak hanya menunjukkan sifat antibakteri yang sangat baik terhadap Gram positif *Staphylococcus aureus* (S. aureus), tetapi juga sitokompatibilitas yang menguntungkan. Selain itu, ketahanan korosi pada lapisan juga lumayan ditingkatkan dalam cairan tubuh simulasi (SBF), yang dapat menjamin biokompatibilitas lebih baik dalam cairan tubuh. Jika dilihat dari seluruh penelitian sebelumnya, penelitian dengan melakukan variasi pengaruh perbandingan luas area target Ag-Cu dan tekanan gas Nitrogen pada proses *Physical Vapour Deposition* yang akan mempengaruhi kemampuan sifat *anti microbial* menjadi hal yang menarik untuk dilakukan. Dan hasil ditunjukkan pada gambar 2.10 dibawah ini.



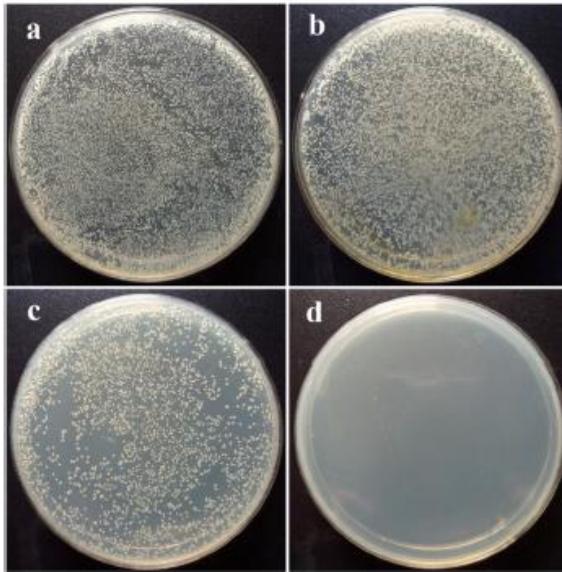
Gambar 2. 8 Aktivasi dengan NaClO , (a) sebelum (b) setelah (c) lapisan tanpa Ag setelah aktivasi. (Ferreri, dkk. 2014)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Maulana, dkk, 2016, digunakan logam Ag dan material Antimicrobial yang lain (Cu) untuk dijadikan material target pada proses pembentukan lapisan tipis dengan metode Physical Vapour Deposition (PVD). Metode Mozaik telah digunakan untuk menggabungkan kedua material tersebut agar dapat terdeposisi ke substrat menjadi lapisan tipis. Variasi perbandingan luas area target Ag:Cu (60:40, 70:30, 80:20) dan variasi penambahan gas Nitrogen ($0,5 \times 10^{-2}$ mbar, 1×10^{-2} mbar, $1,5 \times 10^{-2}$ mbar) dilakukann untuk menganalisis pengaruhnya terhadap sifat antimicrobial lapisan tipis Ag-Cu. SEM-EDX, XRD, AFM, kekuatan adhesi, dan kemampuan antimicrobial. Hasil yang didapat adalah Meningkatnya tekanan gas Nitrogen menyebabkan kekasaran pada lapisan tipis menurun. Kekasaran permukaan mempengaruhi wettability pada lapisan tipis AgCu. Kemampuan antimicrobial paling baik didapatkan dengan penambahan tekanan gas Nitrogen optimal (1×10^{-2} mbar) pada proses PVD.

Jika dilihat dari penelitian diatas, penelitian dengan melakukan pelapisan menggunakan Ag dan menambahkan variasi tekanan nitrogen pada proses *Physical Vapour Deposition* (PVD)



akan mempengaruhi sifat *anti microbial* sehingga menarik untuk dilakukan.



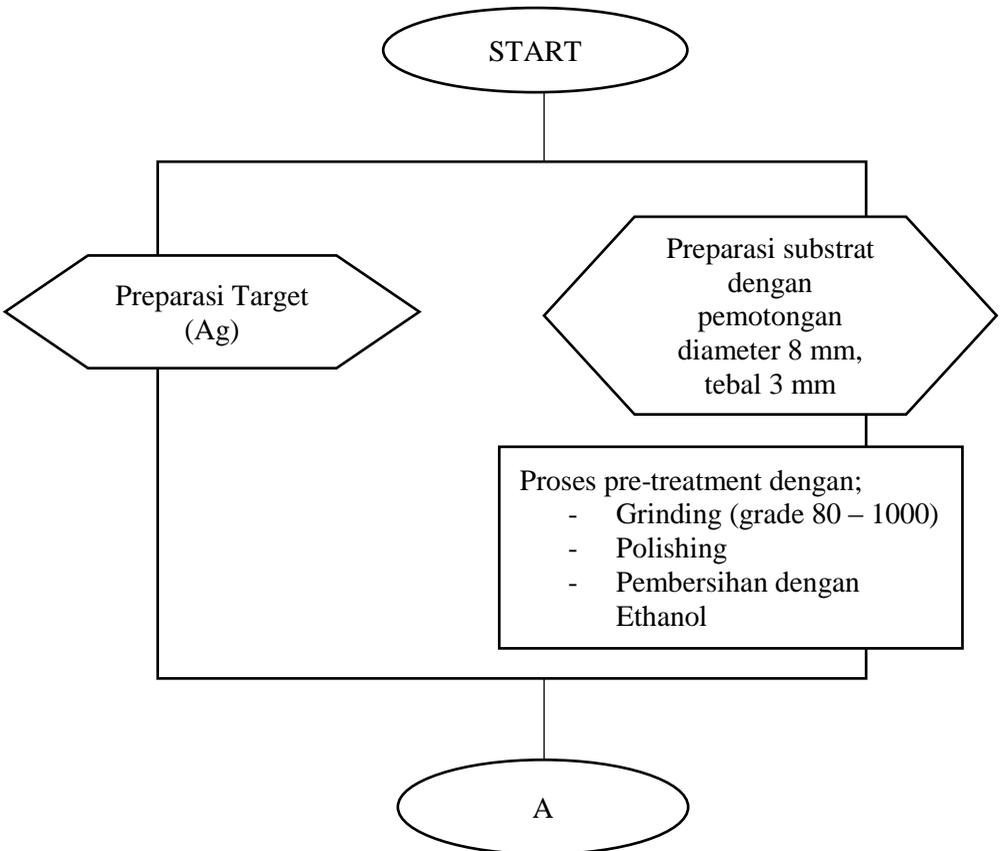
Gambar 2. 9 Hasil kuantitatif koloni *S. aureus* diinkubasi pada suhu 37 ° C selama 24 jam pada permukaan sampel. (a) Ti6Al4V, (b) TiO₂, (c) ZrO₂ / TiO₂, (d) Zn-ZrO₂ / TiO₂ (Wang, dkk, 2017)

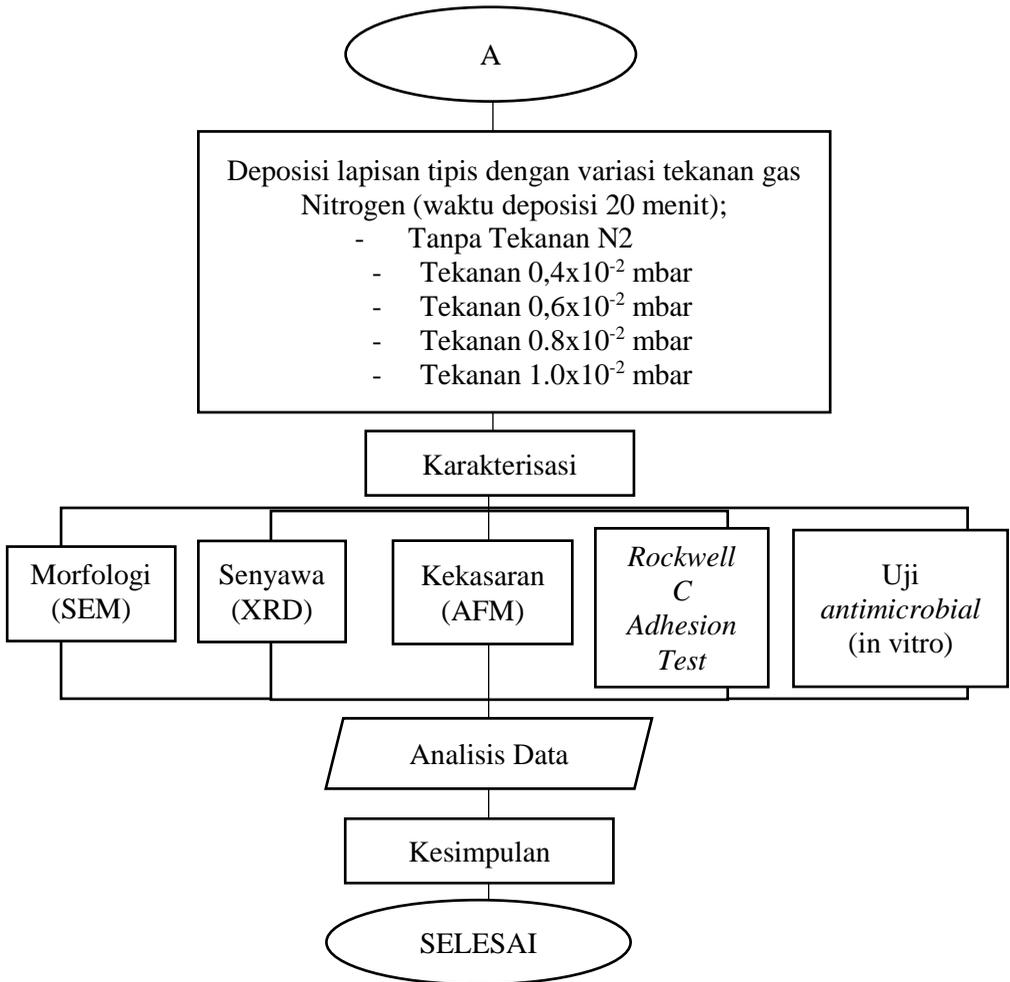


BAB III METODOLOGI PERCOBAAN

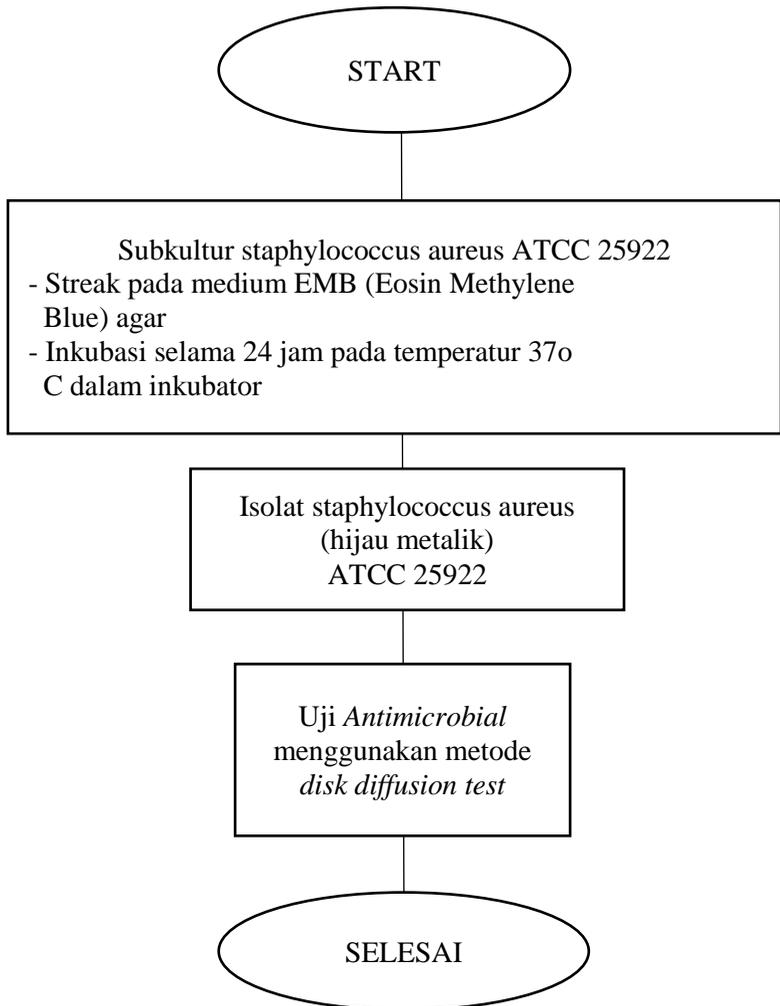
3.1. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir untuk penelitian Analisis Pengaruh Variasi Tekanan gas Nitrogen Pada Lapisan Tipis Ag Substrat Ti-6Al-4V Terhadap Sifat *Anti-Bacterial* dengan Proses PVD Rf *Sputtering*:





Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir



Gambar 3. 2 Diagram Alir Subkultural Bakteri dan Pengujian Anti-microbial



3.2. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dengan waktu deposisi 20 menit ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3. 1 Rancangan penelitian tugas akhir

No	Tekanan N ₂ (mbar) (x10 ⁻²)	Waktu Deposisi (menit)	Pengujian					
			SEM	EDX	XRD	Adhesion test	Microbial test	AFM
1	0	20	Y	Y	Y	Y	Y	Y
2	0.4	20	Y	Y	Y	Y	Y	Y
3	0.6	20	Y	Y	Y	Y	Y	Y
4	0.8	20	Y	Y	Y	Y	Y	Y
5	1.0	20	Y	Y	Y	Y	Y	Y

3.3. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dimulai dengan melakukan pengumpulan sumber yang didapat dari buku, jurnal, diktat dan lain-lain. Studi pustaka dilakukan agar penelitian dapat sumber referensi ataupun sebagai acuan penelitian yang akan dilakukan

Setelah didapat beberapa acuan, dilakukan persiapan alat dan bahan penelitian dengan mempertimbangkan metode yang digunakan, yaitu *Physical Vapour Deposition – RF Sputtering*. Substrat berupa Ti-6Al-4V *bar* berdiameter 8mm dipotong dengan ukuran ketebalan 3mm dengan *wire cut*. Setelah didapat ukuran yang diinginkan, dilakukan pengamplasan pada substrat dengan menggunakan kertas amplas *grade 80 – 1200*. Setelah itu dilakukan *polishing* dengan autosol pada permukaan substrat yang akan dilakukan pelapisan. Sebelum dipasang pada alat *PVD – RF Sputtering*, permukaan substrat dioles dengan *ethanol (75%)* untuk menghilangkan sisa-sisa kotoran yang menempel pada substrat. Target berupa Perak (Ag) berupa pelat (99%) cukup dioles dengan *ethanol* sebelum dipasang pada alat *PVD – RF Sputtering*.

BAB III METODOLOGI PERCOBAAN



Setelah semua alat siap, maka selanjutnya dilakukan proses deposisi lapisan tipis Ag dengan metode *PVD – RF sputtering* yang berasal dari material target Ag 99,99 %. Proses pertama yang dilakukan ialah memastikan chamber tertutup rapat sebelum melakukan proses vakum. Setelah didapat tekanan chamber $2.4 - 2.7 \times 10^{-2}$ mbar, nyalakan alat *RF Sputtering*. Mengatur awal daya sebesar 20 W dan voltase *DC-BIAS* sebesar 200 V. Setelah itu buka tabung dan katup gas argon (Ar) dan atur hingga tekanan pada chamber sebesar 2.5×10^{-2} mbar. Secara perlahan tambahkan daya dan voltase hingga 70-85 W dan 800 V, karena pada voltase sebesar 800 V material target mulai bisa terjadi proses deposisi. Selama proses tersebut, REFP (*Reflected Power P_r*) atau daya yang dikembalikan harus dijaga supaya dibawah 0 agar hasil deposisi maksimal. Proses juga ditambahkan dengan melakukan variasi campuran gas nitrogen 0.4×10^{-2} mbar, 0.6×10^{-2} mbar, 0.8×10^{-2} mbar, 1.0×10^{-2} mbar.

Sampel yang telah terdeposisi dengan Ag dilanjutkan dengan melakukan pengujian anti *Microbial*, sebelum melakukan pengujian, disiapkan dahulu alat uji dan bahan uji seperti bakteri *staphylococcus aureus*. Melakukan tes anti *Microbial* pada sampel dengan meletakkan sampel pada cawan yang sudah diberikan bakteri *staphylococcus aureus*. Melakukan preparasi sampel berupa mensterilkan bahan uji (Titanium dengan lapisan tipis Ag) dengan autoclave pada temperatur 121° C selama 15 menit, lalu direndam pada larutan NaClO 5% selama 5 menit untuk membuat mengaktifkan sifat anti *Microbial*. Setelah itu mengeringkan bahan uji dengan cara dianginkan.

Selain melakukan uji anti *Microbial*, juga dilakukan beberapa pengujian lainnya seperti uji SEM-EDX untuk mengetahui morfologi dan komposisi lapisan tipis Ag; uji XRD untuk mengetahui senyawa yang terdapat pada lapisan tipis Ag; dan uji *Hardness* untuk mengetahui nilai kekerasan dari lapisan tipis Ag.



Setelah semua uji telah dilakukan, selanjutnya ialah menganalisis hasil pengujian dan memberikan pembahasan. Terakhir membuat kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan.

3.4 Karakterisasi

3.4.1. Scanning Electron Microscopy (SEM) & Energy Dispersive X-ray (EDX)

Pengujian SEM-EDX dilakukan di Departemen Teknik Material ITS menggunakan instrument Scanning Electron Microscopy (SEM) tipe FEI INSPECT 550 dan dengan tujuan mengetahui topografi permukaan. Perbesaran yang digunakan pada pengujian ini 30 x hingga 10.000 x

3.4.2. X-Ray Diffraction (XRD)

Pengujian XRD dilakukan di Departemen Teknik Material ITS dengan tujuan untuk mengidentifikasi senyawa yang terbentuk pada Ag akibat paduan unsur Cu. XRD X'Pert Pro TYPE: PW3040/60 S.N : DY 3574 digunakan pada penelitian ini. Setelah mendapatkan grafik dari serangkaian pengujian menggunakan XRD maka selanjutnya akan diidentifikasi dengan bantuan software dan data base *Joint Committee on Powder Diffraction Standards* (JCPDS) untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada material paduan. Sudut parameter yang digunakan adalah $(0-90)^\circ 2\theta$

3.4.3. Adhesion Test.

Pengujian untuk mengetahui kekuatan adhesi lapisan tipis dapat dilakukan secara kualitatif oleh *Rockwell-C Adhesion Test*. Pengujian ini



dikembangkan di Jerman, memiliki standard VDI *Guidelines 3198*, (1991) dan kemungkinan akan menjadi standard DIN dalam waktu dekat. (Jehn dkk, 1993). Setelah melakukan indentasi, dilakukan pengamatan dan analisa kerusakan pada lapisan tipis menggunakan pengamatan visual melalui mikroskop optik Olympus BX51M-RF. hasil pengamatan visual dibandingkan dengan gambar 3.4. HF 1 – HF 4 merupakan hasil kekuatan adhesi yang baik, sedangkan HF 5 – HF 6 merupakan hasil kekuatan adhesi yang kurang baik. Force yang digunakan dalam pengujian ini adalah 5-100 N. Pengujian ini dilakukan di laboratorium Metalurgi, Departemen Teknik Material FTI-ITS.

3.4.4. Pengujian kemampuan *antimicrobial*

Pengujian ini bertujuan untuk melihat kemampuan anti *Microbial* dari material yang dihasilkan. Pengukuran area bening atau area yang tidak terkontaminasi oleh bakteri di sekitar sampel menjadi perhitungan kuantitatif untuk mengukur kemampuan anti *Microbial* dari sampel. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur manual, setelah itu dibandingkan hasil luas yang dihasilkan dengan sampel lain. Pengujian ini dilakukan di Departemen Biologi FMIPA ITS.



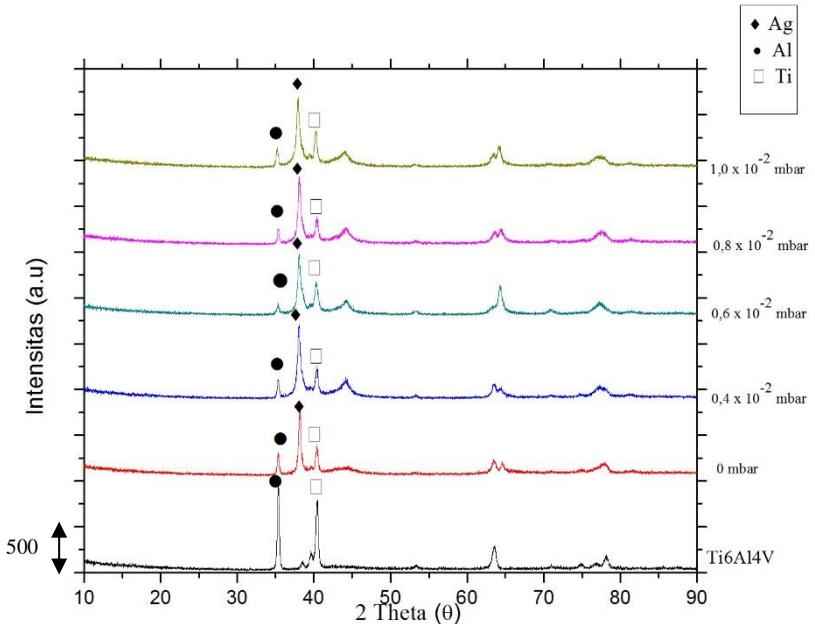
(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1.1 Analisa Senyawa

Untuk mengetahui senyawa yang terbentuk pada lapisan tipis Ag, dilakukan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD). Hasil pengujian bisa dilihat pada gambar 4.1. Pada grafik tersebut, bisa dilihat hasil XRD substrat dan lapisan tipis Ag.



Gambar 4. 1 Perbandingan hasil XRD tiap sampel dengan tekanan Nitrogen yang berbeda.



Pada hasil XRD substrat Ti6Al4V tidak ditemukan adanya senyawa Ag sedangkan pada hasil XRD substrat Ti6Al4V yang telah dideposisikan tanpa tekanan gas nitrogen ditemukan senyawa Ag yang ditunjukkan pada peak 2 theta 39°, begitu juga dengan hasil XRD dengan penambahan tekanan gas nitrogen yang lainnya. Ini membuktikan bahwa senyawa Ag berhasil terdesposisi pada substrat Ti6Al4V dengan menggunakan metode *Physical Vapour Deposition* (PVD)

Pada hasil XRD tanpa pemberian tekanan gas nitrogen, ditemukan 3 peak, yaitu pada 2θ 34°, 39°, 41°. Analisa hasil XRD menggunakan JCPDS, untuk 2θ 34°, 39°, 41°, secara berurutan adalah FCC Al (131), FCC Ag (111), FCC Ti (101) (JCPDS 04-0829). Untuk substrat yang dipakai adalah Ti6Al4V, tidak ditemukan adanya Vanadium dikarenakan komposisi dari vanadium yang terlalu kecil dan tidak memiliki intensitas yang tinggi.

Hasil uji XRD pada sampel yang diberikan variasi tekanan gas nitrogen tidak berbeda jauh dengan hasil uji XRD yang tidak diberikan variasi tekanan gas nitrogen. Hasil pengaruh variasi dari tekanan gas nitrogen bisa dilihat pada gambar 4.1.

Peak Ag (111) pada seluruh sampel memiliki lebar peak yang lancip., lebar peak yang lancip ini menunjukkan pembentukan kristal Ag pada lapisan tipis ini sempurna. Sehingga Ag yang terbentuk berupa *crystalline*. Pada penelitian ravi, dkk, 2016, dijelaskan bahwa penambahan tekanan gas nitrogen tidak mempengaruhi pembentukan senyawa Ag secara signifikan. Seiring dengan bertambahnya tekanan nitrogen ukuran dari Kristal Ag semakin kecil dan semakin halus. Dibandingkan dengan material yang tidak diberikan tekanan gas nitrogen. Tekanan nitrogen juga menurunkan sedikit intensitas dari pembentukan senyawa Ag dikarenakan Kristal yang terbentuk semakin kecil dan semakin halus. Tetapi pada dasarnya tekanan nitrogen pada

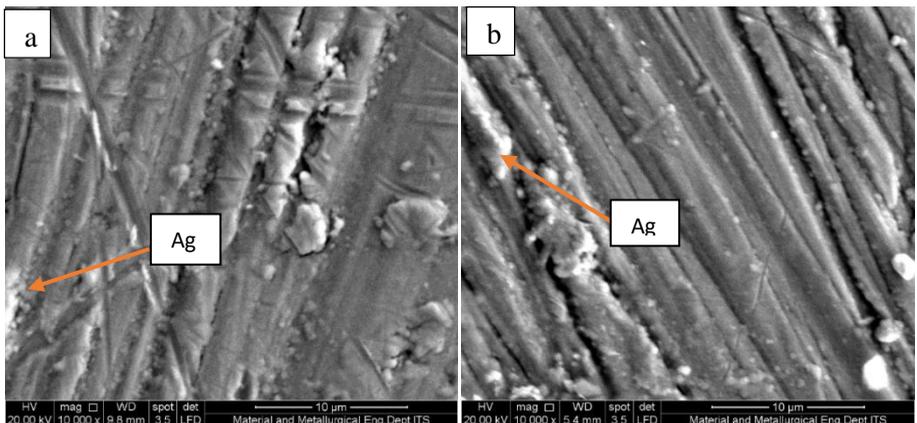
BAB IV HASIL DAN ANALISA

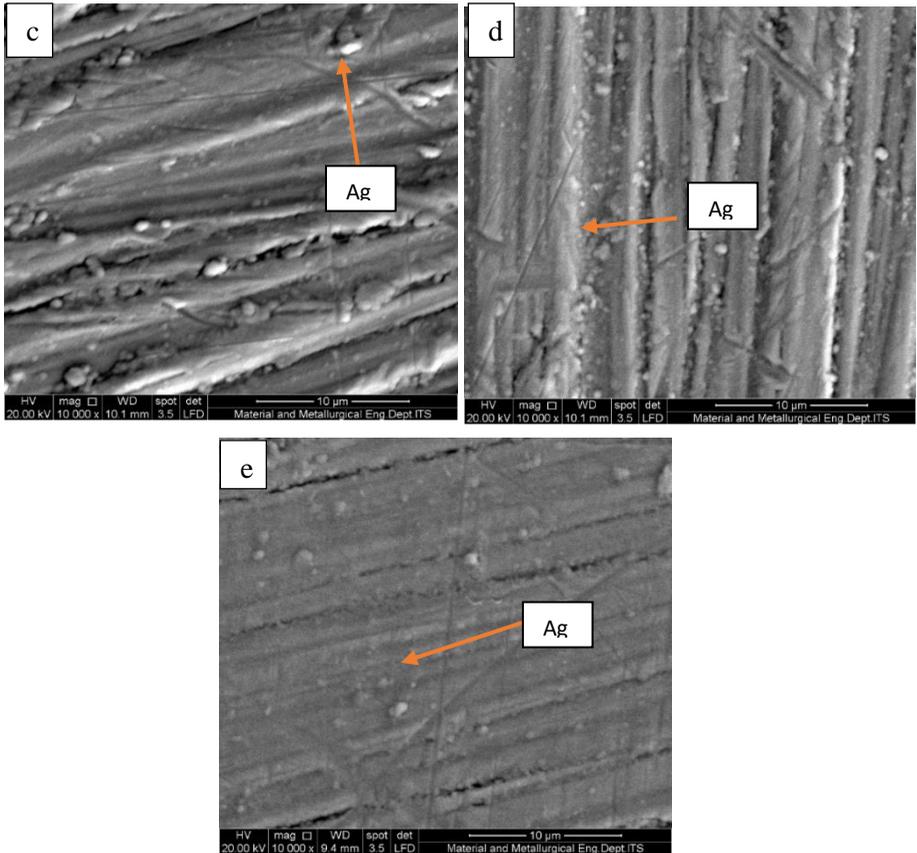
dasarnya diberikan untuk mengurangi kekasaran pada lapisan tipis Ag tanpa merubah senyawa yang terbentuk.

Jadi bisa dilihat bahwa grafik XRD seluruh sampel yang diberikan gas nitrogen maupun yang tidak diberikan gas nitrogen menunjukkan karakteristik yang sama. Bisa dikatakan bahwa penambahan tekanan gas nitrogen pada proses PVD tidak mempengaruhi senyawa yang terbentuk pada substrat maupun material secara signifikan.

4.1.2 Analisa Morfologi

Untuk mengetahui morfologi dari lapisan tipis Ag maka dilakukan uji SEM (Spectroscopy Electron Microscop). Hasil dari uji SEM ini juga digunakan untuk mendukung hasil dari AFM dalam melihat kekasaran pada permukaan lapisan tipis secara visualisasi yang lebih nyata. Visualisasi dari kelima sampel bisa dilihat dari gambar 4.3 dengan perbesaran 10000x .





Gambar 4. 2 Hasil uji SEM pada lapisan tipis dengan variasi tekanan gas nitrogen (a) 0 mbar (b) $0,4 \times 10^{-3}$ mbar (c) $0,6 \times 10^{-3}$ mbar (d) $0,8 \times 10^{-3}$ mbar (e) $1,0 \times 10^{-3}$ mbar

BAB IV HASIL DAN ANALISA



Dari kelima gambar diatas sangat terlihat bahwa sampel lapisan tipis yang diberikan tekanan nitrogen paling besar menunjukkan kekasaran permukaan yang paling rendah. Sedangkan sampel lapisan tipis yang tidak diberikan tekanan gas nitrogen menunjukkan permukaan yang kasar, terlihat dari guratan guratan dan butiran butiran Ag yang menonjol dan tidak merata. Data diatas didapatkan bahwa penambahan tekanan gas nitrogen pada proses PVD bisa menurunkan kekasaran dari lapisan tipis. Hasil dari analisa morfologi juga membuktikan bahwa Kristal dari Ag yang terbentuk semakin kecil dan halus seiring dengan bertambahnya tekanan gas nitrogen seperti yang sudah dibahas pada sub bab 4.1.1.

4.1.3 Analisa Kekasaran

Hasil uji kekasaran didapatkan dengan menggunakan *Atomic Force Microscopy* (AFM). Data hasil mean tinggi (S_a) dan tinggi maksimum (S_z) dapat dilihat pada Tabel 4.1. Kekasaran bisa dianalisa menggunakan S_a dan S_z , material akan lebih terlihat kasar ketika S_a dan S_z memiliki nilai yang lebih tinggi. S_a dan S_z adalah nilai yang didapatkan dari perluasan nilai mean kekasaran (R_a) dan tinggi maksimum kekasaran (R_z) (Olympus,2013).

Tabel 4. 1 Data AFM S_a dan S_z pada lapisan tipis Ag dengan tekanan Nitrogen

Sampel	S_a (nm)	S_z (nm)
0 mbar	6,21	91,5
$0,4 \times 10^{-2}$ mbar	5,25	95,7
$0,6 \times 10^{-2}$ mbar	5,15	93,6
$0,8 \times 10^{-2}$ mbar	3,82	90,7
$1,0 \times 10^{-2}$ mbar	2,99	69,0

Bisa dilihat dari hasil yang didapatkan bahwa kekasaran permukaan terhalus didapatkan pada tekanan nitrogen $1,0 \times 10^{-2}$



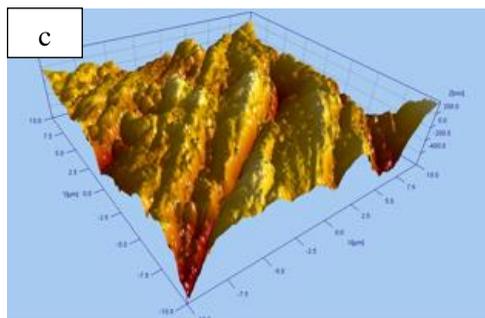
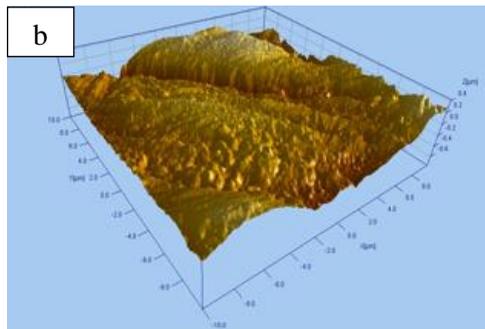
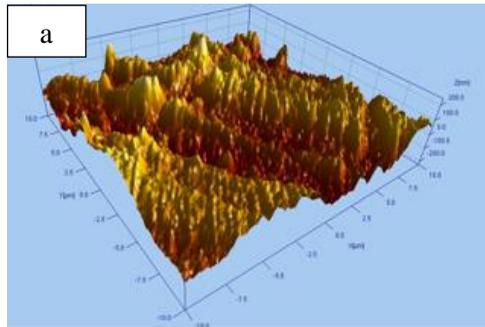
mbar. Bisa dilihat dari nilai S_a dan S_z yang didapatkan pada sampe yang diberikan tekanan nitrogen sebesar $1,0 \times 10^{-2}$ mbar. Sedangkan kekasaran paling tinggi didapatkan pada sampel yang tidak diberikan tekanan gas nitrogen.

Pada gambar 4.2 dibawah menunjukkan visualisasi kekasaran pada masing masing sampel yang didapat dari hasil uji AFM. Bisa dilihat bahwa permukaan yang paling kasar ditunjukkan pada sampel yang diberikan tekanan gas nitrogen sebesar $1,0 \times 10^{-2}$ mbar. Sedangkan sampel yang tidak diberikan tekanan nitrogen memiliki visualisasi kekasaran permukaan yang paling tinggi. Sehingga, seiring dengan meningkatnya tekanan gas nitrogen saat pembuatan sampel pada proses PVD akan membantu menurunkan kekasaran pada lapisan tipis Ag.

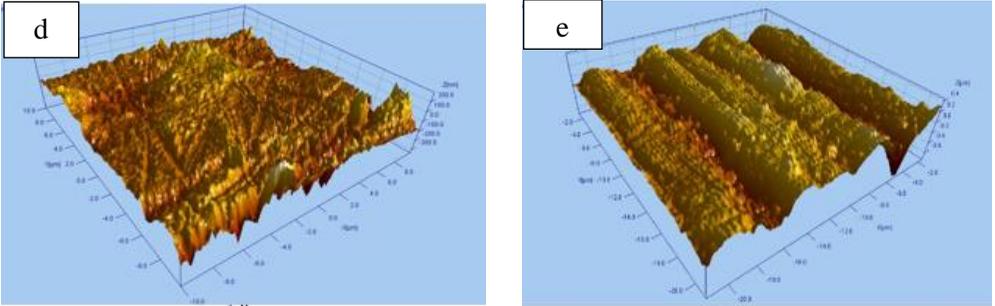
Pada penelitian Liang, dkk, 2015, disebutkan bahwa kekasaran suatu material mempengaruhi *wettability* dari lapisan tipis tersebut. Semakin halus permukaan dari lapisan tipis tersebut maka *wettability* dari lapisan tipis tersebut meningkat. Karena lapisan tipis dari sampel bereaksi dengan larutan NaClO maka dapat disimpulkan bahwa reaksi dari lapisan tipis semakin tinggi ketika permukaan lapisan tipis tersebut semakin halus dibandingkan pada permukaan yang kasar. Kekaksaran permukaan lapisan nantinya juga aka mempengaruhi hasil dari uji Anti Microbial.



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS



BAB IV HASIL DAN ANALISA



Gambar 4. 3 Perbandingan AFM- Topografi permukaan sampel tiap spesimen dengan variasi tekanan gas nitrogen; (a) 0 mbar (b) $0,4 \times 10^{-2}$ mbar (c) $0,6 \times 10^{-2}$ mbar (d) $0,8 \times 10^{-2}$ mbar (e) $1,0 \times 10^{-2}$ mbar

Pada penelitian Carlos, dkk, 2008, untuk penggunaan material pada implant gigi pun terdapat batasan kekasaran maximum atau biasa disebut *cell attachment*. Literatur (Albrektsson dan Wennerberg,2004b; Suzuki et al., 1997; GeisGerstorfer et al., 2004) Sa maximum untuk implant gigi bernilai 1.0 mikro meter. Sedangkan pada hasil AFM didapatkan SA pada lapisan tipis Ag bernilai 2,99 nm yang paling halus dan yang paling kasar 6,21nm. Jadi bisa dikatakan bahwa material ini layak untuk digunakan sebagai implant gigi.

4.1.4 Kekuatan Adhesi

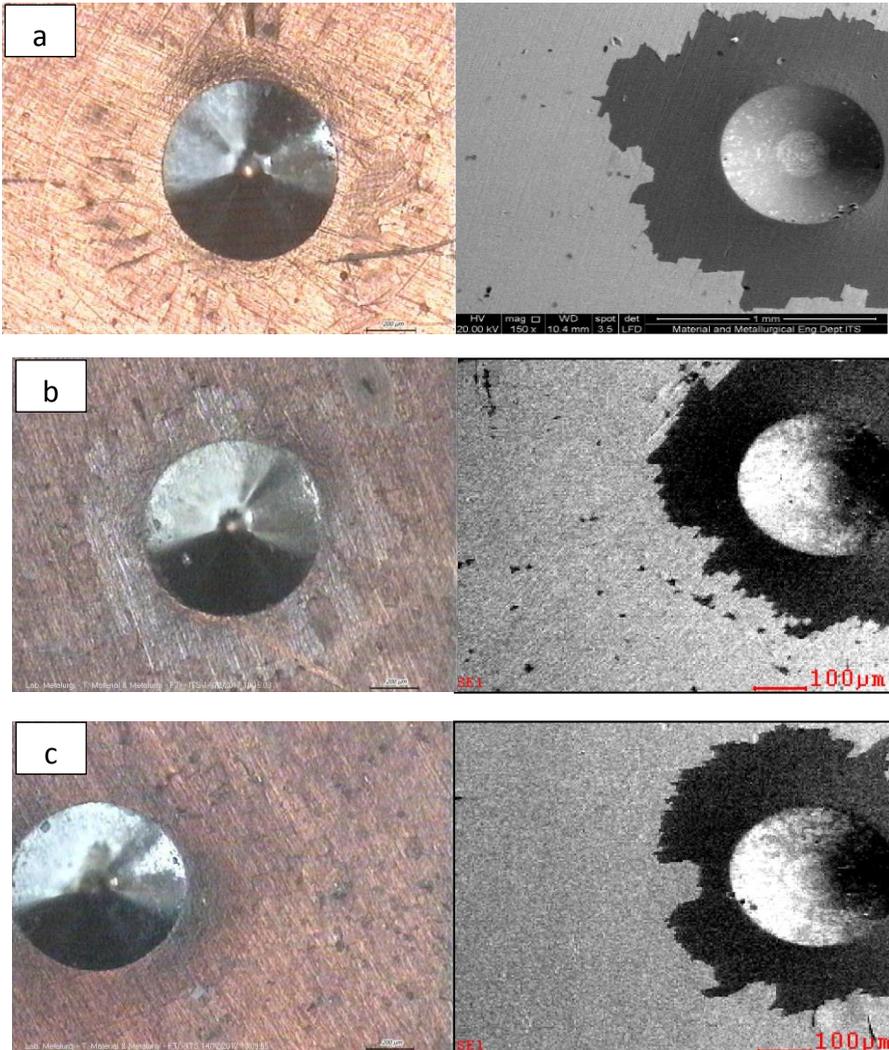
Hasil kemampuan Adhesi dilakukan secara kualitatif dengan menggunakan pendekatan *Rockwell -C Adhesion Test*. Pengujian ini dilakukan dengan merusak lapisan tipis hingga menyebabkan kegagalan secara kohesif dan adhesif (Heinke, dkk.1995). Hasil uji dibandingkan dengan standart yang telah dijelaskan pada bab III. Gambar 4.4 menunjukkan hasil dari test adhesi menggunakan mikroskop ooptik dengan perbesaran 5x. Gambar tersebut menunjukkan adhesi yang dihasilkan cukup

BAB IV HASIL DAN ANALISA

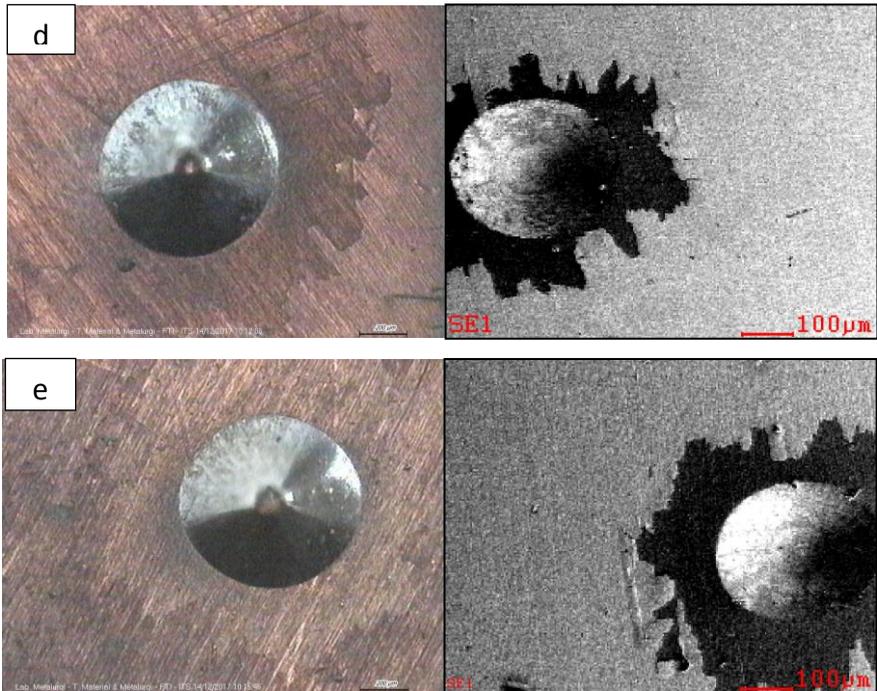


memuaskan, jika dikorelasikan dengan penelitian Heinke, dkk, 1995, maka kegagalan yang dibentuk menunjukkan kekuatan adhesi tingkat HF 5, dimana kekuatan adhesi yang tergolong HF 5 menunjukkan kekuatan adhesi yang tidak baik.

Pengaruh kekuatan adhesi dengan penambahan tekanan gas nitrogen sudah pernah dilakukan sebelumnya oleh (Yang, dkk, 2005). Pada penelitian tersebut, kemampuan adhesi meningkat ketika plasma N_2 digunakan untuk *pre-treatment* substrat. Perlakuan ini dapat menurunkan energi permukaan, meningkatkan kebersihan permukaan dan menurunkan kemungkinan adanya oksidasi pada permukaan. Dikarenakan adhesi padablapisan tipis dipengaruhi oleh bermacam *properties*, termasuk kekasaran dan kebersihan substrat, struktur lapisan tipis, dan sifat mekanik pada lapisan tipis. Sehingga, kekasaran dan *mechanical bonding* akan meningkat setelah *pre-treatment* oleh plasma N_2 . Hasil yang didapatkan menunjukkan adhesi lapisan tipis pada substrat meningkat seiring dengan meningkatnya waktu proses *pre-treatment* dengan plasma N_2 . Jadi bisa disimpulkan bahwa kemampuan *mechanical interlocking* antara target dan substrat meningkat, sehingga kekuatan adhesi pada coating juga meningkat.



BAB IV HASIL DAN ANALISA



Gambar 4. 4 Hasil Pengujian Adhesi lapisan tipis Ag dengan variasi tekanan gas nitrogen, dilihat dari tengah dan sekitar indentasi; (a) 0 mbar (b) $0,4 \times 10^{-2}$ mbar (c) $0,6 \times 10^{-2}$ mbar (d) $0,8 \times 10^{-2}$ mbar (e) $1,0 \times 10^{-2}$ mbar

Proses Pre-treatment lainnya yang bisa dilakukan untuk menaikkan kekuatan adhesi adalah *sandblasting* seperti yang dilakukan pada percobaan Christie, dkk, 2015. *Sandblasting* akan meningkatkan kekasaran pada substrat sehingga ikatan antara substrat dan target akan semakin kuat. Tetapi proses *sand blasting* akan menimbulkan distorsi pada *metal dental alloy*. Distorsi ini



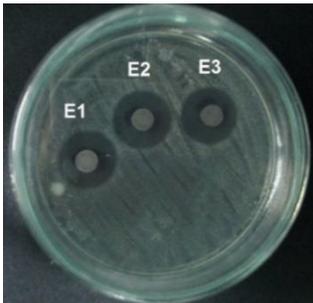
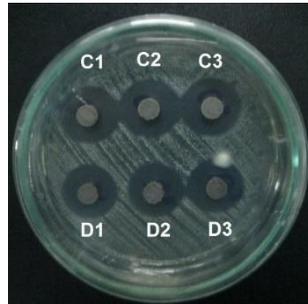
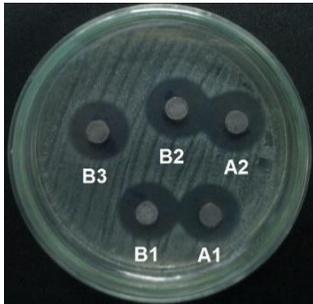
dipengaruhi oleh ukuran partikel serbuk, tekanan saat proses *sandblasting*, dan waktu proses *sandblasting* tersebut.

4.1.5 Analisa Kemampuan Anti Microbial

Seluruh spesimen dilakukan uji *antimicrobial* dengan metode *disk diffusion test*. Seluruh spesimen menunjukkan zona inhibisi pada media bakteri *staphylococcus aureus*. Gambar 4.5 menunjukkan zona inhibisi yang bermacam macam di sekitar specimen uji.

Pada gambar tersebut, terbukti bahwa lapisan tipis Ag berhasil melakukan inhibisi terhadap bakteri di sekelilingnya, begitu juga spesimen tanpa tekanan gas nitrogen memiliki kemampuan membunuh bakteri sekitarnya. Dan untuk perbandingan nilai inhibisi pada variasi tekanan gas nitrogen dapat dilihat pada tabel 4.2. Bisa disimpulkan bahwa zona inhibisi yang paling luas didapatkan oleh sampel $N_2(0,4)$, dan yang paling rendah terlihat pada sampel $N_2(1)$.

Pada gambar tersebut, terbukti bahwa lapisan tipis Ag berhasil melakukan inhibisi terhadap bakteri di sekelilingnya, begitu juga spesimen tanpa tekanan gas nitrogen memiliki kemampuan membunuh bakteri sekitarnya. Semua spesimen dengan pelapisan Ag mampu menghasilkan zona inhibisi yang signifikan (antara 10-13mm). Dengan kemampuan daya hambat yang seperti itu, maka spesimen dapat didenfinisikan sebagai anti bakteri. Menurut standart SNV 195920 spesimen dapat dikategorikan sebagai anti bakteri yang baik. (Ferraris,dkk. 2014). Dan untuk perbandingan nilai inhibisi pada variasi tekanan gas nitrogen dapat dilihat pada tabel 4.2. Bisa disimpulkan bahwa zona inhibisi yang paling luas didapatkan oleh sampel $N_2(0,4)$, dan yang paling rendah terlihat pada sampel $N_2(1)$.



no	spesimen	Tekanan gas N ₂
1	A1 A2	0 mbar
2	B1 B2 B3	$0,4 \times 10^{-2}$ mbar
3	C1 C2 CE	$0,6 \times 10^{-2}$ mbar
4	D1 D2 D3	$0,8 \times 10^{-2}$ mbar
5	E1 E2 E3	$1,0 \times 10^{-2}$ mbar

Gambar 4. 5 Zona inhibisi pada tiap sampel dengan variasi tekanan gas Nitrogen

Kekasaran pada permukaan lapisan tipis juga mempengaruhi sifat antimicrobial dari lapisan tipis secara tidak langsung. Seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab 4.1.3 bahwa kekasaran mempengaruhi *wettability* dari lapisan tipis tersebut. Ketika lapisan tipis semakin halus maka *wettability* akan semakin tinggi. Karena nantinya lapisan tipis akan bereaksi dengan media



larutan NaClO, maka semakin halus permukaan lapisan tipis semakin baik juga lapisan tipis bereaksi dengan NaClO. Akibat dari reaksi yang baik maka kemampuan anti microbial dari lapisan tipis juga akan meningkat. Walaupun *wettability* dari suatu material tidak mempengaruhi sifat anti mikroba secara signifikan. Tetap yang paling utama kemampuan inhibisi ion Ag⁺ yang telah dibahas pada sub bab 2.5.

Pada hasil analisa kekasaran, sampel N₂(1,0) memiliki permukaan yang paling halus. Sampel N₂(1,0) memang menunjukkan permukaan yang paling halus dibanding sampel yang lain, namun tekanan Nitrogen yang terlalu besar juga menyebabkan tekanan kerja pada proses PVD terlalu besar, sehingga elektron tidak akan mendapatkan energi yang cukup untuk menyerang gas atom, dan ionisasi sulit terjadi (Cao G, 2004).

Tabel 4.2 Jarak inhibisi rata-rata dari masing- masing spesimen yang diuji pada medium agar dengan bakteri *staphylococcus aureus*.

Spesimen	Variabel	Zona Inhibisi Rata-rata (mm)
A	0 mbar	12 ± 0
B	0,4 x 10 ⁻² mbar	12.33 ± 0.28
C	0,6 x 10 ⁻² mbar	12 ± 0
D	0,8 x 10 ⁻² mbar	11.75 ± 0.25
E	1,0 x 10 ⁻² mbar	11.33 ± 0.28



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan analisis data yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan :

1. Meningkatnya tekanan gas Nitrogen pada proses PVD menurunkan nilai *Roughness* pada lapisan tipis. Nilai *Roughness* yang terkecil didapatkan oleh spesimen dengan tekanan gas nitrogen tertinggi ($N_2 = 1,0 \times 10^{-2}$ mbar), yaitu dengan nilai S_a 2,99 dan S_z 60,9 nm. *Roughness* dapat mempengaruhi *wettability* lapisan tipis. Sedangkan untuk kekuatan adhesi yang dihasilkan kurang baik.
2. Kemampuan *Antimicrobial* yang dihasilkan dipengaruhi oleh *Roughness* dan komposisi lapisan tipis. *Roughness* mempengaruhi *wettability* lapisan tipis. *Wettability* mempengaruhi persebaran reaksi pembentukan agen *Antimicrobial* pada lapisan tipis. Kandungan Ag (Perak) yang lebih besar menghasilkan kemampuan *antimicrobial* yang lebih baik. Tetapi, kemampuan antimicrobial paling baik didapatkan pada tekanan gas nitrogen $0,4 \times 10^{-2}$ mbar, yang merupakan tekanan optimum untuk membentuk lapisan tipis Ag dengan permukaan yang halus



5.2 Saran

1. Dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai material *antimicrobial* dalam bentuk lapisan tipis.
2. Adanya penelitian lain mengenai sintesis lapisan tipis dari material *antimicrobial* lainnya.
3. Melakukan *pre-treatment* dengan gas N₂ atau O₂ agar mendapatkan adhesi yang lebih baik, serta kebersihan permukaan yang optimal.
4. Menggunakan waktu deposisi yang lebih lama agar mendapatkan hasil yang lebih tebal.



DAFTAR PUSTAKA

- Azam A, Arham As, Oves M, Khan MS, Habib SS, Memic A, 2012b. "Antimicrobial activity of metal oxide nanoparticles against Gram-positive and Gramnegative bacteria : a comparative study". **Int. J. Nanomed.** 7, **6003-6009**.
- Alexandru, M.G.2016. **Surface Chemistery of Nanobiomaterial: Applications of Nanobiomaterials.**
- Baqain Zaid H, Moqbel Wael Yousef, Sawair Faleh A. 2001. Early Dental Implant Failure: risk factor. **British Journal of Oral and Maxillofacial Surgery-50**, **239-243**.
- Berke, I., Tierno Jr., P.M. .1996. "Comparison of efficacy and costeffectiveness of BIOMIC VIDEO and Vitek antimicrobial susceptibility test systems for use in the clinical microbiology laboratory". **J. Clin.Microbiol.** **34**.
- Boundless. 2016. Kirby-Bauer Disk Susceptibility Test. Boundless Microbiology .
[URL:https://www.boundless.com/microbiology/textbooks/boundless-microbiologytextbook/antimicrobial-drugs-13/measuring-drugsusceptibility-157/kirby-bauer-disk-susceptibilitytest-791-6152/](https://www.boundless.com/microbiology/textbooks/boundless-microbiologytextbook/antimicrobial-drugs-13/measuring-drugsusceptibility-157/kirby-bauer-disk-susceptibilitytest-791-6152/)
- Carlos Nelson Elias, Yoshiki Oshida, José Henrique Cavalcanti Lima, Carlos Alberto Mulle. "Relationship between surface properties (roughness,wettability and morphology) of titanium and dental implant removal torque)". **Journal of the Chemical Behavior of Bio Medical Materials 1 (2008) 234-242**
- Cao G. 2004.Nanostructures and Nanomaterials : Synthesis, Properties, and Applications. Imperial College Press: London.



- Christie Ying Kei Lungo, DanLiu, Jukka Pekka Matinlinna. 2015. "Surface treatment of titanium by a polydimethylsiloxane coating on bond strength of resin to titanium". **Journal of the mechanical behavior of biomedical materials.**
- Douglas RM, Luiz FG, Aline ST, Emerson R. 2009. "The Growing Importance of materials that prevent microbial adhesion: antimicrobial effect of medical devices containing silver". **International Journal of Antimicrobial Agents.**
- Du J, Han B, Liu Z, Liu Y, Kang D. 2007. "Control Synthesis of Silver Nanosheets, Chainlike sheets, and Microwires via a Simple Solvent – Thermal
- Endang LS, Severin JA, Filius PM, Kuntaman K, Offra DD, Hadi U, Wahjono H, Verbrugh HA. 2008. "Comparison of the accuracy of disk diffusion zone diameters obtained by manual zone measurements to that by automated zone measurements to determine antimicrobial susceptibility". **Journal of Microbiological Methods.**
- Falletta E, Bonini M, Fratini M, Nostro AL, Becheri A, Pesavento G, Nostro PL, Canton P, Baglioni P. 2008. "Clusters of poly(acrylates) and silver nanoparticles: structure and applications for antimicrobial fabrics". *J. Phys. Chem.C.*
- Felmingham D, Brown DF. 2001. "Instrumentation in antimicrobial susceptibility testing" **J. Antimicrob. Chemother. 48 (Suppl 1).**
- Feng QL, Wu J, Chen GQ, Cui FZ, Kim TN, Kim JO. 2000. "A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on Escherichia Coli and Staphylococcus aureus". **J. Biomed.Mater.Res. 52 .662 – 668**
- Gerenser, L.J. 1988. "An X-ray Photoemission Spectroscopy Study of Chemical Interaction at Silver/Plasma Modified Polyethylene Interfaces : Correlations With Adhesion". **J. Vac. Sci. Technol.**



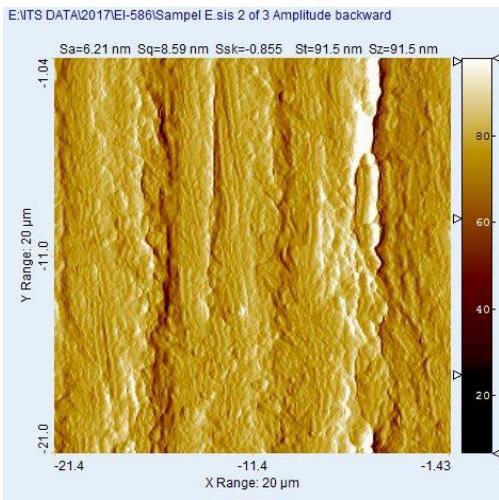
- Heinke W, Leyland A, Matthews A, Berg G, Friedrich C, Broszeit E.1995. “Evaluation of PVD nitride coatings, using impact, scratch and Rockwell-C adhesion tests”. **Thin Solid Films 270 (1995) 431 -438**
- Hetrick EM, Schoenfisch MH. 2006. “Reducing Implant-related infections: Active release strategies”. **Chem. Soc. Rev. 35 .780-789.**
- Hill JW. 2009. “Colloidal silver medical uses, toxicology & manufacture.3rd ed. Clear Springs Press, Rainier. WA (USA) ISBN :1884979084
- Kopeliovich, Dmitri. 2013. Black Copper Oxide Coating. <URL:http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=black_copper_oxide_coating>
- Lackner JM, Waldhauser W. “Adhesion Improvement of PVD Coatings by Plasma Treatment With Linear Anode Layer Ion Sources”. **Joanneum Research Forschungsgesellschaft GmbH, Niklasdorf, Austria.**
- Martinez Olmedo, M. dkk. Corrosion and fracture analysis in screws of dental implants prostheses. New coatings
- Olympus.2013. **Roughness (2D) parameter.** <URL:http://www.olympusims.com/en/knowledge/metrology/roughness/2d_parameter/>
- Quin GF, Li ZY, Chen XD, Russel AB. 2002. “An experimental study of an NaClO Generator for anti-microbial applications in the food industry”. **J. Food Eng. 54 .111-118**
- N. Ravi, R. Markandey, S. V. Joshi. 2016. “Effect of nitrogen pressure on mechanical properties of nc-TiAlN/a-Si₃N₄ nanocomposite coatings deposited by cathodic arc PVD process”. **Proceedings 3 (2016) 3002–3011**
- Ravelin J.1869. “Chemistry of vegetation. Sic Nat 11:93-102



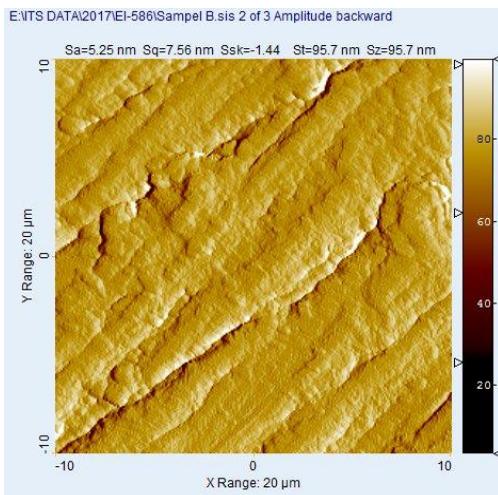
- Rebello R, Manninen NK, Filho L, Henriques M, Carvalho S. 2016. "Morphology and oxygen incorporation effect on antimicrobial activity of silver thin films". **Applied Surface Science, Volume 371, p 1-8**
- Russel AD, Hugo WB. 1994. "Antimicrobial activity and action of silver". **Prog. Med. Chem. 31 (1994) 351-370**
- Sambhy V, MacBride MM, Peterson BR, Sen A. 2006. "Silver bromide nanoparticle/polymer composites : dual action tunable antimicrobial
- Sun Y, Rogers JA. 2007. "Inorganic Semiconductors for Flexible Electronics". **Adv.Mater. 19. 1897-1916**
- Wojcieszak D, Mazur M, Kalisz M, Grobelny M. 2016. "Influence of Cu, Au, and Ag on structural and surface properties of bioactive coatings based on titanium". **Materials Science and Engineering C**
- Veiga C, Davim JP, Loureiro AJR. 2012. Properties and Application of Titanium Alloys: **A Brief Review. Rev. Adv. Mater. Sci-32, 133-ñ.**
- Yande Liang, Liming Shu, Wataru Natsu, Fuben He. 2015. "Anisotropic wetting characteristics versus roughness on machined surfaces of hydrophilic and hydrophobic materials". **Applied Surface Science 331 (2015) 41-49**
- Yang CH, Lee SC, Wu JM, Lin TC. 2005. "The properties of copper films deposited on polyimide by nitrogen and oxygen plasma pre-treatment". **Applied Surface Science 252 (2005) 1818-1825**
- Zhao GQ, Ye LH, Huang YC, Yang DK, Li L, Xu G, Lei YJ. 2001 . "In Vitro model of bacterial biofilm formation on polyvinyl chloride biomaterial". **Cell Biochem. Biophys. 61 .371-376**



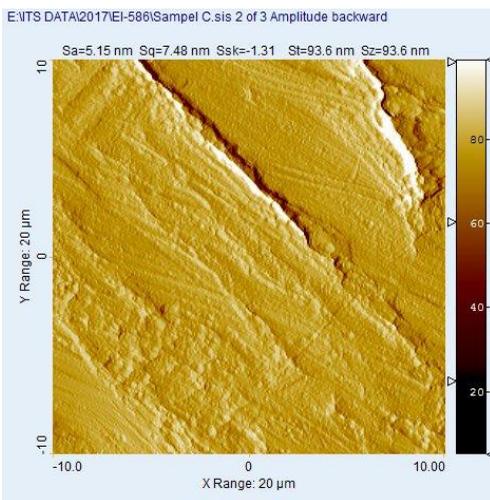
LAMPIRAN A NILAI SA DAN SZ PADA UJI AFM



(a)



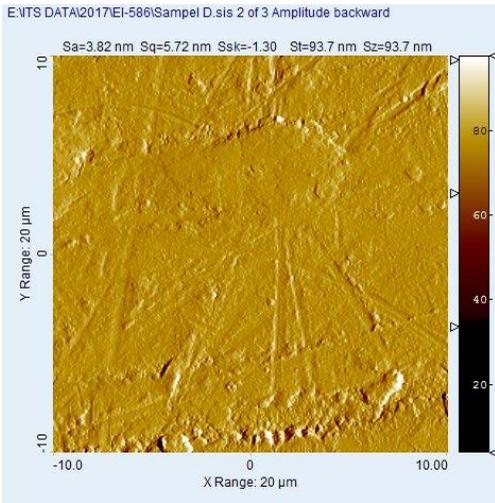
(b)



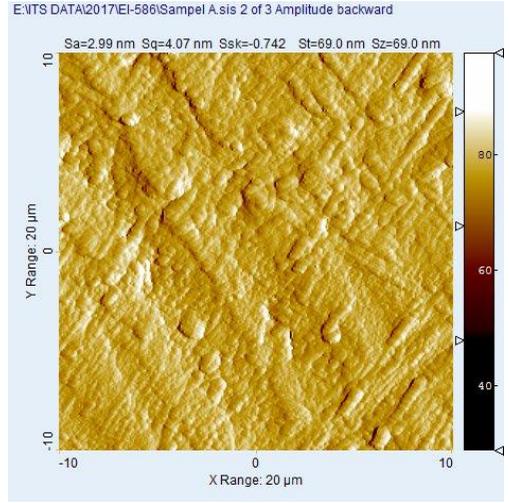
(c)
XXV



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS



(d)



(e)



LAMPIRAN B

PERHITUNGAN KEMAMPUAN ANTIMICROBIAL

Specimen	Diameter Total terhadap S.aureus (mm)	Rata-rata Diameter Total (mm)	Diameter Cakram (mm)	Diameter Zona Bening (mm)
A1	20	20	8	12
A2	20	20	8	12
B1	20	20	8	12
B2	20.5	20.5	8	12.5
B3	20	20.5	8	12.5
	21			
D1	20	20	8	12
	20			
D2	19.5	19.75	8	11.75
	20			
D3	19.5	19.5	8	11.5
	19.5			
C1	20	20	8	12
C2	20	20	8	12
C3	20	20	8	12
E1	19.5	19.5	8	11.5
	19.5			
E2	19	19.5	8	11.5
	20			
E3	19	19	8	11
	19			



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Jeremy Marcelino Esfrando, lahir di Jakarta pada tanggal 25 Januari 1996 dari ayah bernama Erichson Matondang dan ibu bernama Shinta Dumaria. Penulis adalah putra pertama dari tiga bersaudara dan telah menempuh Pendidikan formal di SMPK5 Penabur Jakarta, lalu SMAK 7 Penabur Jakarta. Penulis melanjutkan Pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Departemen Teknik Material melalui tes SNMPTN 2014.

Semasa kuliah, penulis aktif dalam berbagai kegiatan kemahasiswaan dan kepantiaan di kampus antara lain *Head of Research and Development* Indonesian Corrosion Association (INDOCOR) ITS Student Chapter selama dua kepengurusan (2016/17), Wakil Departemen 2 Hubungan Luar HMMT FTI ITS 2016/17. Penulis pernah menjadi coordinator *LO* kegiatan sertifikasi *Corrosion Engineer Level 1* yang diadakan oleh INDOCOR ITS SC, membentuk kerja sama antara Departemen Teknik Material FTI ITS dan INDOCOR. Penulis juga pernah praktisi atau magang di perusahaan pengolahan baja, yaitu PT. Krakatau Steel.Tbk pada divisi *Hot Strip Mill*.



Laporan Tugas Akhir
Departemen Teknik Material FTI - ITS

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)