

## PENGARUH *SHOTPEENING* TERHADAP KEKERASAN DAN KEKASARAN PERMUKAAN

Muh. Iqbal Mukhsen<sup>1)</sup>, Imam Taukhid<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

<sup>2)</sup>Peneliti Muda Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau dan Penyuluhan Perikanan

### ABSTRACT

Shotpeening is a cold working process used to modify mechanical properties of metals and composites. This paper observes the effect of shotpeening of on hardness and surface roughness for stainless steel. In the experimental, shotpeening process was shooting the steel shot into the surface using the pressurized air. Steel shot used is SAE No. 230 with carbon steel material No. 230 diameter  $\pm 700 \mu\text{m}$ . There are three angles for shooting positions, i.e. angle of  $0^\circ$ ,  $25^\circ$ , and  $45^\circ$ . The results of the hardness value obtained at the position of  $0^\circ$  material with a shooting duration of 10 minutes resulted in an increase in the value of surface hardness reaching 13,1% (164.13HB). Surface roughness was evolved into three roughness stages along with the shotpeening duration. The stages are increasing, decreasing, and constant roughness. The surface roughness value of Ra is  $1.86 \mu\text{m}$  at 2 min, then decreases Ra value  $1.64 \mu\text{m}$  in the duration of 6 min, and constant duration until 10 min. Increasing the surface hardness with the duration of spraying, and surface roughness increases, decreases and is constant.

**Keywords:** *Shotpeening, Surface Roughness, Hardness, stainless steel*

### 1. PENDAHULUAN

Material yang sering digunakan untuk digunakan sebagai peralatan medis yaitu biomaterial. Biomaterial ini diharapkan tahan terhadap korosi, toksitas yang rendah, dan kemampuan suatu material dengan mudah untuk dibentuk. Beberapa material baja yang memiliki karakteristik seperti itu sangat sulit untuk didapatkan, sehingga perlu mencari material yang mendekati propertisnya. Pada kasus penyambungan tulang yang patah menggunakan plat implan, material yang sering digunakan oleh para dokter ortopedi yaitu dari bahan titanium, atau stainless steel (Mukhsen dkk 2017). Material implan sendiri harus memiliki ketahanan terhadap korosi yang lebih tinggi, dikarenakan bersentuhan langsung dengan tubuh manusia, Cairan tubuh manusia memiliki banyak ion agresif yang menyebabkan korosi pada bahan implan (Yaqin, dkk 2017). Material implan juga harus mudah untuk dibentuk agar dapat mengikuti kontur tulang manusia.

Material *stainless steel* merupakan material yang tahan terhadap korosi tetapi kekerasannya dibawah dari material titanium, sehingga perlu melakukan perlakuan tambahan. *Stainless steel* memiliki kadar karbon rendah sehingga sulit untuk dilakukan perlakuan panas, sehingga *stainless steel* lebih cocok dilakukan perlakuan dingin. Proses perlakuan yang dilakukan dengan proses dingin yaitu proses permesinan (Elias dkk, 2008), *sandblasting* (Elias dkk, 2008; Aparicio dkk, 2003; Piattelli dkk, 1996), *shotpeening*, asam etsa (Elias dkk, 2008; Rupp dkk, 2004), *anodizing* (Elias dkk, 2008) dan *surface mechanical attrition treatment* yang biasa disingkat SMAT (Arifvianto dkk, 2011a; 2011b). *Stainless steel* juga merupakan material yang lebih mudah dibentuk dibanding materil titanium, sehingga biaya pembentukannya bisa lebih murah.

Penelitian kali ini menggunakan metode *shotpeening* pada permukaan baja tahan karat dapat merubah struktur permukaan baja tersebut akibat penumbukan *steel shot*. Proses *shotpeening* dapat meningkatkan kekerasan permukaan pada material implan baja tahan karat, dengan metode penembakan *steel shot* ke permukaan dengan bantuan udara bertekanan, sama pada proses *sandblasting*, hanya material penembakannya yang berbeda. Proses penembakan ini diharapkan penembakan *steel shot* terhadap implan baja tahan karat tidak terjadi abrasif akibat pengikisan oleh *steel shot* itu sendiri. Penggunaan *steel shot* merupakan metode yang lebih rama terhadap kesehatan dibandingkan dengan metode *sandblasting* yang menggunakan material pasir silika yang bisa berdampak buruk pada saluran pernapasan yang terhirup dalam proses penyemprotan.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Liu dkk (2017) memperlihatkan tentang struktur dari perubahan akibat proses penembakan *shotpeening* menghasilkan adanya kenaikan ketebalan deformasi dan

---

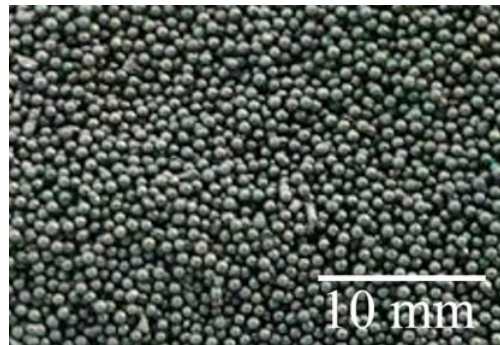
<sup>1</sup>Korespondensipenulis: Muh. Iqbal Mukhsen, Telp 081342553550, iqbal.mukhsen@poliupg.ac.id

kenaikan butir seiring dengan kenaikan tekanan dan durasi penembakan *Shotpeening*. Pada penelitian Jiang, X.P (2016) memperlihatkan adanya perubahan struktur pada layer akibat penumbukan material.

**2. METODE PENELITIAN**

Material yang digunakan pada penelitian kali ini yaitu material *stainless steel* berbentuk plat dengan ukuran 30x38mm dengan ketebalan plat 1,91mm, dengan kandungan kimia (%wt) adalah 0,031 C, 17,166 Cr, 11,33 Ni, 1,33 Mo, 1,866 Mn, 0,413 Si, 0,238 Cu, dan *balance* 67,2 Fe.

Material abrasif *shotpeening* atau *steel shot* menggunakan material baja karbon SAE No. 230 dengan ukuran *steel shot* ±700 µm. Dengan kandungan material (%wt) adalah 0,8-1,2 C, 0,5-1,2 Mn, 0,4 Si, 0,05 S, 0,05 P. *Steel shot* memiliki tingkat kekerasan 40-51 HRC (Gambar 1).

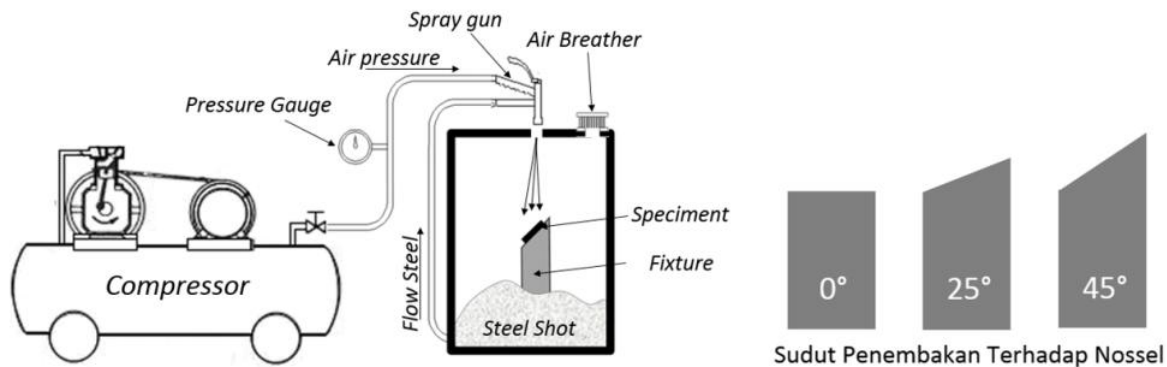


Gambar 1. *Steel shot* SAE 230 (±700 µm)

Pembuatan *fixture* pada benda uji menggunakan mesin frais bertujuan untuk mevariasikan sudut tembak pada permukaan material uji. Variabel kemiringan sudut tembak ada tiga yaitu sudut tembak 0°, 25°, dan 45°.

Sebelum melakukan proses *shotpeening* pada setiap spesimen dibersihkan menggunakan alkohol bertujuan untuk membersihkan permukaan dari debu dan minyak. Selanjutnya dilakukan proses pengukuran berat jenis menggunakan alat timbang digital skala 0,01gr, bertujuan untuk membandingkan berat jenis sebelum dan setelah proses *shotpeening*.

Proses *shotpeening* dimulai dengan mengalirkan udara bertekanan yang berasal dari kompresor dengan tekanan udara 4-7 bar dialirkan menuju *spraygun*, *steel shot* yang berada dalam kotak penyemprotan akan dialirkan melalui *spreygun* disebabkan terjadinya kevakuman pada *flow steel* (Gambar 2). Durasi penyemprotan spesiment mulai dari 2, 6 dan 10 menit.



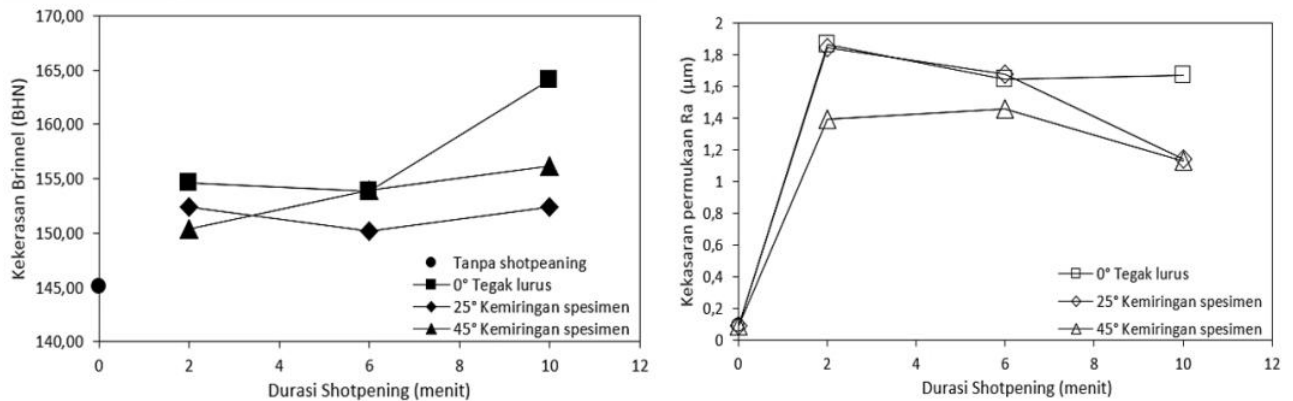
Gambar 2. Proses *shotpeening* dan sudut penembakan

Pengujian kekerasan permukaan menggunakan metode *Brinnel* dengan menggunakan Affri Hardness Tester, dengan mengambil 7 titik sampel dalam setiap spesimen. Pengujian kekasaran permukaan menggunakan *surface roughness Tester*, Mitutoyo SJ-310. Pengukuran diambil sebanyak 7 kali di lokasi yang berbeda.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil pengujian kekerasan pada permukaan memperlihatkan adanya peningkatan nilai kekerasan permukaan sebelum dan setelah dilakukannya *shotpeening*. Pengujian kekerasan permukaan pada material

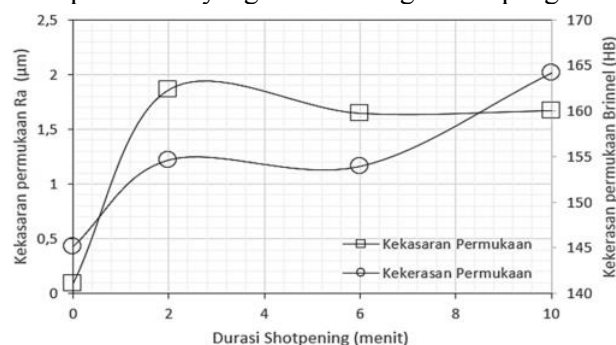
base/material tanpa perlakuan *shotpeening* mendapatkan nilai kekerasan rata-rata 145,11HB. Peningkatan kekerasan pada durasi penyemprotan selama 2 menit berhasil meningkatkan kekerasan nilai kekerasannya hingga 3,92-6,53% (150,81-154,6HB), sedangkan untuk durasi penyemprotan mengalami peningkatan sebesar 3,14-6,06% (150,15-153,91HB), dan untuk durasi penyemprotan yang terlama menunjukkan peningkatan nilai kekerasan permukaan yang lebih tinggi hingga mencapai 13,1% (164,13HB) dibanding sebelum mengalami *shotpeening*. Perbandingan sudut kemiringan penyemprotan terlihat pada grafik (Gambar 3) mengalami peningkatan yang signifikan pada posisi 0° atau nosel berada tegak lurus dari permukaan spesimen dibandingkan dengan spesimen yang mengalami perubahan sudut penembakan. Penyemprotan menggunakan *steel shot* mengakibatkan permukaan spesimen mengalami penggerusan, penggerusan ini diakibatkan terjadinya gesekan antara spesimen dan *steel shot*. Pengurangan dapat dilihat dari hasil perbandingan berat material sebelum dan setelah dilakukannya *shotpeening*. Penelitian kali ini didapatkan selisih terbesar dari berat jenis spesimen 0,02 gr didapatkan pada pengujian 0°(tegak lurus) pada durasi 10 menit penyemprotan.



Gambar 3. Grafik kekerasan dan kekasaran permukaan Ra

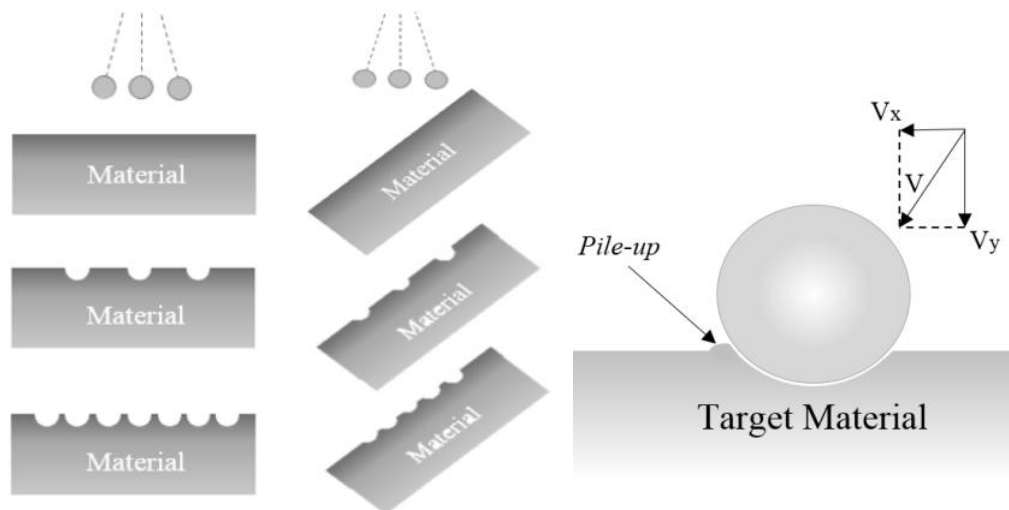
Hasil pengukuran nilai kekasaran pada permukaan didapatkan nilai kekasaran terlihat pada gambar 3. Nilai kekasaran Ra pada permukaan spesimen sebelum dilakukannya *shotpeening* yaitu 0,089 µm, nilai kekasaran pada saat penembakan diawal membuat nilai kekasaran permukaan meningkat, seiring durasi yang lebih lama membuat permukaan cenderung lebih halus. Pada posisi kemiringan spesimen 0° atau tegak lurus terhadap nosel menghasilkan nilai kekasaran permukaan Ra 1,86µm pada durasi 2 menit, kemudian mengalami penurunan pada durasi penyemprotan 6 menit dengan nilai Ra 1,64µm dan konstan pada durasi penyemprotan 10 menit di nilai Ra 1,64µm. Pada posisi kemiringan spesimen di 25° dari arah penembakan *steel shot* menghasilkan nilai kekasaran permukaan Ra 1,84 µm pada durasi 2 menit, kemudian mengalami penurunan pada durasi penyemprotan 6 menit dengan nilai Ra 1,67µm dan masih mengalami penurunan pada durasi penyemprotan 10 menit dengan nilai Ra 1,14µm. Pada posisi kemiringan spesimen di 45° dari arah penembakan *steel shot* menghasilkan nilai kekasaran permukaan Ra 1,38 µm pada durasi 2 menit, kemudian mengalami peningkatan pada durasi penyemprotan 6 menit dengan nilai Ra 1,45µm kemudian mengalami penurunan pada durasi penyemprotan 10 menit dengan nilai Ra 1,12µm.

Perbandingan kekerasan dan kekasaran permukaan pada posisi spesimen tegak lurus pada nosel terlihat pada gambar 4. Kekerasan dan kekasaran cenderung mengalami peningkatan pada durasi 2 menit kemudian durasi 6 dan 10 menit nilai kekerasan cenderung mengalami peningkatan dan sebaliknya kekasaran permukaan cenderung mengalami penurunan yang berarti mengalami penghalusan kembali.



Gambar 4. Perbandingan kekerasan dan kekasaran permukaan pada posisi 0°

Penelitian ini melihat pengaruh proses hasil *shotpeening* terhadap kekerasan dan kekasaran permukaan pada material implan. Hasil penelitian ini membandingkan beberapa variasi yaitu durasi penembakan dan derajat kemiringan penembakan ke permukaan material implan. Bentuk tulang manusia berbeda-beda sehingga membutuhkan bentuk implan yang berbeda pula. Material *stainless steel* merupakan material mampu bentuk tetapi memiliki tingkat karbon yang rendah, sehingga sulit untuk melakukan perlakuan panas untuk menaikkan tingkat kekerasannya, dengan metode *shotpeening* ini dapat meningkatkan kekerasan di permukaan.



Gambar 5. Ilustrasi penembakan *steel shot*

Trend perubahan kekasaran permukaan pada proses *shotpeening*, *sandblasting* yang telah dilakukan oleh Iqbal, dkk. 2011 dan SMAT yang dilakukan oleh Arifvianto dkk, 2011a; 2011b, cenderung menunjukkan kemiripan dimana pada durasi awal penembakan mengalami peningkatan yang signifikan kemudian mengalami penurunan dengan durasi yang lebih lama. Penembakan pada awal permukaan belum merata ke seluruh permukaan spesimen, sehingga menimbulkan efek kekasaran yang lebih tinggi. Penembakan dengan durasi yang lebih lama membuat efek permukaan lebih halus, ini terjadi perubahan struktur yang disebut *several plastic deformation* (SPD). SPD terjadi pada kedalaman sekitar  $30\mu\text{m}$  pada permukaan implan dimana struktur butirannya menjadi kecil akibat proses *sandblasting* maupun *shotpeening*.

Pengurangan berat jenis diakibatkan terjadinya gesekan *steel shot* pada material spesimen dengan arah penembakan yang tidak beraturan sehingga menimbulkan efek gesekan. Pada penelitian Prasetya 2011, memperlihatkan efek pengurangan ukuran diameter dari sekrup implan akibat terkenanya abrasif pasir silika pada proses *sandblasting*. Pada material berbentuk silinder sangat cepat mengalami abrasif akibat sudut penembakannya pada permukaan yang tidak rata.

Nilai kekerasan tertinggi didapat pada sudut kemiringan  $0^\circ$  pada durasi penembakan 10 menit sebesar 164,13 HB. Nilai kekerasan tersebut menunjukkan peningkatan kekerasan permukaan pada material uji sebesar 13,1% dibandingkan sebelum dilakukan *shotpeening*. Kenaikan kekerasan tersebut disebabkan tingginya densitas dislokasi pada struktur mikro pada daerah sub layer hasil *shotpeening* Azar, dkk 2010 dan Feng, dkk 2014. *Several plastic deformation* atau biasa disebut dislokasi struktur. Dislokasi pada permukaan hasil dari *shotpeening* diakibatkan terjadinya tumbukan *steel shot* pada permukaan logam. *Steel shot* tersebut membentuk dislokasi plastis permanen pada permukaan. Dislokasi yang terjadi terjadi hingga kedalaman  $100\mu\text{m}$  dari permukaan Todaka, dkk 2004. Semakin banyak dislokasi yang terjadi di permukaan maka semakin besar terjadi interaksi antara dislokasi disekitarnya. Interaksi dislokasi yang tinggi yang menyebabkan kerapatan pada batas butir, sehingga merubah ukuran butir yang awalnya berukuran besar menjadi ukuran yang lebih kecil di area sebatas area permukaan.

Pada perbedaan derajat kemiringan spesimen arah penembakan yang tidak tegak lurus menghasilkan percepatan penembakan yang tidak maksimal sehingga menghasilkan nilai kekerasan pada spesimen uji dengan kemiringan  $25^\circ$  dan  $45^\circ$  tidak sekeras pada arah penembakan yang tegak lurus terhadap nosel. Terlihat pada gambar 5, menunjukkan arah penembakan ke permukaan dengan arah x dan y. Dimana dampak penembakan telah berkurang akibat arah gaya x dan y, sehingga pada posisi arah penembakan yang tidak tegak lurus terhadap nosel sehingga didapatkan nilai kekerasan tidak setinggi pada percobaan dengan sudut

kemiringan 0°. Fenomena ini terjadi pada penelitian Arivianto, 2011b, dimana pengujiannya menggunakan metode SMAT (*Surface Mechanical Attrition Treatment*) menyatakan hal yang sama tentang penembakan secara random pada permukaan spesimen. Untuk mendapatkan gaya atau tumbukan yang maksimal maka arah penembakan harus tegak lurus dari arah penembakan, sehingga  $V_x$  atau  $V_y$  sama dengan  $V$ .

Kekasaran permukaan pada awal penembakan relatif maksimal didapatkan derajat kemiringan 0° dan 25° ini membuktikan bahwa penumbukan diawal masih terjadi dislokasi yang belum merata, hanya sebagian yang terjadi dislokasi setempat. Seiring durasi yang lebih lama pada durasi 6 hingga 10 menit, maka kekasaran permukaan mengalami penurunan kembali, hal ini terjadi karena penumbukan dengan *steel shot* yang kecil sehingga terjadi proses percepatan penumbukan dengan durasi yang lebih lama menghasilkan permukaan yang lebih rata. Penumbukan pada *steel shot* diawal menjadikan permukaan material padat dan menimbulkan *pile-up* disekitar tumbukan, sehingga pada durasi penyemprotan yang lebih singkat menghasilkan kekasaran lebih tinggi akibat timbulnya lebih banyak *pile-up*. Seiring durasi yang lebih lama beberapa *pile-up* akan mengalami kepadatan seiring penumbukan *steel shot* yang berulang.

#### 4. KESIMPULAN

Efek dari *Shotpeening* dengan parameter kekerasan permukaan, dan kekasaran permukaan pada material baja tahan karat. *Shotpeening* ini merupakan metode peningkatan kekerasan permukaan yang dicapai dengan durasi lebih lama yaitu 10 menit dengan posisi penembakan yang tegak lurus dari arah penyemprotan *steel shot*. Pengaruh proses penyemprotan *steel shot* menghasilkan kawah dan *pile-up* menghasilkan kekasaran permukaan baja. Kekasaran permukaan berevolusi seiring durasi *Shotpeening* terdiri dari tiga tahap kekasaran yaitu pada tahap pertama kekasaran meningkat, menurun, dan konstan.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Aparicio, C., Gil, F.J., Fonseca, C., Barbosa, M., dan Planell, J.A. 2003. Corrosion Behaviour of Commercially Pure Titanium Shot Blasted with Different Materials and Sizes of Shot Particles for Dental Implant Applications. *Biomaterials*. Vol 24, issue 2, pp 263–273.
- Arifvianto, B., Suyitno, dan Mahardika, M. 2011a. Effect of Sandblasting and Surface Mechanical Attrition Treatment on Surface Roughness, Wettability, and Microhardness Distribution of AISI 316L. *Engineering Materials*. Vol 462-463, pp 738-743.
- Arifvianto, B., Suyitno, Mahardika, M., Dewo, P., Iswanto, P.T., dan Salim, U.A. 2011b. Effect of Surface Mechanical Attrition Treatment (SMAT) on Microhardness, Surface Roughness and Wettability of AISI 316L. *Material Chemistry and Physics*. Vol 125, pp 418-426.
- Azar, V., Hashemi, B., & Yazdi, M. R. (2010). The effect of *shotpeening* on fatigue and corrosion behavior of 316L stainless steel in Ringer's solution. *Surface and Coatings Technology*, 204(21-22), 3546-3551.
- Elias, C.N., Oshida, Y., Lima, J.H.C., dan Muller, C.A. 2008. Relationship Between Surface Properties (Roughness, Wettability and Morphology) of Titanium and Dental Implant Removal Torque. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. Vol 1, issue 3, pp 234–242.
- Feng, Q., Jiang, C., & Xu, Z. (2014). Residual Stress Relaxation of Shot-Peened Deformation Surface Layer on Duplex Stainless Steel Under Applied Loading. *Journal of materials engineering and performance*, 23(2), 408-412.
- Jiang, X.P., Wang, X.Y., Li, J.X., Man, C.-S., Shepard, M.J., dan Zhai, T. 2006. Enhancement of Fatigue and Corrosion Properties of Pure Ti by Sandblasting. *Materials Science and Engineering : A*. Vol 429, issues 1- 2, pp 30-35.
- Liu, Y. G., Li, M. Q., & Liu, H. J. (2017). Nanostructure and surface roughness in the processed surface layer of Ti-6Al-4V via *shotpeening*. *Materials Characterization*, 123, 83-90.
- Mukhsen, M. I., Mahardika, M., & Suyitno, S. Pengaruh Sandblasting Terhadap Struktur Mikro Pada Sekrup Implan Baja Tahan Karat AISI 316L. *Jurnal MEKANIKAL*, 8(1).
- Piattelli, A., Scarano, A., Piattelli, M., dan Calabrese, L. 1996. Direct Bone Formation on Sand-Blasted Titanium Implants: an Experimental Study. *Biomaterials*. Vol 17, issue 10, pp 1015–1018.
- Prasetya, D., Mahardika, M., Suyitno, S., Arifvianto, B., Prihandana, G. S., & Dewo, P. (2011, November). The effect of sandblasting on AISI 316L stainless steels. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 2, pp. 58-61).
- Rupp, F., Scheideler, L., Rehbein, D., Axmann, D., dan Geis-Gerstorfer, J. 2004. Roughness Induced Dynamic Changes of Wettability of Acid Etched Titanium Implant Modifications. *Biomaterials*. Vol 25, issues 7–8, pp 1429–1438.

- Todaka, Y., Umemoto, M., & Tsuchiya, K. (2004). Comparison of nanocrystalline surface layer in steels formed by air blast and ultrasonic *shotpeening*. *Materials Transactions*, 45(2), 376-379.
- Yaqin, R. I., Iswanto, P. T., Priyambodo, B. H., & Maliwemu, K. E. U. (2017). Pengaruh durasi *shotpeening* terhadap struktur mikro dan kekerasan permukaan pada AISI 316L. In *Seminar Nasional Teknologi Informatika dan Kedirgantaraan (SENATIK)* (Vol. 3, pp. 0-4).

## **6. UCAPAN TERIMA KASIH**

Pada kesempatan ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada: 1). Kemenristekdikti atas dana rutin program penelitian dan pengabdian masyarakat tahun 2018 yang telah diberikan. 2). Direktur dan Ketua UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang yang memberikan kesempatan untuk mengikuti program Penelitian Dosen Pemula. 3) Semua pihak yang terlibat dalam proses pelaksanaan penelitian kali ini.