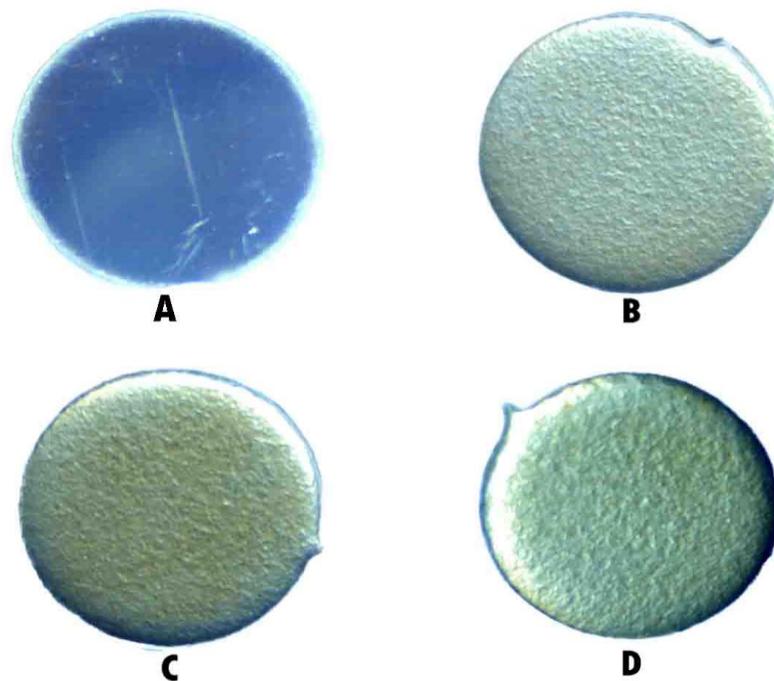


## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil dan Pembahasan Proses *Shot peening*

Pengaruh *shot peening* terhadap permukaan dari pelat *stainless steel* 316L dengan variasi waktu penembakan 5 menit, 10 menit, dan 15 menit terlihat cukup jelas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1.



**Gambar 4.1** Permukaan sampel sebelum dan sesudah *shot peening*, (a) *raw material*, variasi waktu penembakan (b) 5 menit, (c) 10 menit, dan (d) 15 menit

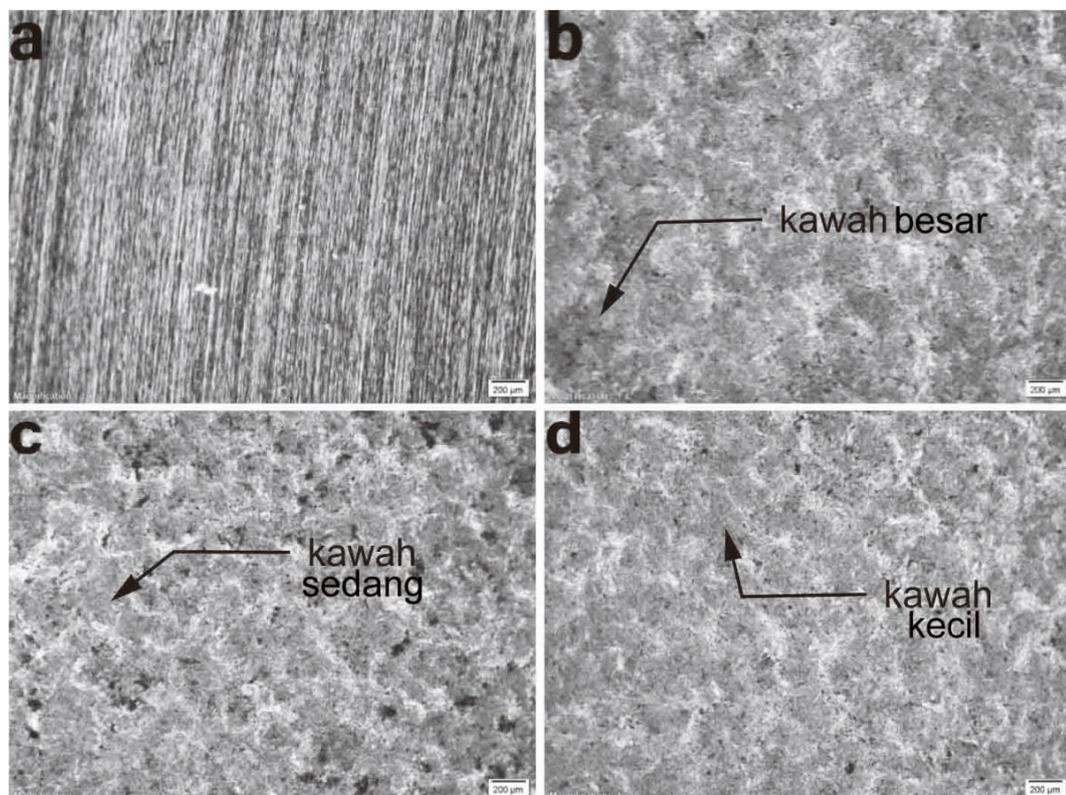
Gambar 4.1 (a) adalah permukaan sampel sebelum dilakukan *shot peening*, permukaannya terlihat halus, mengkilap dan rata, serta terdapat sedikit goresan-goresan yang disebabkan oleh hasil pengamplasan. Gambar 4.1 (b) merupakan hasil dari variasi waktu penembakan 5 menit, terlihat lebih kasar dengan tingkat pori-pori kekasaran yang kecil. Gambar 4.1 (c) adalah hasil variasi waktu penembakan 10 menit dengan permukaannya yang terlihat kasar secara merata dan memiliki tingkat pori-pori kekasaran yang sedang. Untuk Gambar 4.1 (d) merupakan hasil

variasi waktu penembakan 15 menit yang terlihat lebih kasar jika dibandingkan dengan keseluruhan Gambar, akan tetapi memiliki tingkat pori-pori kekasaran yang paling besar. Dari Gambar 4.1 (b, c, dan d) dapat dilihat secara visual bahwa proses *shot peening* dengan variasi waktu penembakan mempunyai pengaruh deformasi pada permukaan sampel.

## 4.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian Spesimen

### 4.2.1 Hasil dan Pembahasan Pengujian Struktur Makro

Pada hasil pengamatan struktur makro terjadi perbedaan yang cukup signifikan antara *raw material* dan material dengan variasi waktu penembakan 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Gambar 4.2 menunjukkan hasil dari pengambilan foto struktur makro.



**Gambar 4.2** Permukaan spesimen setelah foto makro (a) *raw material*, variasi waktu penembakan (b) 5 menit, (c) 10 menit, dan (d) 15 menit

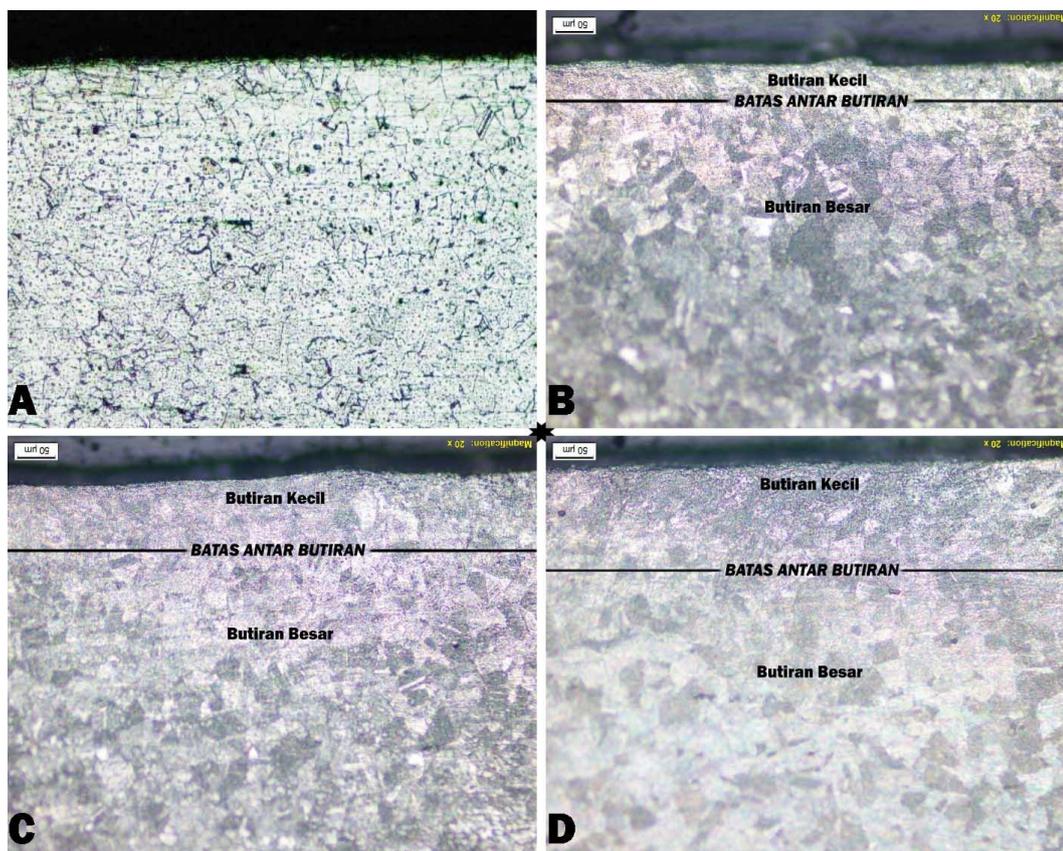
Gambar 4.2 (a) menunjukkan permukaan spesimen yang belum diberi perlakuan *shot peening*, terlihat sangat jelas bekas pengamplasan dan permukaan yang masih rata. Pada Gambar 4.2 (b), (c), dan (d) setelah dilihat melalui software *Adobe Photoshop CS6* terlihat adanya kawah hasil *shot peening*. Untuk Gambar 4.2 (b) yang ditunjukkan oleh panah besar adalah hasil pengamatan struktur makro dengan variasi waktu penembakan 5 menit yang terlihat mempunyai kawah-kawah dengan ukuran yang cukup besar, pada Gambar 4.2 (c) yang ditunjukkan oleh panah sedang adalah hasil dari pengamatan struktur makro dengan variasi waktu penembakan 10 menit menghasilkan kawah yang berukuran sedang dan cukup banyak, pada waktu penembakan 10 menit terlihat noda hitam yang disebabkan oleh kotoran dari *steel ball* dan juga terkikisnya *steel ball* dikarenakan penggunaan yang terus menerus dengan waktu yang cukup lama, sedangkan pada Gambar 4.2 (c) yang ditunjukkan oleh panah kecil adalah hasil pengamatan struktur makro dengan variasi waktu penembakan 15 menit, terlihat terbentuknya kawah-kawah yang berukuran kecil dan hampir merata keseluruh permukaan spesimen. Terbentuknya kawah dikarenakan durasi penyemprotan yang semakin lama akan mengakibatkan tumbukan berulang-ulang yang menjadikan hasil yang merata.

#### **4.2.2 Hasil dan Pembahasan Pengujian Struktur Mikro**

Pengaruh dari variasi waktu penembakan *shot peening* terhadap struktur mikro permukaan pelat *stainless steel* AISI 316L ditunjukkan pada Gambar 4.3 yang diambil dengan foto mikroskopik dengan perbesaran 200x pada jarak 50 $\mu$ m. Untuk melihat perbandingan struktur mikro antara permukaan spesimen yang belum diberi perlakuan permukaan (*raw material*), dan permukaan material yang sudah diberi perlakuan *shot peening* dengan variasi waktu penembakan 5 menit, 10 menit, dan 15 menit.

Berdasarkan hasil pengambilan Gambar dengan menggunakan mikroskop bahwa pada spesimen *raw material* Gambar 4.3 (a) memiliki struktur butiran yang cukup rata, dikarenakan struktur dari spesimen tidak terkena perlakuan *shot peening*. Pada Gambar 4.3 (b), 4.3 (c), dan 4.3 (d) terjadi pengecilan dan pemipihan butiran dengan kedalaman yang seiring dengan variasi waktu penembakan *shot*

*peening*. Pengecilan butiran yang terjadi pada permukaan spesimen disebabkan oleh tumbukan bola-bola baja yang konstan dan berkecepatan tinggi, sehingga terjadinya deformasi plastis yang terdapat pada bagian permukaan spesimen. Butiran-butiran dari struktur material akan semakin membesar atau normal seiring menjauh dari bagian permukaan, dikarenakan efek dari deformasi tidak mempengaruhi struktur dasar spesimen.



**Gambar 4.3** Hasil foto struktur mikro (a) *raw material*, variasi waktu penembakan (b) 5 menit, (c) 10 menit, dan (d) 15 menit

#### 4.2.3 Hasil dan Pembahasan Pengujian Ketebalan

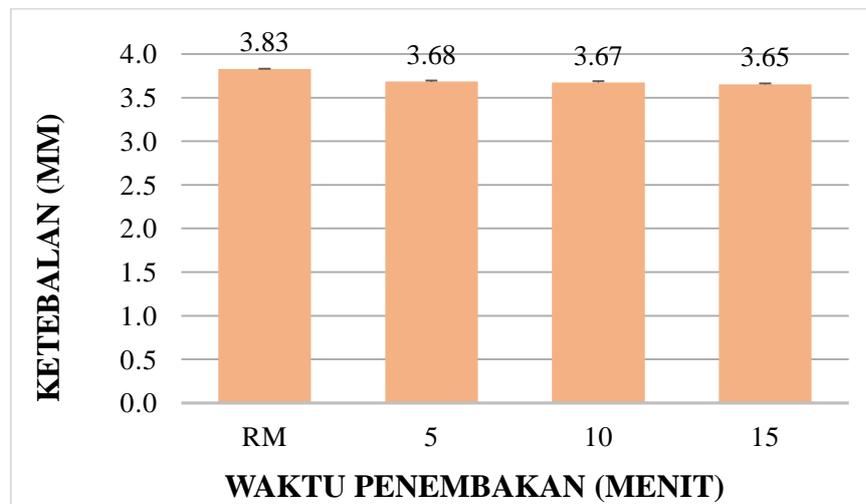
Perlakuan permukaan *shot peening* mempunyai pengaruh dengan nilai ketebalan dari pelat *stainless steel* AISI 316L. Dimana rata-rata ketebalan diperoleh dari pengukuran pelat setelah diberi perlakuan permukaan dengan menggunakan

mikrometer sekrup. Tabel 4.1 dan Gambar 4.4 menunjukkan nilai rata-rata dari ketebalan pelat sebelum dan sesudah diberi perlakuan permukaan *shot peening*.

**Tabel 4.1** Hasil rata-rata nilai ketebalan spesimen sebelum dan sesudah *shot peening*

| Variasi Waktu | Titik 1 | Titik 2 | Titik 3 | Rata-rata | STDEV |
|---------------|---------|---------|---------|-----------|-------|
| RM            | 3.83    | 3.82    | 3.83    | 3.83      | 0.01  |
| 5 Menit       | 3.69    | 3.69    | 3.67    | 3.68      | 0.012 |
| 10 Menit      | 3.69    | 3.67    | 3.66    | 3.67      | 0.015 |
| 15 Menit      | 3.66    | 3.64    | 3.66    | 3.65      | 0.012 |

Dari Tabel 4.1 dapat diketahui bahwa ketebalan dari *raw material* pada masing masing titik mempunyai nilai selisih yang tidak terlalu jauh, dikarenakan belum adanya perubahan bentuk permukaan dari spesimen. Untuk variasi waktu penembakan 5 menit pada titik 1 dan titik 2 mempunyai ketebalan yang sama dan ketebalan menurun pada titik 3. Ketebalan pada spesimen variasi waktu penembakan 10 menit pada titik 1, titik 2, dan titik 3 mempunyai nilai yang semakin menurun. Pada spesimen dengan variasi waktu penembakan 15 menit mempunyai ketebalan yang cenderung naik turun pada titik 1, titik 2, dan titik 3. Variasi nilai ketebalan dari spesimen yang sudah diberi perlakuan *shot peening* pada masing-masing titik disebabkan oleh permukaan spesimen yang tidak rata dikarenakan pengaruh dari *shot peening*.

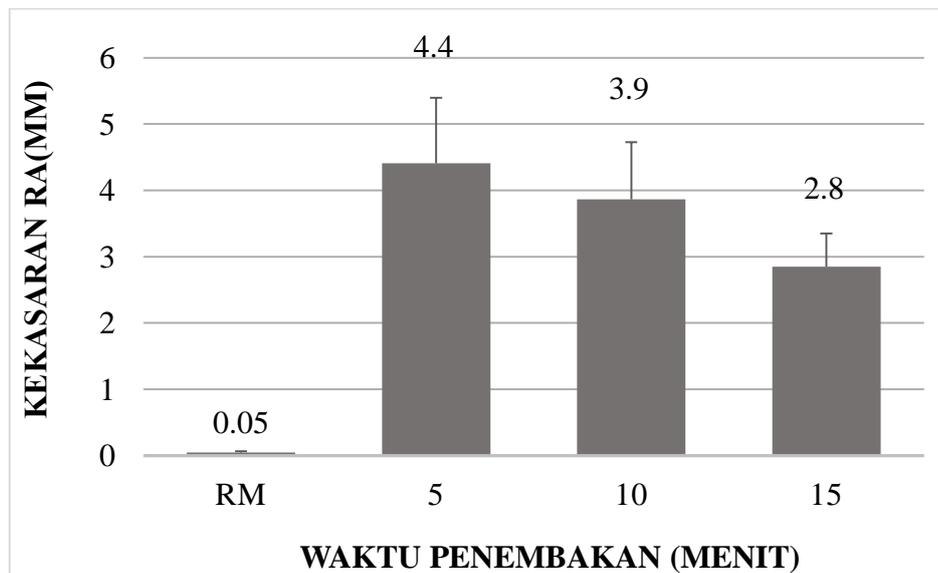


**Gambar 4.4** Grafik Hasil rata-rata nilai ketebalan spesimen sebelum dan sesudah *shot peening* dengan variasi waktu penembakan

Pada Gambar 4.4 dapat lihat bahwa *raw material* mempunyai rata-rata 3.83 mm, untuk perlakuan *shot peening* dengan variasi waktu 5 menit mempunyai rata-rata ketebalan 3.68 mm, variasi waktu 10 menit dengan rata-rata ketebalan 3.67 mm, dan variasi waktu penembakan 15 menit mempunyai rata-rata ketebalan 3.65 mm. Ketebalan dari *raw material* dibanding dengan spesimen yang sudah diberi perlakuan *shot peening* mempunyai nilai selisih rata-rata yang sangat besar, dikarenakan pengaruh deformasi dari *shot peening* itu sendiri, sedangkan ketebalan dari spesimen yang sudah diberi perlakuan permukaan dengan variasi waktu mempunyai nilai selisih rata-rata yang kecil, dikarenakan variasi waktu yang digunakan saat perlakuan permukaan hanya selisih 5 menit.

#### 4.2.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekasaran

Pengaruh dari perlakuan *shot peening* terhadap nilai kekasaran permukaan pelat *stainless steel* AISI 316L dilambangkan menggunakan nilai rata-rata (*ra*) pada masing-masing spesimen yang terdapat pada Gambar 4.5.



**Gambar 4.5** Grafik nilai kekasaran rata-rata (*ra*) sebelum dan sesudah *shot peening* dengan variasi waktu penembakan

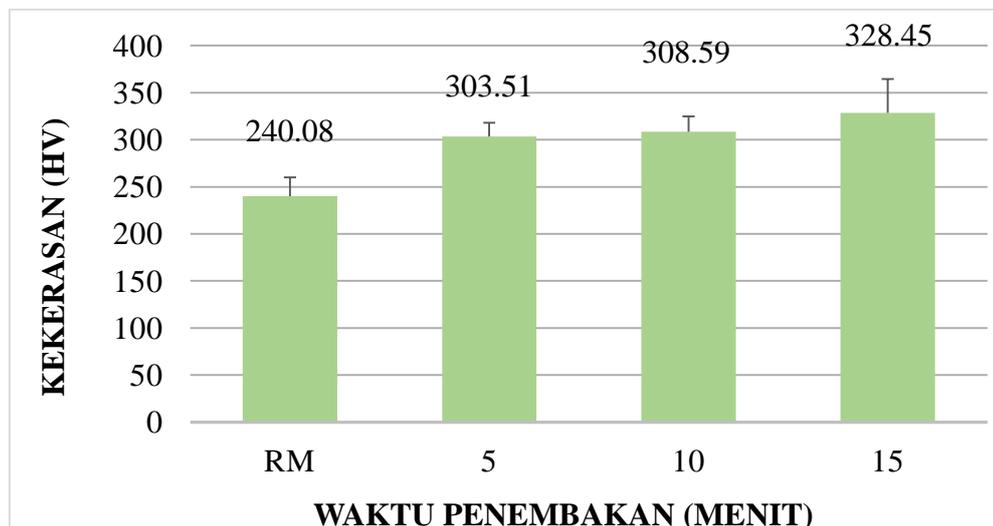
Pada Gambar 4.5 menunjukkan bahwa *raw material* mempunyai nilai rata-rata kekasaran yang paling kecil, sebesar  $0.1 \mu\text{m}$ , dan terjadi peningkatan rata-rata kekasaran secara signifikan setelah diberi perlakuan *shot peening*, dengan nilai kekasaran rata-rata sebesar  $4.4 \mu\text{m}$  pada variasi waktu penembakan 5 menit, dan terjadi penurunan pada variasi waktu penembakan 10 menit sebesar  $3.9 \mu\text{m}$ , nilai rata-rata kekasaran yang paling kecil setelah diberi perlakuan permukaan terdapat pada variasi waktu penembakan 15 menit sebesar 2.8, yang disebabkan tumbukan yang berulang-ulang sehingga cekungan yang terdapat pada permukaan spesimen menjadi lebih rata dibanding dengan variasi waktu penembakan 5 menit.

#### 4.2.5 Hasil dan Pembahasan Pengujian Kekerasan Mikro

Secara umum perlakuan *shot peening* mempengaruhi kekerasan pada permukaan sampel, dimana terdapat tegangan sisa pada kedalaman tertentu. Hasil dari perlakuan *shot peening* terhadap pengujian kekerasan permukaan juga menunjukkan adanya peningkatan seiring dengan variasi waktu yang diberikan. Pada Tabel 4.1 menunjukkan hasil nilai rata-rata dari pengujian yang sudah dilakukan dan diprosentasekan pada Gambar 4.6.

**Tabel 4.2** Hasil pengujian kekerasan mikro

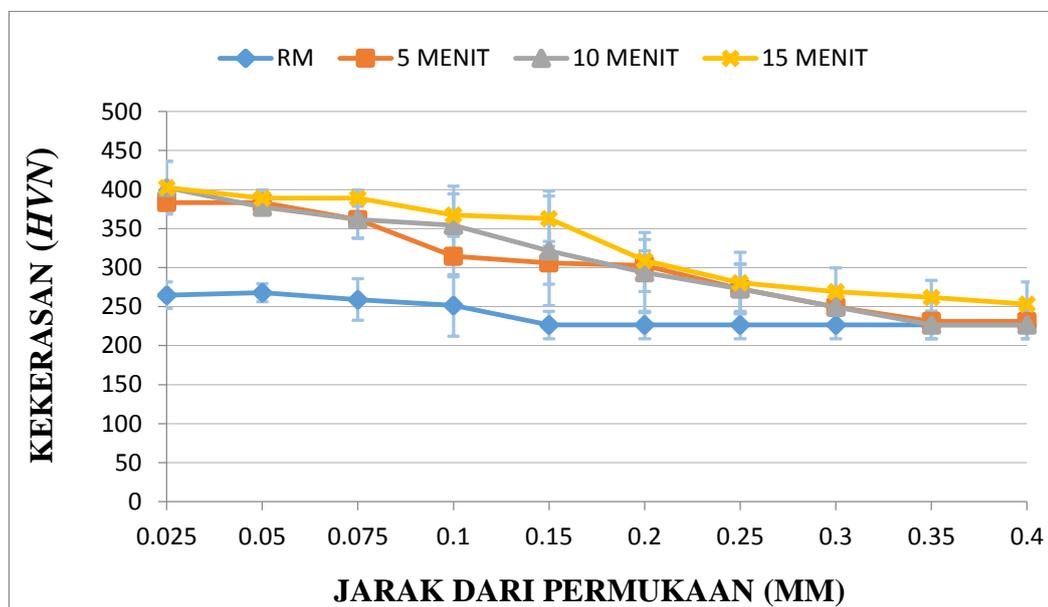
| Variasi Waktu Penembakan | Spesimen 1 | Spesimen 2 | Spesimen 3 | HVN Rata-rata | STDEV  |
|--------------------------|------------|------------|------------|---------------|--------|
| RM                       | 217.0      | 251.6      | 251.6      | 240.1         | 19.994 |
| 5 Menit                  | 288.0      | 304.0      | 318.5      | 303.5         | 15.272 |
| 10 Menit                 | 281.5      | 322.3      | 322.0      | 308.6         | 23.424 |
| 15 Menit                 | 314.0      | 334.4      | 336.9      | 328.5         | 12.551 |

**Gambar 4.6** Grafik rata-rata pengujian kekerasan *raw material* dan material dengan perlakuan *shot peening* variasi waktu penembakan

Pada Gambar 4.6 menunjukkan grafik rata-rata pengujian kekerasan dimana kekerasan *raw material* atau sebelum diberi perlakuan *shot peening* adalah 240.08 kg/mm<sup>2</sup>, dan kekerasan terlihat semakin meningkat seiring dengan material yang sudah diberi perlakuan *shot peening* menggunakan variasi waktu 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Nilai kekerasan paling tinggi adalah material yang sudah diberi perlakuan permukaan dengan variasi waktu penembakan 15 menit yaitu sebesar 328.45 kg/mm<sup>2</sup>. Terjadinya peningkatan nilai kekerasan disebabkan oleh semakin lama durasi penembakan yang dilakukan maka akan membuat tumbukan bola-bola

baja akan semakin banyak sehingga tumbukannya semakin kuat yang mempengaruhi pemadatan butiran-butiran pada permukaan spesimen.

Gambar 4.7 menunjukkan hasil distribusi kekerasan permukaan *raw material* dan material yang sudah diberi perlakuan permukaan dengan variasi waktu penembakaan menggunakan material *stainless steel* AISI 316L, dimana nilai distribusi kekerasan dengan menggunakan metode mikro *vickers* menunjukkan adanya peningkatan nilai kekerasan dan terjadi penurunan seiring dengan turunnya tegangan sisa yang terjadi pada material yang sudah diberi perlakuan permukaan.



**Gambar 4.7** Distribusi nilai kekerasan (*HVN*) terhadap variasi waktu penembakaan *shot peening*

Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa *raw material* memiliki nilai kekerasan (*HVN*) yang paling rendah dibanding dengan material yang sudah diberi perlakuan permukaan. Terjadi penurunan kekerasan yang bertahap pada material yang sudah diberi perlakuan permukaan yang seiring dengan bertambahnya jarak dari permukaan. *Shot peening* sendiri mempunyai pengaruh pada distribusi kekerasan dimana terjadinya pemadatan butiran-butiran struktur dari material, akan tetapi seiring dengan semakin dalam jarak dari permukaan spesimen butiran-butiran dari

material akan menjadi sama dan seragam, hal ini disebabkan pengaruh dari tumbukan bola-bola baja tersebut tidak lebih dari kedalaman 0.4 mm

#### 4.2.6 Hasil dan Pembahasan Pengujian *Wettability*

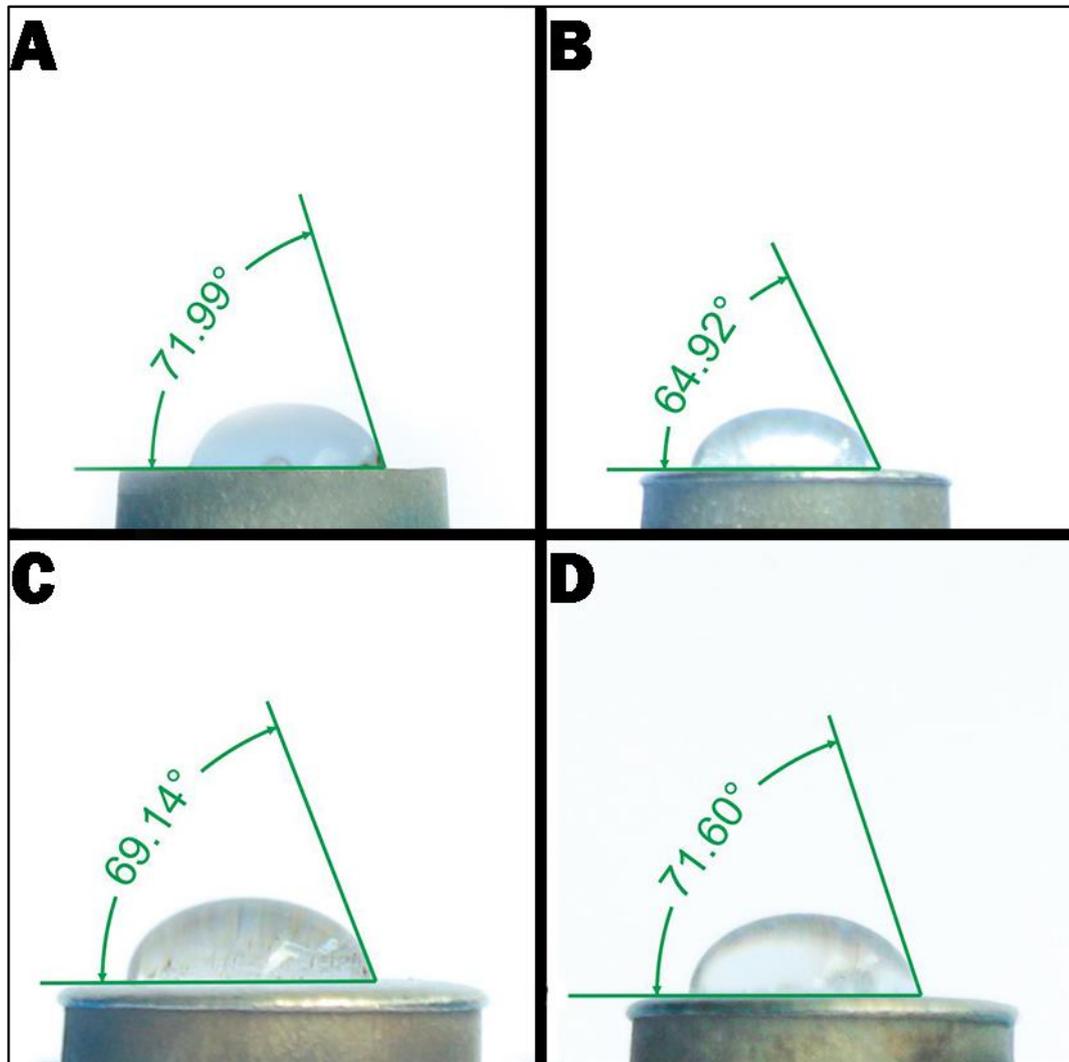
Perlakuan *shot peening* dengan variasi waktu terhadap besarnya nilai sudut kontak dari pelat *stainless steel* AISI 316 L memiliki pengaruh terhadap sifat dari permukaan spesimen itu sendiri. Tabel 4.2 menunjukkan hasil dari pengujian *wettability* dengan 3 kali penetesan. Dimana karakter suatu spesimen dapat dikatakan tidak suka air (*hydrophobic*) apabila sudut kontak  $>90^\circ$ , sedangkan apabila sudut kontak  $<90^\circ$  menunjukkan bahwa spesimen tersebut suka air (*hydrophilic*).

**Tabel 4.3** Nilai rata-rata sudut kontak *stainless steel* AISI 316L

| Variasi Waktu Penembakan | Sudut Kontak         |                      |                      | Rata-rata ( $^\circ$ ) | STDEV |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-------|
|                          | Tetes 1 ( $^\circ$ ) | Tetes 2 ( $^\circ$ ) | Tetes 3 ( $^\circ$ ) |                        |       |
| RM                       | 71.99                | 74.15                | 71.70                | 72.61                  | 1.34  |
| 5 Menit                  | 59.60                | 68.31                | 64.92                | 64.28                  | 4.39  |
| 10 Menit                 | 68.82                | 69.14                | 68.38                | 68.78                  | 0.38  |
| 15 Menit                 | 71.60                | 72.81                | 69.92                | 71.44                  | 1.45  |

Dari Tabel 4.3 menunjukkan bahwa *raw material* pada tetes 1 dan tetes 3 mempunyai besar sudut kontak yang hampir sama sebesar  $71.99^\circ$  dan  $71.70^\circ$ , terjadi kenaikan pada tetes 2 dengan besar sudut kontak  $74.15^\circ$ . Pada variasi waktu penembakan 5 menit tetes 1 mempunyai sudut kontak yang rendah sebesar  $59.60^\circ$  dan mengalami kenaikan yang signifikan pada tetes 2 sebesar  $68.31^\circ$  lalu mengalami penurunan sudut kontak pada tetes 3 sebesar  $64.92^\circ$ . Untuk variasi waktu penembakan 10 menit pada tetes 1, tetes 2, dan tetes 3 mempunyai selisih nilai yang tidak terlalu jauh, yaitu sebesar  $68.82^\circ$ ,  $69.14^\circ$ , dan  $68.38^\circ$ . pada variasi

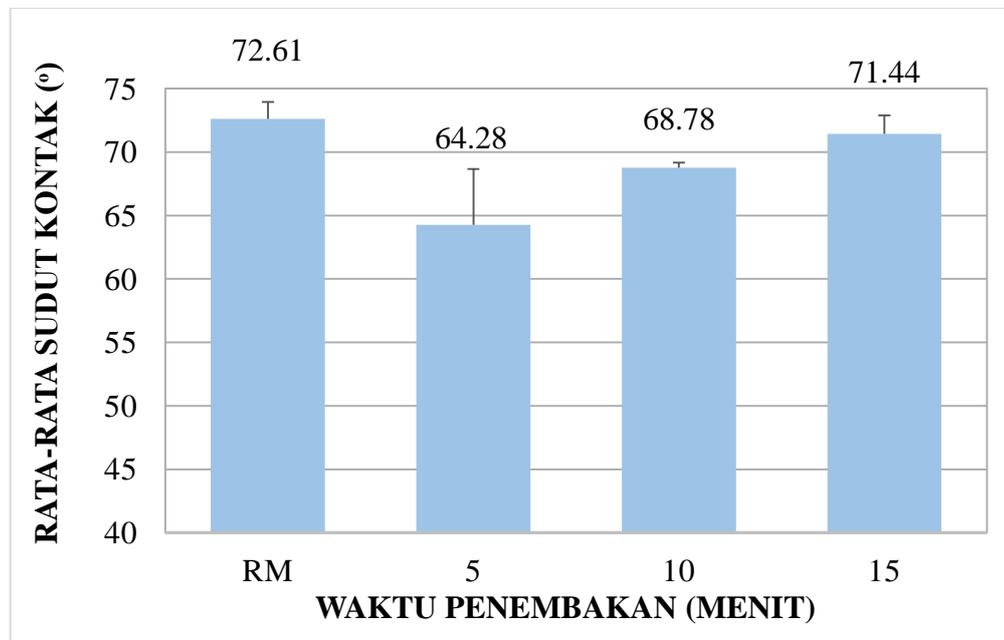
penembakan 15 menit mengalami penurunan sudut kontak dari tetes 1 hingga tetes 3, sebesar  $71.60^\circ$ ,  $72.81$ , dan  $69.92^\circ$ .



**Gambar 4.8** Hasil pengujian *wettability* (a) *raw material*, variasi waktu penembakan (b) 5 menit, (c) 10 menit, dan (d) 15 menit

Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa *raw material* (a) mempunyai sudut kontak yang lebih tinggi yaitu sebesar  $71.70^\circ$  dibanding spesimen yang sudah diberi perlakuan permukaan, dimana variasi waktu penembakan 5 menit mempunyai sudut kontak  $64.92^\circ$ , untuk variasi waktu 10 mempunyai sudut kontak sebesar  $69.14^\circ$ , dan variasi waktu penembakan 15 menit mempunyai sudut yang hampir

sama dengan *raw material* tetapi masih dibawah nilai *raw material* yaitu sebesar 71.60°.



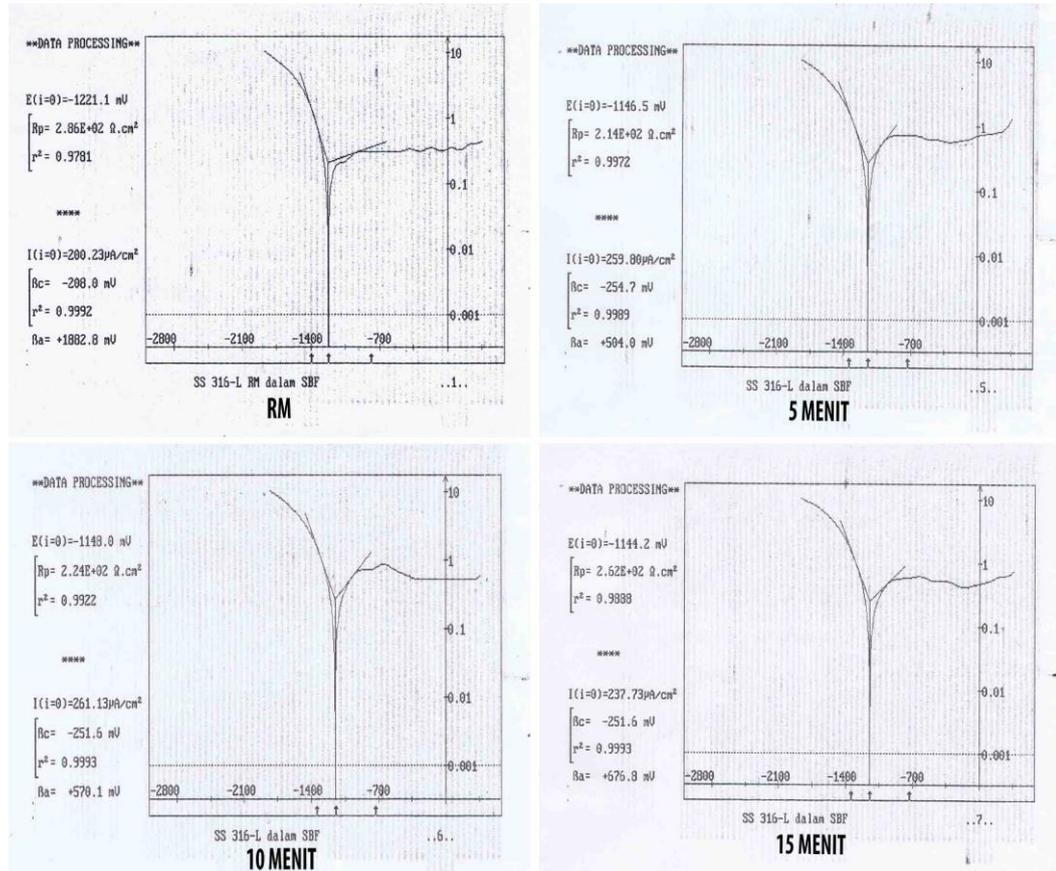
**Gambar 4.9** Grafik hasil pengujian *wettability* material spesimen *stainless steel* AISI 316L

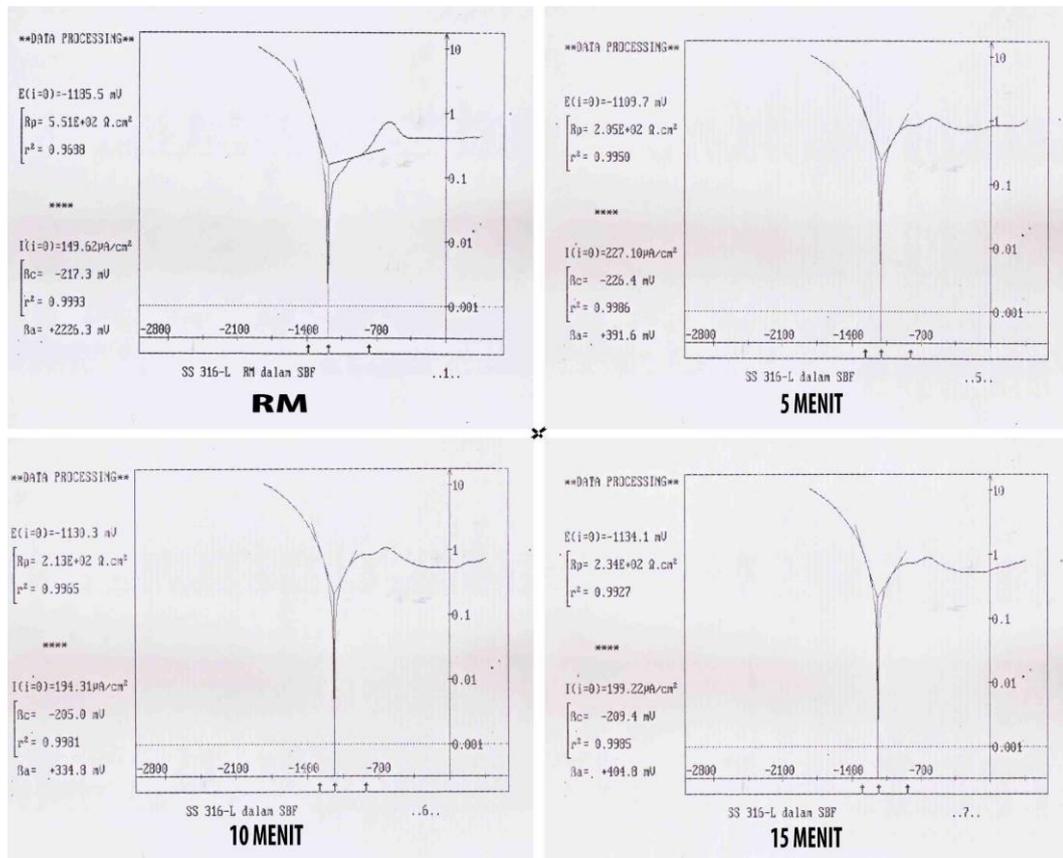
Dari Gambar 4.7 dapat dilihat bahwa *raw material* mempunyai rata-rata sudut kontak yang paling tinggi dengan nilai rata-rata sudut kontak 72.61°. Sedangkan spesimen yang sudah diberi perlakuan permukaan dengan variasi waktu 5 menit mempunyai nilai sudut kontak rata-rata 64.28°, terjadi kenaikan pada variasi waktu penembakan 10 menit dengan nilai sudut kontak rata-rata 68.78°, dan variasi waktu penembakan 15 menit dengan nilai rata-rata sudut kontak 71.44°.

#### 4.2.7 Hasil dan Pembahasan Pengujian Laju Korosi

*Stainless steel* AISI 316L termasuk dalam kategori material yang cukup tahan terhadap adanya korosi. Seperti hasil penelitian (Sunardi, 2015), yang diketahui bahwa perlakuan *shot peening* dapat meningkatkan ketahanan korosi yang diakibatkan terbentuknya lapisan pasif yang melindungi permukaan logam. Dari hasil pengujian laju korosi didapatkan data berupa grafik tafel yang ditunjukkan

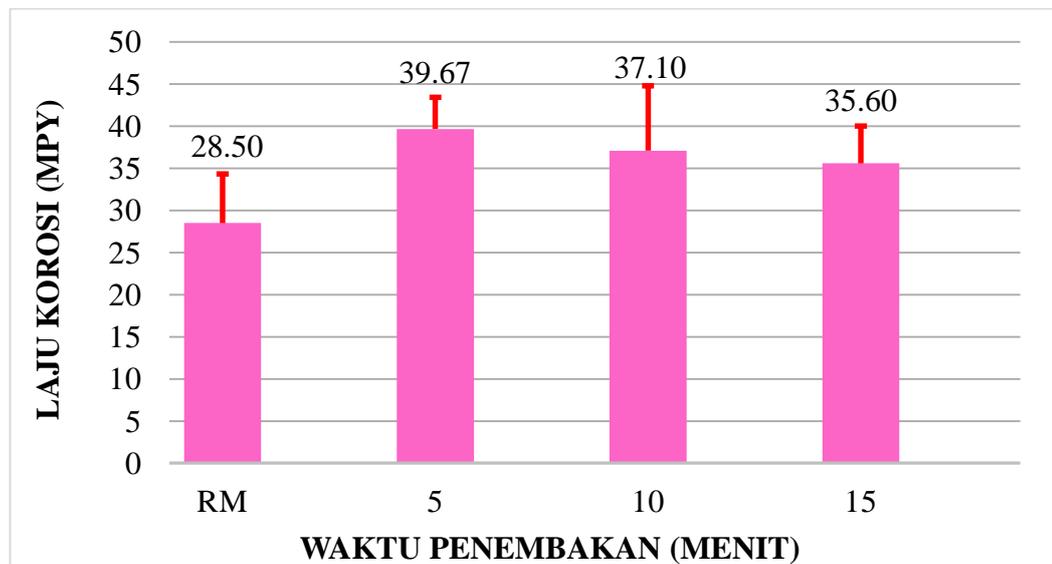
pada Gambar 4.10, dimana dapat diketahui nilai laju korosi dari material yang belum diberi perlakuan *shot peening* (*raw material*) maupun material yang sudah diberi perlakuan *shot peening* dengan variasi waktu penembakan 5 menit, 10 menit, dan 15 menit.





**Gambar 4.10** Grafik tafel hasil pengujian laju korosi

Sesuai yang ditunjukkan pada Gambar 4.10, dimana pada grafik tersebut merupakan hasil dari pengujian laju korosi dimana variabel yang digunakan adalah *raw material* dan variasi waktu penembakan *shot peening* dengan durasi 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Dengan Gambar 4.10 terlihat perbandingan dseta perbedaan dengan menghitung nilai rapat arus ( $I_{corr}$ ), dan dari grafik tafel tersebut kemudian dihitung menggunakan persamaan 2.6, sehingga didapat grafik perbandingan seperti pada Gambar 4.11.



**Gambar 4.11** Grafik hubungan antara laju korosi dengan variasi waktu penembakan *shot peening*

Dari Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa pelat spesimen sebelum diberi perlakuan *shot peening* (*raw material*) memiliki nilai laju korosi 28.50 mpy, kemudian spesimen dengan variasi waktu penembakan 5 menit memiliki nilai laju korosi 39.67 mpy, dan nilai laju korosi pada variasi penembakan 10 menit turun dengan nilai 37.10 mpy, dan nilai laju korosi terjadi penurunan kembali pada variasi waktu penembakan 15 menit dengan nilai mpy 35.60.

**Tabel 4.4** Kategori *relative corrosion resistance* (Chodijah, 2008)

| Relative Corrosion Resistance | <i>mpy</i> | $\frac{mm}{yr}$ | $\frac{\mu m}{yr}$ | $\frac{nm}{hr}$ | $\frac{pm}{sec}$ |
|-------------------------------|------------|-----------------|--------------------|-----------------|------------------|
| Sangat Tahan                  | 1 – 5      | 0,02 – 0,1      | 25 – 100           | 2 – 10          | 1 – 5            |
| Tahan                         | 5 – 20     | 0,1 – 0,5       | 100 – 500          | 10 – 50         | 5 – 50           |
| Sedang                        | 20 – 50    | 0,5 – 1         | 500 – 1000         | 50 – 150        | 20 – 50          |
| Mudah                         | 50 – 200   | 1 – 5           | 1000 – 5000        | 150 – 500       | 50 – 200         |
| Sangat Mudah                  | >200       | >5              | >5000              | >500            | >200             |

Berdasarkan pada Gambar 4.11 dan Tabel 4.4 dapat diketahui bahwa spesimen dengan material *stainless steel* AISI 316L setelah diberi perlakuan permukaan mempunyai kategori laju korosi sedang, apabila nilai laju korosi semakin kecil, maka ketahanan material menerima korosi akan semakin besar dan material akan tidak mudah terkorosi.