



Peningkatan kekerasan bahan metal besi dan aluminium dengan mencangkokkan ion nitrogen menggunakan metode implantasi ion

Dzulkiflih^{1, a} dan A F Iman²

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya 60231, Indonesia

²Jurusan Teknik Listrik Industri, Politeknik Negeri Madura (POLTERA), Madura 69281, Indonesia

^adzulkiflih@unesa.ac.id

Abstrak. Sistem implantasi ion merupakan proses doping (pencangkokan ion) tertentu kedalam suatu bahan dengan alat akselerator ion. Dengan implantasi ion dapat dihasilkan bahan yang sifatnya baru, terutama pada sifat-sifat mekanik permukaan tanpa mengubah struktur bahan yang diimplantasi. Tujuan penelitian ini adalah dapat meningkatkan kekerasan bahan yang optimal dengan dosis nitrogen pada energi ion dopan tertentu. Untuk mendapatkan cuplikan yang baik kita harus menggunakan gas dopan sejenis (nitrogen) sehingga terjaga kemurniaannya, dalam hal ini kekerasan meningkat pada dosis sedang (kestabilan radiasi) hasil yang diperoleh dari masing-masing cuplikan dan didapatkan kekerasan maksimal yang dicapai dari cuplikan besi (*Fe*) didapat pada perlakuan anialing yaitu $218,006 \text{ grf}/\mu\text{m}^2 + 1,579$ pada dosis ion $1,25 \cdot 10^{17}$ (ion/cm²). Sedangkan pada aluminium (*Al*) didapat pada perlakuan tanpa anialing yaitu $48,040 \text{ grf}/\mu\text{m}^2 + 0,298$ pada dosis ion $1,430 \times 10^{17}$ (ion/cm²). Dalam penganilan ditekankan pada ketepatan waktu dan suhu sehingga dapat mencapai tujuan dari penelitian yang benar.

1. Pendahuluan

Metoda implantasi ion merupakan salah satu teknik untuk mengubah permukaan material baik fisis ataupun sifat tahan korosi, Penerapan teknologi terutama dalam bidang industri nasional untuk menghasilkan suatu bahan yang mempunyai mekanik yang lebih unggul, maka perlu adanya peningkatan mutu hasil produksi serta rancang bangun dan rekayasa untuk mengembangkan sifat metal yang berkualitas.

Akselerator implantasi ion adalah alat yang dapat dipartikel bermuatan listrik dengan cara melewati dalam suatu beda potensial. Teknik implantasi ion-ion mempunyai derajat kemampuan yang tinggi sebagai suatu cara untuk mengubah dan memperbaiki sifat-sifat permukaan suatu bahan. Kelebihan metoda doping dengan menggunakan teknik implantasi ion antara lain:

1. Kecepatan homogenitas, reproduksibilitas, dan proses doping
2. Pengontrolan jumlah ion-ion dopan yang diimplantasikan ke dalam bahan dapat dilakukan secara akurat
3. Hanya memerlukan kemurnian rendah karena ion-ion dapat dipisahkan sesuai dengan massa

4. Tidak mengubah bentuk berbagai variasi atom dopan dan bahan
5. Mudah dibuat untuk berbagai variasi atom dopan dan bahan yang akan diimplantasi

Dalam teknologi semikonduktor dosis ion dopan yang diperlukan antara 10^{11} - 10^{16} ion cm^{-2} . Akan tetapi jika teknik implantasi ion tersebut digunakan untuk doping dalam bahan metal diperlukan dosis ion 10^{17} - 10^{18} cm^{-2} .

2. Metode

Dalam penelitian didapatkan empat pekerjaan utama yang dilakukan:

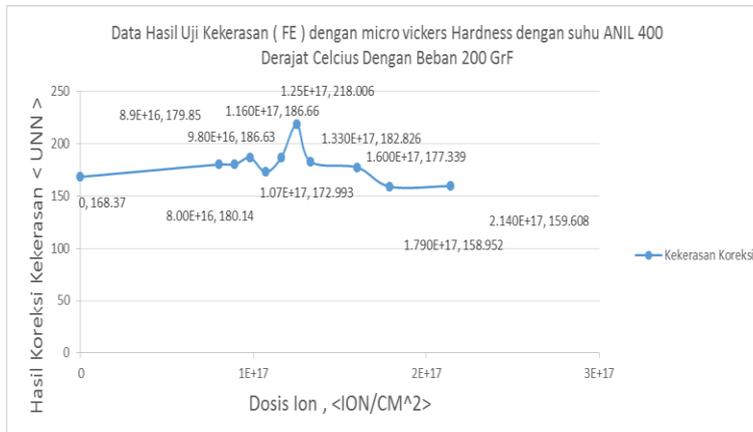
1. Meyiapkan bahan cuplikan Fe dan Al berbentuk plat dengan ketebalan 2,5 mm yang dipotong-potong dengan masing-masing ukuran (1,5 x 1) cm untuk besi dan (1 x 2) cm untuk aluminium. Sebelum dilakukan doping, terlebih dahulu dibersihkan sehingga permukaan bahan mengkilat dan dicelupkan alkohol selama beberapa menit sebelum dimasukkan ke dalam tabung hampa.
2. Implantasi ion dengan cara memasukkan cuplikan pada target dan dan memvakumkan mesin akselerator pada tekanan sekitar 10^{-4} sampai 10^{-5} mBarr. Setelah mencapai maksimum, baru operasi dimulai dalam waktu 30 menit dengan tenaga 40 KeV. Pada proses ini ditembakkan ion nitrogen ke target. Selanjutnya gas tersebut oleh tegangan akselerator negatif ditarik keluar kemudian oleh tabung akselerator berkas ion nitrogen dipercepat secara homogen atau merata.
3. Penganilan (pekerjaan laku panas) menggunakan mesin anil dengan mempercepat arus listrik. Agar suhu cepat tercapai, maka suhu dikonstankan selama 30 menit, selanjutnya arus dimatikan dan dibiarkan hingga menunjukkan suhu terendah 0 derajat dan sampel bisa diambil.
4. Pengujian kekerasan *Micro Vickers Hardness* kami memilih beban halus baru kami menempatkan inden tepat diatas cuplikan.

3. Hasil dan Pembahasan

Setelah diadakan penelitian terhadap kekerasan Fe dan Al (baik perlakuan dengan anil maupun dengan tanpa anil) dapat diidentifikasi data-data hasil penelitian dibawah ini dari perlakuan dari dua kejadian yang berbeda dan bahan dopan yang berbeda maka di dapat hasil yang dapat menentukan kehandalam dari masing-masing bahan dengan dosis ion yang berbeda dengan Uji kekerasan bahan yang dengan beban 200 -50 GrF. Setelah dilakukan tahap-tahap pengujian sampel atau cuplikan bahan Fe dan Al, hasil tabel dan grafik dari masing-masing bahan dianalisis sebagai berikut:

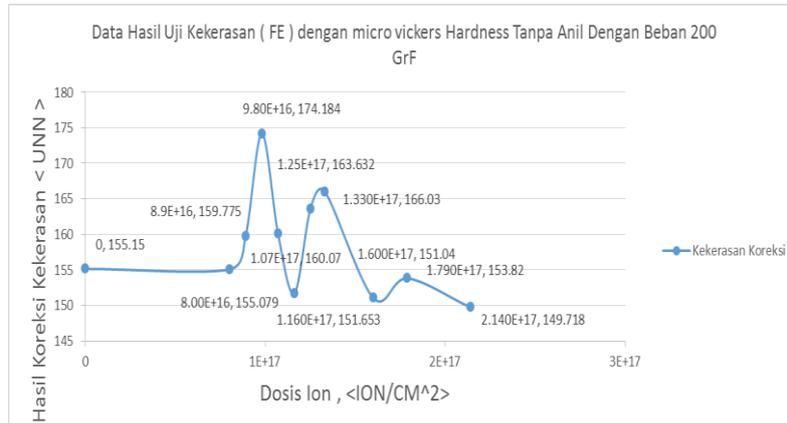
3.1 Data hasil uji kekerasan (FE), menggunakan micro vickers hardness dengan beban 200 grf

Pada perlakuan hasil uji kekerasan terhadap dopan FE didapatkan hasil uji kekerasan dengan beban inden sekitar 200 grf, yang disajikan pada grafik di bawah ini:



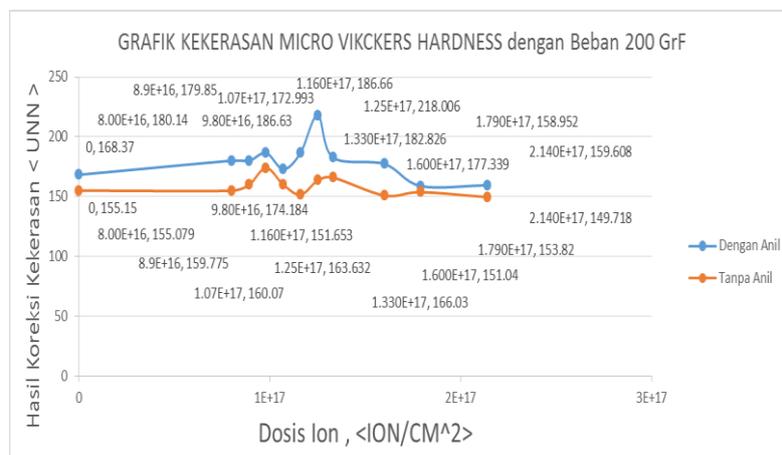
Gambar 1. Hasil uji kekerasan (FE) dengan *Micro Vickers Hardness* dan suhu ANIL 400°C pada beban 200 grf.

Gambar 1 menunjukkan hubungan dosis ion nitrogen yang diimplantasi dan dianil terdapat tingkat kekerasan lapisan Fe yang terbentuk dalam lapisan bahan hasil implantasi yang mana terdapat puncak kekerasan pada $218,006 \text{ grf}/\mu\text{m}^2$ dengan arus $140 \mu\text{A}$ dan dosis ion $1,25 \cdot 10^{17} \text{ ion}/\text{cm}^2$, sedangkan pada arus $240 \mu\text{A}$ (dosis ion $2,14 \times 10^{17} \text{ ion}/\text{cm}^2$) kekerasan yang didapatkan menurun sekitar $159.608 \text{ grf}/\mu\text{m}^2$.



Gambar 2. Hasil uji kekerasan (FE) dengan *micro vickers hardness* tanpa anil dengan beban 200 grf.

Gambar 2. menunjukkan hubungan dosis ion nitrogen yang diimplantasi terdapat tingkat kekerasan lapisan Fe yang terbentuk dalam lapisan bahan hasil implantasi yang mana terdapat puncak kekerasan pada $174.284 \text{ grf}/\mu\text{m}^2$ dengan arus $110 \mu\text{A}$ dan dosis ion $0,98 \times 10^{17} \text{ ion}/\text{cm}^2$. Sedangkan pada arus $240 \mu\text{A}$ (dosis ion $2,14 \times 10^{17} \text{ ion}/\text{cm}^2$) kekerasan yang didapatkan mencapai $153.822 \text{ grf}/\mu\text{m}^2$. dan pada duplikan tanpa perlakuan sama sekali kekerasannya mencapai $155.150 \text{ grf}/\mu\text{m}^2$.



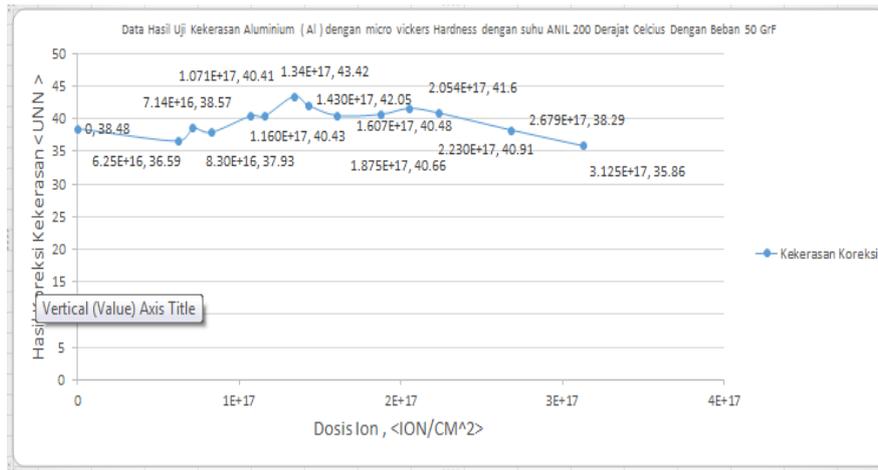
Gambar 3. Perbandingan hasil uji kekerasan FE dengan *micro vickers hardness* tanpa anil dan anil dengan beban 200 grf.

Berdasarkan data di atas maka hasil uji dipengaruhi beberapa hal yang antara lain: sebelum proses implantasi berlangsung akan terjadi pergeseran kisi atom pada suatu letak interstisial, substitusi dan dihasilkan kekosongan sehingga kekerasan dari lapisan besi yang terbentuk mempunyai nilai maksimal, dimana ion-ion nitrogen telah menempati suatu kekosongan dan atom interstisial. Selain itu kekerasan yang terjadi yang diakibatkan oleh radiasi selama proses implantasi. Nilai kekerasan yang

mencapai minimum disebabkan oleh turunnya irradiasi ion yang terimplantasi pada permukaan bahan metal Fe.

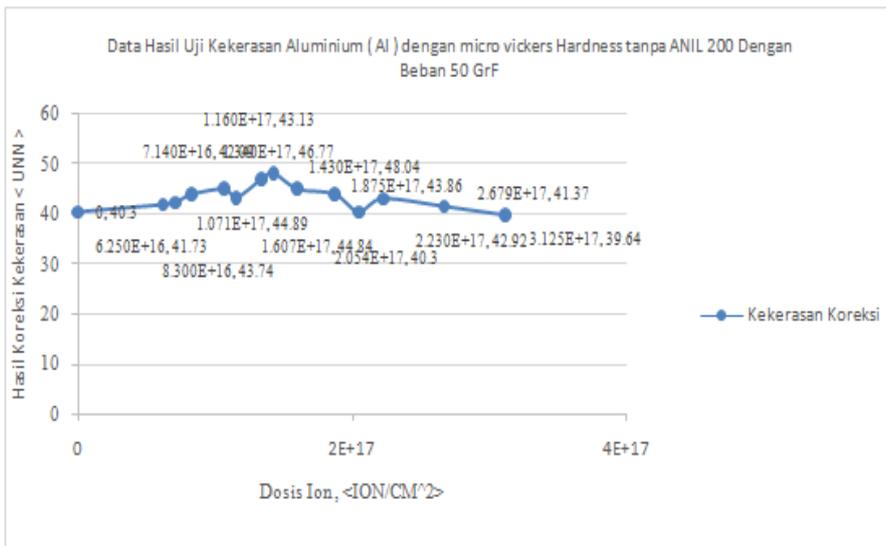
3.2. Data hasil uji kekerasan aluminium (Al) menggunakan micro vickers hardness dengan beban 50 grf

Pada penelitian plat aluminium dengan ukuran permukaan 2.5 mm dengan variasi dosis ion nitrogen dari $0,63 \cdot 10^{17}$ sampai $3,13 \cdot 10^{17}$ ion/cm² dan energi ion 40 KeV.



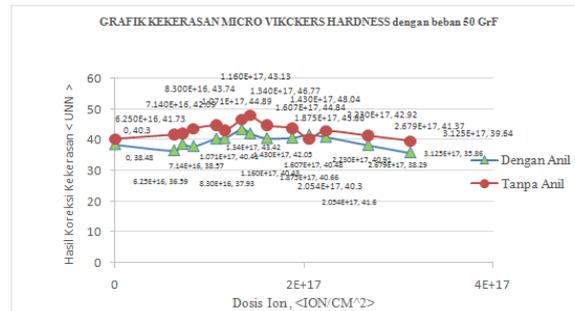
Gambar 4. Hasil uji kekerasan aluminium (Al) dengan *micro vickers hardness* dengan suhu anil 200⁰C dengan beban 50 grf.

Gambar 4 menunjukkan hubungan dosis ion nitrogen yang diimplantasi dan dianil 200 °C dengan beban uji 50 grf, terdapat tingkat kekerasan lapisan Al yang terbentuk dalam lapisan bahan hasil implantasi yang mana terdapat pada puncak kekerasan pada 43,42 grf/μm² pada arus 150 μA dosis ion 1,34 x 10¹⁷ ion/cm². Sedangkan pada arus 350 μA (dosis ion 3,125 x 10¹⁷ ion/cm²) kekerasan yang didapatkan sekitar 35,86 grf/μm².



Gambar 5. Hasil uji kekerasan aluminium (Al) dengan *micro vickers hardness* tanpa anil dengan beban 50 grf.

Sedangkan Al tanpa anil terdapat tingkat kekerasan lapisan Al yang terbentuk dalam lapisan bahan hasil implantasi yang mana terdapat puncak kekerasan pada $39,64 \text{ grf}/\mu\text{m}^2$ dengan arus $350 \mu\text{A}$ dan dosis ion $3,135 \times 10^{17} \text{ ion}/\text{cm}^2$, sedangkan pada arus $160 \mu\text{A}$ (dosis ion $1,43 \times 10^{17} \text{ ion}/\text{cm}^2$) kekerasan yang didapatkan sekitar $48,04 \text{ grf}/\mu\text{m}^2$.



Gambar 6. Perbandingan hasil uji kekerasan Aluminium (Al) dengan *micro vickers hardness* tanpa anil dan anil pada beban 50 grf.

Dalam pembahasan ini masalah-masalah serta faktor-faktor yang mempengaruhi kekerasan dari segi fisis dan mekaniknya, kalau kita amati sejauh hasil dari implantasi, dengan menganalisa kekerasan suatu bahan dalam penelitian ini banyak dipengaruhi hal-hal sebagai berikut:

1. Dalam perlakuan menyiapkan cuplikan yang mana permukaan cuplikan harus sehalus mungkin (mengkilat) sehingga in nitrogen dapat tertanam lebih kuat tertanam pada lapisan permukaan
2. Dalam proses pengoprasian (implantasi ion) yang mana sangat dipengaruhi oleh ruang hampa dengan kehampaan yang kemungkinan besar ion nitrogen dapat menempel lebih kuat dan tidak tercampur dengan gas-gas lainnya misalkan bekas implantasi ion argon serta boron
3. Perlakuan anil dipengaruhi ketepatan suhu dengan perbandingan waktu, yang mana temperatur rekristalisasi biasanya 0,4–0,6 Tm. Agar berlangsung lebih cepat, bila di bawah suhu rekristalisasi struktur yang dihasilkan terdistorsi mengandung energi struktur yang menghasilkan kekerasan lebih lunak dan mempunyai sifat-sifat logam awal (tanpa perlakuan)
4. Terjadi kekosongan akibat hantaman partikel berenergi tinggi dalam penembakan elektron (ion nitrogen) oleh karena itu jarak logam sangat besar sehingga kerusakan yang terjadi tidak terisolir, yang mengakibatkan permukaan bahan akan terdistribusi secara homogen dalam padatan.
5. Pengaruh ikatan dan pengaruh gaya luar, gaya luar sangat mempengaruhi kemampuan gaya electron pada ikatan logam, perbedaan besar lainnya ikatan logam dengan ikatan lainnya terletak pada perilaku bila diengaruhi oleh gaya luar, bila gaya luar cukup besar ikatan logam dapat terjadi pergelinciran ion logam membentuk pola sejenis yang tetap bertahan meskipun gaya diiadakan. Ini dimungkinkan sangat berpengaruh pada kekerasan logam.

4. Kesimpulan

Untuk mendapatkan cuplikan yang baik dan hasil implantasi ion, kami menggunakan gas dopan sejenis nitrogen sehingga dapat terjaga kemurniannya dalam proses doping serta kehampaan ruang vakum akselerator implantasi ion sangat dimungkinkan kekerasan bisa terjadi. Kekerasan pada dosis ion yang rendah menunjukkan hasil uji kekerasan turun, pada dosis ion sedang menunjukkan kekerasan meningkat, dan pada dosis ion tinggi kekerasan menurun. Hal ini disebabkan oleh kestabilan dari arus ion yang terimplantasi.

Kekerasan maksimal yang dicapai dari cuplikan besi pada perlakuan anil yaitu $218,006 \text{ grf}/\mu\text{m}^2$ pada dosis $1,25 \times 10^{17} \text{ ion}/\text{cm}^2$, sedangkan kekerasan maksimal yang dicapai pada cuplikan aluminium

tanpa perlakuan anil yaitu $48,040 \text{ grf}/\mu\text{m}^2$ pada dosis $1,430 \times 10^{17} \text{ ion}/\text{cm}^2$. Ini menunjukkan bahwa ketepatan waktu implantasi serta pemilihan bahan dan jenis ion dopan sangat menentukan.

Referensi

- [1] Rol P K 1977 *Pengantar Teknik Vakum* (Yogyakarta: Gajah Mada University Press)
- [2] Dieter G E 1993 *Metalurgi Mekanik Edisi 3 Jilid I* terjemahan oleh Djaprie S (Jakarta: Erlangga)
- [3] Wiryosumarto H dan Okumura T 1996 *Teknologi Pengelasan Logam*, (Jakarta: Pradnya Paramita)
- [4] Sulamdari S dan Sudjatmoko 1993 Karakterisasi Akselerator Implantor Ion 150 keV/1,7 mA di PPNY BATAN *Pros. Pertemuan dan Presentasi Ilmiah* (Yogyakarta: PPNY BATAN)