

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

M3-011 Studi Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Bahan Baut Untuk Pengunci *Diafragma Raw Mill* Di Pabrik Semen

Hairul Abral¹⁾, Jeffika Dalko¹⁾, Indrieffouny Indra²⁾ dan Win Bernadino²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Andalas

Kampus Limau Manih, Padang 25163, Indonesia
Phone: +62-751-72564, FAX: +62-751-72566, E-mail: abral@ft.unand.ac.id

²⁾PT. Semen Padang, Indarung, Padang

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian sifat mekanik, struktur makro dan mikro bahan baut yang digunakan untuk pengunci *Diafragma Raw Mill* di PT. Semen Padang. Bahan baut diuji kekuatan tarik dan nilai serta distribusi kekerasannya di sekitar ulir baut. Selanjutnya dilakukan pengamatan bentuk butir dengan menggunakan mikroskop optik. Komposisi kimia bahan baut juga diuji untuk mengetahui jenis bahan baut. Hasil pengujian didapatkan bahwa kekuatan tarik maksimum bahan baut adalah 690 MPa dengan regangan patah sebesar 12 %. Modulus elastisitas bahan baut terukur senilai 297 GPa. Distribusi kekerasan di sekitar ulir tidak berfluaktif tajam dan rata-rata nilainya 262 HVN. Bentuk butir disekitar ulir terlihat tidak pipih. Ini mengindikasikan bahwa ulir baut dibuat dengan proses pemesinan. Selanjutnya mutu ulir kurang baik yang ditandai dengan ketidaksamaan kedalaman dan ketinggian tiap ulir yang mengakibatkan mur akan tersangkut bila dipasang pada ulir baut.

Kata Kunci: Sifat mekanik, struktur mikro, komposisi kimia, kekerasan mikro.

1. Pendahuluan

Perusahaan-perusahaan semen di Indonesia yang dahulunya mengimpor mesin-mesin produksi dan komponennya, sekarang mulai mencari alternatif baru dalam penyediaan suku cadang, terutama pada komponen mesin yang banyak dibutuhkan dengan memanfaatkan industri lokal dalam pembuatannya. Salah satu komponen yang sering diganti adalah komponen penyambung seperti baut pengunci *Diafragma Raw Mill*. Di pabrik PT. Semen Padang baut ini mengalami kegagalan dalam jumlah yang besar tanpa diperkirakan sebelumnya. Akibatnya produksi terhenti dan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Baut pengunci *Diafragma Raw Mill* yang gagal tersebut diproduksi oleh pabrikan lokal. Oleh sebab itu perlu dilakukan penelitian sehingga dapat diketahui informasi-informasi penting yang dapat digunakan sebagai bahan pendukung untuk mencari penyebab utama dari kegagalan baut tersebut. Dalam penelitian ini informasi penting tersebut meliputi pengujian sifat mekanik, struktur mikro, komposisi kimia bahan baut dan pengamatan bentuk ulir baut. Pengamatan pada penelitian ini akan

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

banyak terfokus pada daerah sekitar ulir, sebab lokasi kegagalan pada baut ini terletak di bagian ulir baut. Diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai referensi bagi perusahaan dalam menentukan spesifikasi baut yang sesuai untuk pengunci *Diafragma Raw Mill* dan dengan demikian kegagalan yang sama pada baut dapat dihindari.



Gambar 1. Lokasi baut pengunci *Diafragma Raw Mill*

Gambar 1 memperlihatkan lokasi baut pengunci *Diafragma Raw Mill*. Kondisi kerja baut mengalami beban dinamis (pembebanan yang berubah-ubah terhadap waktu) dan berada dalam kondisi temperatur relatif tinggi. Beban dinamis yang dialami baut dapat berasal dari perubahan yang terjadi dari temperatur di dalam ruangan dan beban yang dihasilkan dari perputaran *raw mill* tersebut dalam memindahkan bahan baku bertemperatur tinggi.

2. Prosedur Percobaan

2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan sebagai sampel uji adalah baut pengunci *Diafragma Raw Mill* PT. Semen Padang dengan diameter ulir 30 mm (Gambar 2). Bahan baut yang akan diuji berasal dari bagian daerah ulir, sebab lokasi kegagalan berasal dari bagian ini.

2.2 Persiapan Spesimen Metalografi

Pemotongan spesimen dilakukan dengan menggunakan gergaji tangan dan gerinda. Selama pemotongan diberikan cairan pendingin untuk mencegah terjadinya panas pada benda kerja yang dapat merusak struktur mikro bahan. Selanjutnya dilakukan pembingkaian untuk mempermudah pemegangan dan pengamatan spesimen. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan mesin amplas secara mekanik, berturut-turut dari kertas amplas bernomor 400, 600, 800, 1000 dan 1500. Pemolesan dilakukan dengan cara manual, yaitu dengan menggunakan kain beludru dan alumina. Selanjutnya spesimen

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

dielekropolishing ke dalam larutan 600 ml methanol dan 300 ml HNO₃ dengan voltase 12.5 Volt 6-10s, kemudian permukaan spesimen dibersihkan sekaligus dikeringkan dengan alkohol.



Gambar 2. Bentuk baut *Diafragma Raw Mill* PT. Semen Padang

2.3 Mikroskop Optik

Mikroskop optik digunakan untuk mengamati struktur mikro khususnya pengamatan bentuk butir disekitar daerah ulir. Mikroskop optik yang digunakan adalah mikroskop merek *Jenco*.

2.4 Pengujian Kekerasan Mikro

Kekerasan spesimen diukur dengan menggunakan alat uji *Hardness Micro Vicker Ver 2.2 with electric revolver*. Prinsip kerja dari mesin ini adalah dengan menggunakan indentor piramida intan yang diberi beban, hasil pembebahan tersebut menghasilkan jejak lekukan (d). Dari data tersebut diperoleh nilai kekerasan vicker. Spesifikasi alat adalah indentor jenis piramida intan, kapasitas pembebahan 98.07 mN, 245.2 mN, 490.3 mN, 980.7mN.

2.5 Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin ujitarik mini merek *Com-Ten Industries* produk buatan Amerika. Beban penarikan diukur menggunakan sebuah *micro-load cell* yang terpasang pada mesin. Kecepatan penarikan spesimen dilakukan sebesar 10 mm/min pada temperatur kamar. Untuk mengukur tegangan regangan di peralatan tersebut terdapat perangkat lunak yang sudah terintegrasi di komputer. Perangkat lunak yang digunakan menggunakan *ANSI C programming language*. Dengan demikian kurva tegangan-regangan dapat dihasilkan secara akurat.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

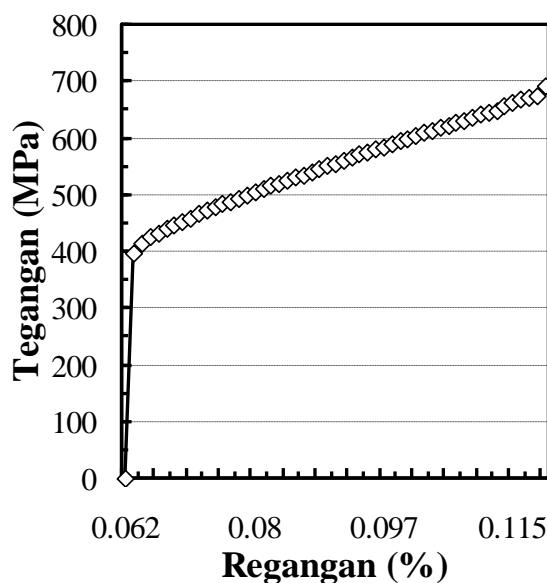
Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

3. Hasil Dan Analisis

3.1 Kurva Tegangan-Regangan

Kekutan tarik bahan merupakan faktor penting dalam pemilihan bahan baut. Semakin besar kekutan tarik bahan maka kemampuannya untuk menahan beban juga semakin besar. Demikian juga dengan baut pengunci *Diafragma Raw Mill* yang menerima beban dinamik. Semakin besar kekuatan tarik baut pengunci *Diafragma raw mill* maka kemampuannya menahan beban dinamik semakin besar karena ada hubungan yang kuat antara kekuatan bahan dengan kekuatan fatignya. Dengan demikian umur bahan baut dapat meningkat.

Untuk mengetahui kekuatan tarik bahan baut pengunci *Diafragma Raw Mill*, maka dilakukan pengujian tarik. Pengujian tarik dilakukan pada temperatur kamar dengan menggunakan mesin uji tarik *Com-Ten Testing Machine* pada kecepatan penarikan 10 mm/menit. Dari pengujian tarik baut diperoleh kurva tegangan-regangan seperti yang terdapat pada Gambar 3. Dari kurva tegangan-regangan tersebut diperoleh nilai kekutan tarik maksimum baut pengunci *Diafragma Raw Mill* sebesar 690 MPa dan regangan patahnya (*fracture strain*) sekitar 12 %. Selanjutnya tegangan luluh bahan (*yield point*) berkisar senilai 400 MPa. Untuk mengetahui modulus elastisitas bahan diukur kemiringan garis di daerah elastis pada Gambar 3 dan hasil yang diperoleh sekitar 297 GPa. Dari gambar tersebut terlihat bahwa bahan baut tidak menunjukkan sifat getas yang dapat diperlihatkan dari daerah deformasi plastis yang cukup tinggi.



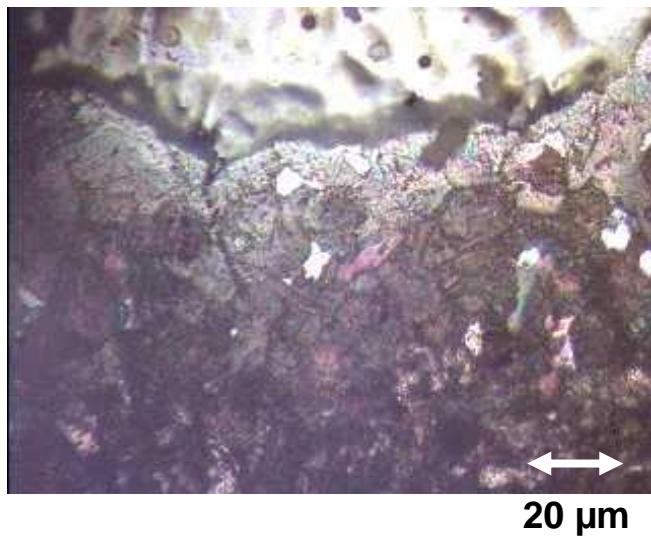
Gambar 3. Kurva tegangan-regangan bahan baut

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

3.2 Struktur Mikro Material Baut

Bentuk butir pada daerah sekitar ulir dapat berbentuk memanjang (*elongated*) atau bulat (*equaxial*). Bentuk butir memanjang terjadi akibat daerah sekitar ulir mengalami deformasi plastis pada saat pembuatan ulir. Deformasi plastis akan menimbulkan pengerasan regangan (*strain hardening*) dan karenanya terjadi peningkatan kekerasan. Pada proses *thread rolling* dalam pembuatan ulir dihasilkan bentuk ulir memipih/memanjang akibat terdeformasi plastis [1]. Sedangkan ulir yang bentuk butirnya relatif bulat (*equaxial*) dibuat dengan proses pemesinan. Pada proses pembentukan ulir melalui proses pemesinan, terjadi gerak potong antara benda kerja dengan pahat yang tidak menyebabkan daerah sekitar ulir mengalami proses deformasi plastis. Oleh karena itu perlu dilakukan pengamatan struktur mikro pada daerah sekitar ulir baut pengunci *Diafragma Raw Mill* yang bertujuan untuk mengetahui bentuk butir daerah sekitar ulir. Gambar 4 memperlihatkan struktur mikro di bagian berulir setelah di *electropolishing* selama 60 detik dengan tegangan 20 Volt, dengan pengamplasan 1500 grit dan perbesaran lensa 20 X. Berdasarkan pengamatan struktur mikro terlihat butir pada daerah sekitar ulir bebentuk bulat, seperti yang terlihat pada Gambar 4. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa proses pembuatan ulir baut pengunci *Diafragma Raw Mill* adalah dengan proses pemesinan.



Gambar 4. Bentuk butir disekitar dekat lembah ulir

3.3 Kekerasan Daerah Sekitar Ulir

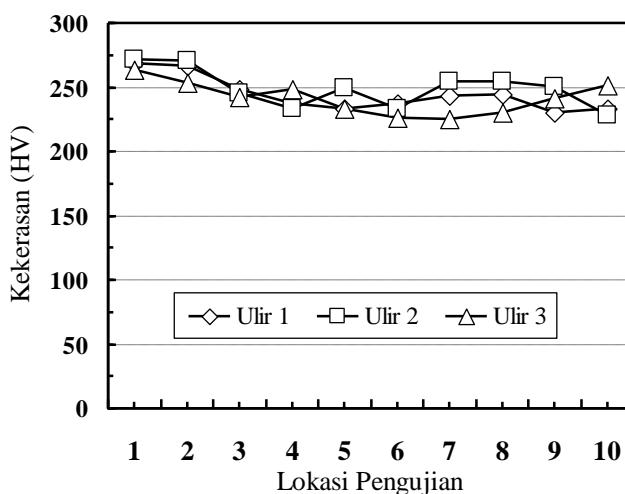
Pengujian kekerasan baut pengunci *Diafragma Raw Mill* dilakukan pada penampang daerah berulir yang bertujuan untuk mengetahui distribusi kekerasan baut pada daerah tersebut. Hasil pengukuran ini akan berguna untuk memperkuat pembuktian dengan proses apa ulir dibuat; dibubut atau di *thread rolling*. Distribusi kekerasan pada penampang daerah berulir dapat menunjukkan proses produksi dalam pembuatan ulir baut. Ulir yang dibuat dengan proses *thread rolling* mengalami peningkatan nilai kekerasan di daerah sekitar ulir. Peningkatan kekerasan ini terjadi akibat bahan ulir mengalami *strain*

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

hardening karena terjadinya deformasi plastis pada saat pembuatan ulir. Sedangkan ulir yang dibuat dengan proses pemesinan nilai kekerasannya homogen pada setiap titik di daerah berulir. Ulir pemesinan tidak mengalami *strain hardening* seperti halnya ulir yang dibuat dengan proses *thread rolling*. Oleh karena itu sangat penting dilakukan pengukuran distribusi kekerasan yang dekat dan jauh dari ulir dan hasilnya dibandingkan untuk melihat perbedaannya. Pengujian kekerasan baut pengunci *Diafragma Raw Mill* dilakukan dalam arah radial yaitu dari tepi sampai kebagian tengah penampang baut dan pada daerah sekitar ulir seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 5.

Pengujian kekerasan daerah sekitar ulir dilakukan sebanyak 45 titik untuk tiga posisi ulir yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan daerah sekitar ulir dengan posisi diambil secara acak. Dari tiga tempat/posisi ulir yang diukur kekerasannya (Gambar 5) didapatkan hasil bahwa nilai kekerasan di setiap posisi pengujian memperlihatkan kesamaan dan tidak terlihat adanya perbedaan nilai kekerasan yang sangat mencolok. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa bagian disekitar ulir tidak mengalami deformasi plastis. Artinya bahwa ulir semakin dekat dengan kesimpulan dibuat dengan proses bubut.



Gambar 5. Distribusi kekerasan di sekitar ulir

3.4 Komposisi Kimia

Komposisi kimia sangat besar pengaruhnya pada kekuatan fatig bahan. Baja karbon akan meningkat kekuatan fatignya bila kandungan karbonya semakin besar, hal yang sama juga berlaku bila baja mengandung *molybdenum* (*Mo*), *chromium* (*Cr*) dan *nickel* (*Ni*) [2]. Hasil pengujian komposisi kimia material baut pengunci *Diafragma Raw Mill* dapat dilihat pada Tabel 1.

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

Tabel 1. Komposisi kimia bahan baut. Satuan angka dalam %

C	Si	Mn	Cr	Mo	Cu	Al	Lainnya	Fe
0.58	0.5	1.58	0.81	0.2	0.15	0.36	0.22	95.6

Berdasarkan komposisi kimia seperti yang ditunjukkan Tabel 1 diketahui bahwa material baut pengunci *Diafragma Raw Mill* identik dengan standar bahan Amerika AISI 5160. Baut ini memiliki kandungan *chromium*, *nickel* dan *molybdenum* yang relatif tinggi yaitu sekitar 0,8 % Cr, 0,07 % Ni dan 0,2 % Mo. Dengan nilai chromium, nikel dan molybdenum yang tinggi dapat dikatakan bahwa kekuatan fatig baut pengunci *diafragma Raw Mill* cukup baik.

3.6 Bentuk Lembah Ulir

Kualitas ulir dipengaruhi oleh proses pembuatan ulir tersebut. Ulir baut yang dibuat dengan proses *thread rolling* kualitasnya lebih baik dibandingkan dengan ulir yang dibuat dengan proses pemesinan [1,3]. Kelebihan utama dari proses *thread rolling* adalah umur dan kekuatan fatig bahan jauh lebih baik dan bahan baut lebih tahan terhadap beban dinamik atau dengan kata lain umur bahan baut akan jauh lebih tinggi/lama menahan beban dinamik dibandingkan dengan ulir yang dibuat dengan proses bubut [3]. Pada pembuatan ulir *thread rolling* terjadi deformasi plastis pada daerah dekitar ulir yang menyebabkan terjadinya *strain hardening* pada daerah tersebut sehingga bentuk butirnya menjadi memanjang. *Strain hardening* yang terjadi menyebabkan peningkatan harga kekerasan pada daerah sekitar ulir, sehingga kekuatan fatig baut meningkat [4,5]. Ulir yang dibuat dengan proses *thread rolling* akan memiliki ketinggian alur yang sama karena ulir dibuat menggunakan cetakan (*dies*). Pada proses pemesinan, bentuk alur dari ulir yang dihasilkan mempunyai lekukan yang tajam dan permukaan ulirnya masih kasar dan akan menghasilkan konsentrasi tegangan tinggi [4,5,6]. Akibatnya retak jauh lebih mudah menjalar. Gambar 6 merupakan foto penampang melintang daerah berulir baut pengunci *Diafragma Raw Mill*. Pembesaran foto dilakukan 5 kali agar lebih terlihat jelas kondisi ulir. Pada gambar tersebut terlihat beberapa ulir baut dengan lembah serta bukit. Idealnya ketinggian tiap ulir adalah sama dan demikian juga kedalamannya. Namun demikian setelah mengamati secara seksama dari Gambar 5 terlihat bahwa terjadi perbedaan ketinggian dan kedalaman ulir baut. Hal ini dibuktikan melalui konsep sederhana dengan cara menarik garis dari titik referensi di bagian bukit dan lembah ulir. Dari garis tersebut terlihat dengan jelas perbedaan ketinggian dan kedalaman beberapa buah ulir baut (lihat tanda lingkaran di Gambar 6). Akibat perbedaan ini menimbulkan kemacetan ketika pemasangan mur pada baut. Pemaksaan akan dilakukan agar mur tetap dapat mengunci dan akibatnya akan terjadi goresan atau luka disekitar bagian ulir baut yang membuat mur macet ketika dikunci. Akibatnya pada bagian yang gores ini timbul retak dan lama kelamaan retak ini akan menjalar karena beban berfluktuasi selama *raw mill* berjalan. Akhirnya bahan baut tidak dapat menahan beban dan selanjutnya baut akan mengalami gagal/putus. Selain itu, perbedaan kedalaman alur dapat menyebabkan mur baut tertentu tidak bisa dipakai untuk baut yang lain. Perbedaan kedalaman dan ketinggian ulir dapat terjadi akibat kesalahan dalam proses pembuatannya. Kesalahan tersebut lebih mudah terjadi jika diproses secara manual, khususnya dengan memanfaatkan tenaga manusia. Dengan hasil-hasil penelitian yang dijelaskan di atas dapat disimpulkan bahwa ulir baut *Diafragma Raw Mill* dibuat dengan proses pemesinan. Hal ini dibuktikan dengan

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009

distribusi kekerasan yang lebih homogen disekitar ulir, bentuk alur ulir tidak pipih dan adanya kesalahan dimensi ulir (ketinggian dan kedalaman ulir) yang umumnya dapat terjadi melalui proses pemesinan dengan memanfaatkan bantuan *skill manusia*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dari pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal:

- a. Baut pengunci *Diafragma Raw Mill* setara dengan baja karbon menengah AISI 5160 dengan kekuatan tarik sebesar 690 MPa, elongasi 12 % dan modulus elastisitas 297 GPa .
- b. Ular baut pengunci *Diafragma Raw Mill* dibuat dengan proses pemesinan. Hal ini ditunjukkan dengan harga kekerasan pada daerah ulir yang relatif homogen yaitu berkisar 262 HV, bentuk butir yang cenderung bulat (*equaxial*).
- c. Kualitas ulir baut tidak baik karena terdapat perbedaan kedalaman alur pada ulir baut sehingga dapat menimbulkan kemacetan dalam pemasangan mur.

Rekomendasi

Disarankan dalam membuat ulir baut khususnya untuk *Diafragma Raw Mill*, dilakukan dengan proses *thread rolling* karena bahan baut akan memiliki ketahanan dan umur fatig yang tinggi.

Ucapan Terimakasih

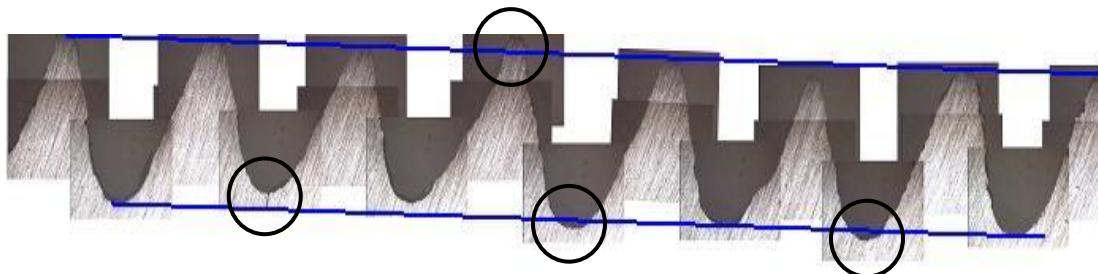
Terima kasih diucapkan kepada PT. Semen Padang yang telah membantu mensuplai baut untuk penelitian ini. Apresiasi yang besar diarahkan kepada mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, yang telah banyak memberikan sumbangan tenaga dan pemikiran demi terlaksananya dengan baik penelitian ini.

Referensi

1. Kalpakjian, Serope., Manufacturing Process For Engineering Materials, Addison-Wesley Publishing Company, Sidney, 1991
2. ASM HandBook, Vol.11, ASM International, United States, 1985.
3. Callister, W.D.Jr., Material Science And Engineering An Introduction, 2nd edition, Jhon Willey & Sons Inc, New York, 1991.
4. Hairul Abral, Studi Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Komposisi Kimia Terhadap Bahan Poros *Gearbox Kiln* Pabrik Semen, Jurnal Teknik Mesin 9;2009, hal. 14-18. Jurnal Terakreditasi No. 43/Dikti/Kep/2008.
5. Avner, Sidney H. Introduction to Physical Metallurgy. McGraw-Hill. 1974. Second Edition, 1974
6. Dieter, G.E., Metalurgi Mekanik, Jilid 2, edisi ketiga, Erlangga, Jakarta, 1989

Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VIII

Universitas Diponegoro, Semarang 11-12 Agustus 2009



Gambar 6. Perbedaan ketinggian alur pada ulir yang dibuat dengan proses pemesinan menggunakan mikroskop optik pembesaran lensa 5x. Tanda lingkaran menunjukkan daerah yang tidak normal.