Analisis Karakteristik Geram Dan Kekasaran Permukaan Pada Proses Bubut Kecepatan Rendah Terhadap Baja Karbon

Mudjijanto[a,*], Eko Sutarto[b], Sarip[c]

[a, b, c,] STTR Cepu, Program Studi Teknik Mesin

Abstract

Pesatnya perkembangan teknologi di bidang manufaktur memudahkan industri untuk menghasilkan produk massal, berkualitas tinggi dan harga terjangkau. Tantangan bagi industri kecil menengah di bidang manufaktur adalah bersaing terhadap kualitas produk. Industri kecil manufaktur dalam mengendalikan kualitas produk terkendala dengan masalah keuangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan antara karakteristik geram dan kekasaran permukaan dengan kekerasan baja karbon. Penelitian ini menggunakan mesin bubut konvensional dengan putaran rendah, kedalaman pemakanan 1 mm, proses tanpa pendinginan dengan variasi laju pemakanan 0,1 mm/putaran, 0,2 mm/putaran dan 0,3 mm/putaran, bahan uji baja AISI (1010, 1045 dan 1068) dan material pahat dari karbida. *Stereoscopic Optical Microscopy* (SOM) digunakan untuk mengukur sudut geser sementara *Surface Roughness Tester* digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dimensi geram dan kekasaran permukaan berkorelasi dengan kekerasan baja karbon.

Keywords : Mesin bubut; Kekasaran permukaan; Geram

1. Pendahuluan

Industri manufaktur terus meningkat sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, hal tersebut dapat dilihat dari peningkatan hasil produksi. Peningkatan hasil produksi harus diimbangi dengan peningkatan kualitas hasil produksi. Ditemukannya mesin-mesin produksi sangat membantu dalam peningkatan kualitas tersebut terutama dalam pembuatan komponen-komponen mesin. Salah satu hal penting dalam pembuatan komponen-komponen mesin adalah pengerjaan logam atau *metal work*. Keberadaan mesin perkakas produksi, menjadikan pengerjaan logam akan semakin efesien serta dengan ketelitian yang tinggi. Dalam pengerjaan logam, mesin bubut konvensional telah dikenal fungsi dan perannya untuk membuat suatu komponen atau suku cadang (Aditia, 2013).

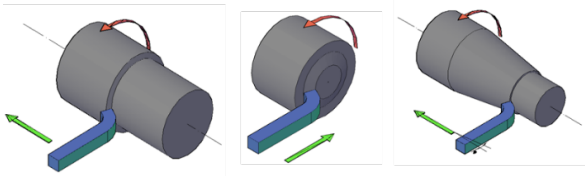
2. Kerangka Teori

2.1. Proses Bubut

Proses bubut sesuai dengan definisi ASM *International* merupakan proses pemesinan konvensional untuk membentuk permukaan yang dilakukan oleh pahat terhadap benda kerja yang berputar, penggunaan ini dirancang untuk memotong bagian material yang tidak diinginkan sehingga benda kerja mencapai dimensi, toleransi dan tingkat penyelesaian yang sesuai dengan rancangan teknisnya. Selain itu, fungsi mesin bubut adalah membentuk benda kerja sesuai dengan spesifikasi geometri yang ditentukan, biasanya berpenampang silinder dan umumnya terbuat dari bahan logam, sesuai bentuk dan ukuran yang diinginkan dengan cara memotong atau membuang (*removal*) bagian dari benda kerja menjadi geram dengan menggunakan pahat potong yang jenisnya lebih keras dari benda kerja yang dipotong (Rochim, 2007).

Prinsip kerja mesin bubut pada dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesinan permukaan luar benda silindris atau bubut rata:

a. Dengan benda kerja yang berputar.
b. Dengan satu pahat bermata potong tunggal (*with a single-point cutting tool*).
c. Dengan gerakan pahat sejajar, melintang maupun menyudut terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan memotong permukaan luar benda kerja lihat Gambar 1.



Gambar 1. Proses bubut rata (a), bubut permukaan (b) dan bubut tirus (c).

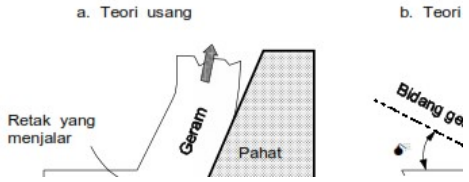
2.2. Geram

Geram merupakan sisa material yang terpotong pada proses pemesinan. Geram sering kali dianggap sebagai barang sisa (sampah). Geram memiliki karakterisasi yang beragam dari segi bentuk dan dimensi yang dipengaruhi dari material, kondisi pemotongan, pahat.

2.2.1. Mekanisme Pembentukan Geram

Pada mulanya diperkirakan bahwa geram terbentuk karena adanya retak rambut (*micro crack*) yang timbul pada benda kerja tepat diujung pahat pada saat pemotongan dimulai. Dengan bertambahnya tekanan pahat, retak rambut tersebut menjalar ke depan sehingga terjadilah geram Gambar 2. (a), anggapan ini sekarang sudah ditinggalkan berkat hasil berbagai penelitian didalam mempelajari mekanisme pembentukan geram. Logam yang pada umumnya bersifat ulet (*ductile*) apabila mendapat tekanan akan timbul tegangan (*stress*) didaerah sekitar konsentrasi gaya penekanan dari pahat. Tegangan pada logam atau

benda kerja tersebut mempunyai orientasi yang komplek dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shearing stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis atau perubahan bentuk yang menggeser dan memutuskan material benda kerja di ujung pahat pada suatu bidang geser (*shear plane*) Gambar 2. (b).



Gambar 2. Teori pembentukan geram (Rochim, 2007).

2.2.2. Jenis-jenis geram

Geram atau *chip*, adalah logam atau metal yang terpotong dari benda kerja oleh karena adanya gerak utama dan gerak potong pada mesin-mesin perkakas. Benda kerja dipasangkan pada mesin perkakas dan pahat pemotongnya diatur sedemikian rupa sehingga mempunyai dalamnya pemotongan tertentu. Pahat pemotong akan bergerak secara berlahan lahan karena adanya gaya potong dan saat hendak mengenai pada benda kerjanya, maka akan terjadi gaya yang mendorong juga secara berlahan lahan, baru akan mempunyai kecepatan maksimum saat setelah lapisan terluar dari benda kerjanya terpotong.

Jenis geram yang terjadi pada proses pemotongan dengan menggunakan mesin perkakas dapat dibedakan atas: (Rochim, 2007).

1. Geram Kontinyu

Pada umumnya benda kerja mempunyai sifat ulet, seperti halnya berbagai jenis baja dan geram yang dihasilkan berbentuk kontinyu. Geram yang kontinyu mempersulit pembuangannya dan kadangkala dapat membahayakan operator. Karena telah mengalami regangan (*strain*) yang tinggi, geram akan lebih keras dari pada benda kerjanya, dan juga sangat tajam serta mempunyai temperatur yang relatif tinggi.

2. Geram Tidak Kontinyu

Geram tak kontinyu umumnya terbentuk dalam proses pemesinan dengan benda kerja yang rapuh (*brittle*, sebagaimana besi tuang). Geram tersebut mendekati bentuk serpihan atau bahkan dapat berupa serbuk, dengan demikian mempermudah pembuangannya dari lokasi pemotongan atau mesin perkakas yang digunakan.

2.2.3. Bentuk dan Pengukuran Dimensi Geram

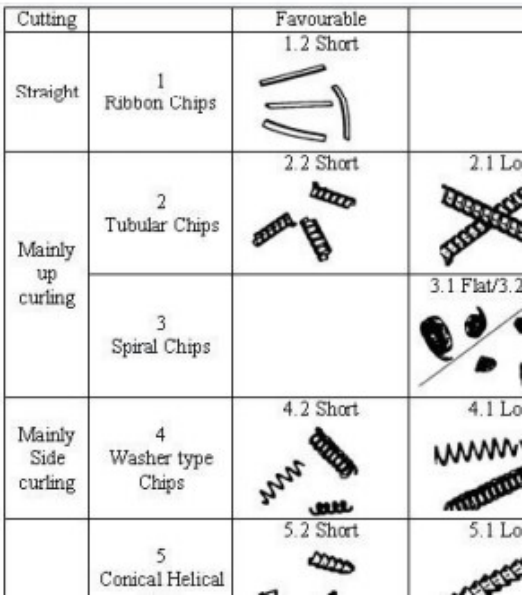
Geram memiliki bentuk yang berbeda-beda sesuai dengan standar ISO pada Gambar 3 terdapat tujuh bentuk geram diantaranya: *ribbon chips*, *tabular chips*, *spiral chips*, *washer type chips*, *conical helical chips*, *arc chips*, *natural broken chips*. Bentuk geram pada umumnya digolongkan menjadi dua diantaranya:

1. *Favourable*

Bentuk geram *favourable* merupakan bentuk geram yang pendek. Bentuk geram ini menguntungkan dikarenakan bentuknya yang pendek bahkan mendekati serpihan sehingga mempermudah pembuangan dari lokasi pemotongan.

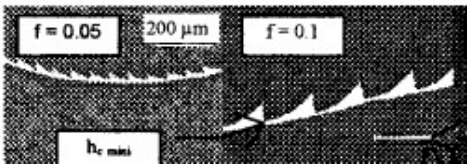
2. *Unfavourable*

Bentuk geram *unfavourable* merupakan bentuk geram yang tidak menguntungkan dikarenakan bentuknya yang panjang sehingga mempersulit pembuangannya dan dapat membahayakan operator.



Gambar 3. Klasifikasi bentuk geram standar ISO (Segreto dkk, 2012)

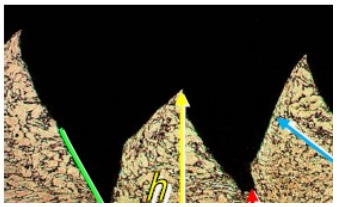
Poulachon melakukan penelitihan terhadap baja AISI E52100 dengan variasi *feeding* 0,05 mm/rev, 0,1 mm/rev dan 0,2 mm/rev. Penelitian meninjau bentuk geram dari aspek mekanik dan metalurgi, yang mana dari aspek mekanik melakukan pengukuran terhadap tinggi *peaks* ($h_{c\ max}$), tinggi *valley* ($h_{c\ min}$) dan jarak antar geram (l_c) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran terhadap geram (Poulachon & Moisan, 2000).

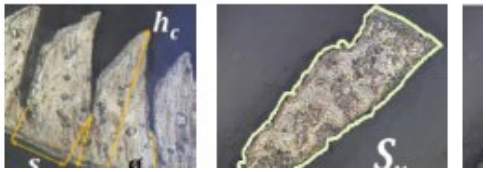
Batista dkk melakukan penelitian tentang pengukuran terhadap dimensi geram pada material titanium. Pada penelitianya bertujuan mengevaluasi faktor penyusutan geram pada proses bubut tanpa pendinginan, dengan menggunakan teknik S*tereoscopic Optical Microscopy* (SOM) untuk melakukan pengukuran terhadap geram, pengukuran meliputi: sudut geser geram (ϕ), tinggi *peaks*

(*h*), tinggi *valleys* (*v*), dan tebal geram (*e*) seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengukuran terhadap geram (Batista dkk, 2013).

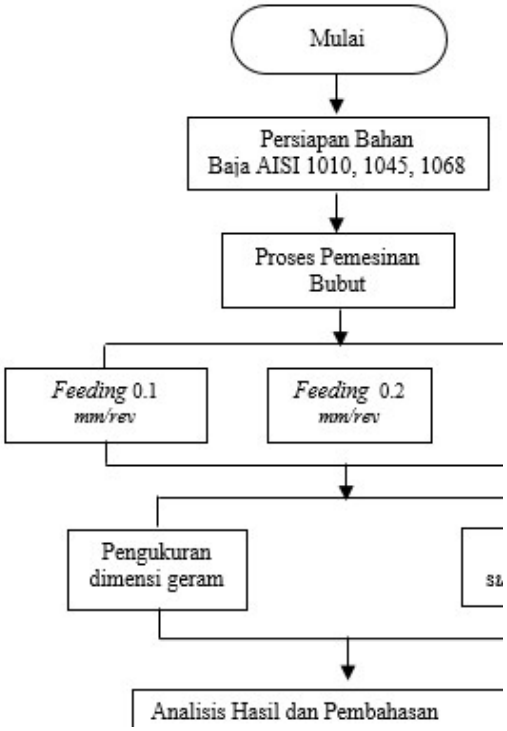
Sanchez dkk melakukan penelitian yang bertujuan mencari parameter pemotongan yang optimal pada material alumunium paduan. Pengukuran terhadap geram *sawtooth* hasil pembubutan tanpa pendinginan, menggunakan teknik *stereoscopic optical microscopy*. Dimana dimensi yang diukur diantaranya: jarak antar geram (s), tinggi *peaks* (h_c), tinggi *valley* (h_v), sudut geser geram (ϕ), luas penampang geram melintang (S_v), dan lebar geram (b_v) seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Pengukuran terhadap geram oleh (Sanchez dkk, 2015).

3. Metodologi

3.1. Rancangan Penelitian



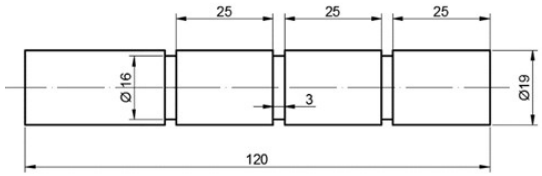
Gambar 7. Flowcart Proses Penelitian.

3.2. Tempat penelitian

Penelitian eksperimen ini dilakukan di workshop Teknik mesin STTR Cepu dan uji kekasaran permukaan dilakukan di Training Center Universitas Diponegoro Semarang.

Adapun teknik pengumpulan data dilakukan sebagai berikut:

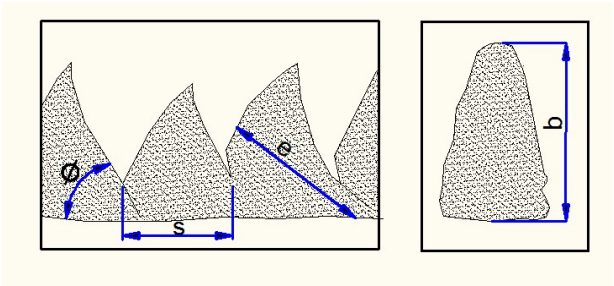
- Mempersiapkan bahan dan peralatan penelitian
  - Benda kerja baja standar AISI 1010, 1045 dan 1068 dengan dimensi sesuai Gambar 8.



Gambar 8. Geometri benda uji.

  - Mesin bubut konvensional merk Kianzi dengan kapasitas panjang benda kerja 800 mm dan diameter maksimal benda kerja 270 mm serta daya 1,5 Hp
  - Pahat bubut jenis insert tungsten carbide (TMNG 332-GN IC3028) dengan lapisan (*coated*) *titanium nitride* (TiN) dan *titanium carbon nitride* (TiCN).
  - Jangka Sorong
  - Mikroskop optik dengan *software coolingtech*.
- *Setting* mesin bubut dengan benda kerja.
- Pengerjaan dilakukan dengan variasi *feeding* 0,1; 0,2 dan 0,3 mm/rev dengan putaran 35 rpm
- Pengumpulan geram untuk masing-masing *feeding* dari masing-masing bahan
- Pengukuran kekasaran permukaan menggunakan *Surface Roughnes Tester*
- Pengukuran dimensi geram sesuai Gambar 9. meliputi: sudut geser (Ø), tebal (b), lebar (s) dan jarak antar geram (s) dengan cara sebagai berikut:
  - Memilih tiga geram yang seragam/homogen dari geram hasil proses bubut masing-masing feeding dan benda kerja (Vilches dkk, 2017).
  - Proses mounting pada geram secara longitudinal dan tranversal untuk pengukuran lebar dengan menggunakan castable mounting. Proses mounting ini berguna untuk memudahkan dalam memegang sample saat dilakukan pengamplasan.
  - Proses pengamplasan pada sampel uji yang telah dimounting untuk menghaluskan permukaan material dengan menggunakan kertas amplas (SiC) grid 800, 1000, 1500.
  - Proses pemolesan permukaan material yang akan diamati dengan menggunakan media poles (autosol). Pemolesan dilakukan untuk mendapatkan permukaan material yang halus dan mengkilap

- Proses pengamatan dan pengukuran dimensi geram menggunakan mikroskop optik dengan *software coolingtech.*
- Proses pengukuran dimensi geram dilakukan di *software* dengan memanfaatkan *tools* yang sudah dikalibrasi.



Gambar 9. Sketsa pengukuran dimensi geram.

- Analisis kekasaran permukaan benda kerja serta bentuk dan dimensi geram sesuai dengan masing-masing variabel

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Bentuk geram

Bentuk geram dari baja karbon dengan proses bubut tanpa pendingin ditunjukan pada Gambar 10.

	Feeding 0,2 mm/rev	*Feeding* 0,2 mm/rev	*Feeding* 0,3 mm/rev	HB
AISI 1010				131
AISI 1045				195
AISI 1068				220

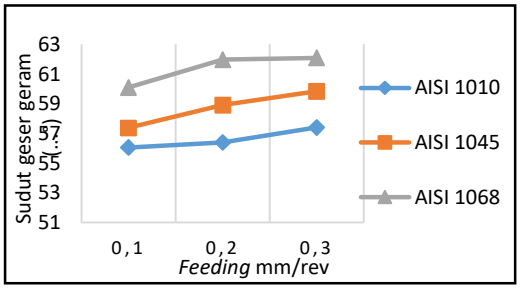
Gambar 10. Bentuk geram baja karbon

Hasil penelitian terhadap bentuk geram seperti pada Gambar 10. pada umumnya geram terbentuk *tape* seiring dengan peningkatan *feeding* geram cenderung berbentuk spiral hal ini sesuai yang dilakukan (Sanchez dkk, 2015) penelitian terhadap geram alumunium paduan dan (Batista dkk., 2013) penelitian terhadap logam titanium menyatakan bahwa semakin besar *feeding* bentuk geram akan lebih pendek atau diameter spiralnya akan lebih kecil dan mudah patah. Bentuk geram pada Gambar 10. dapat digolongkan kedalam bentuk geram *favourable.* Bentuk geram sesuai standar ISO (Segreto dkk, 2012), maka untuk baja AISI 1010 untuk semua *feeding* dikategorikan dalam bentuk geram *arc type,* baja AISI 1045 untuk semua *feeding* kedalam bentuk geram *short conical helical type*, baja AISI 1068 untuk semua *feeding* ke dalam bentuk geram *short tabular type*.

Pada Gambar 10., kekerasan material berpengaruh terhadap bentuk geram, semakin keras material bentuk geram akan cenderung kearah *discontinuous.* Anomali terjadi pada bentuk geram AISI 1010, bentuk geram *discontinuous* pada semua *feeding* hal ini dikarenakan material terlalu lunak dengan kadar karbon 0,10 % dan ini sesuai dengan (Grzesik, 2008:85) bahwa material yang ulet pada kecepatan yang sangat rendah dan *feeding* yang tinggi akan menghasilkan bentuk geram *discontinuous*.

4.2 Sudut geram

Sudut geser geram (*sliding angle on the chip*) merupakan sudut yang terbentuk dari sudut geser material akibat dari gaya potong pahat sehingga terbentuklah sudut geser pada geram. Sementara evolusi sudut geser geram dari berbagai material uji sebagai fungsi dari *feeding* ditunjukkan pada Gambar 11.

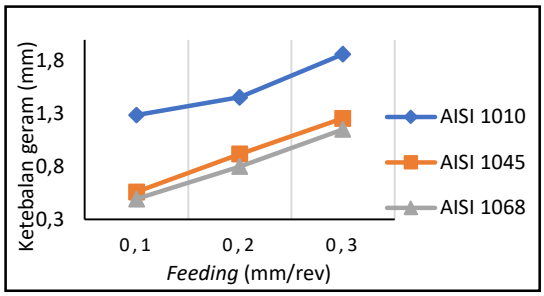


Gambar 11. Grafik hubungan antara feeding dengan sudut geser geram baja karbon.

Gambar 11. dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi *feeding* maka akan berpengaruh terhadap peningkatan sudut geser geram, selain itu nilai kekerasan material juga berpengaruh terhadap sudut geser dimana semakin keras baja karbon maka sudut gesernya akan semakin meningkat.

4.3 Ketebalan geram

Ketebalan geram merupakan jarak yang diukur satu geram dalam posisi miring sesuai kemiringan geram. Ketebalan geram dari baja karbon sebagai fungsi dari *feeding* ditunjukkan pada Gambar 12.



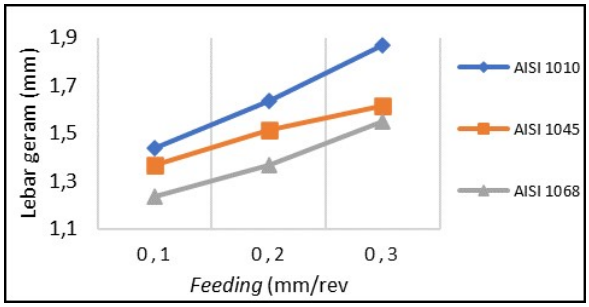
Gambar 12. Grafik hubungan antara feeding dengan ketebalan geram baja karbon.

Dari Gambar 12. dapat dilihat kenaikan ketebalan geram meningkat seiring naiknya *feeding* kenaikan ini disebabkan kecepatan pergeseran pahat per putaran yang semakin meningkat. Batista dkk, (2013) melakukan penelitian terhadap dimensi geram titanium paduan diantaranya dengan cara mengukur ketebalan geram *sawtooth* dengan variasi *feeding* dan *cutting speed*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketebalan geram akan meningkat signifikan seiring peningkatan *feeding*.

Dari Gambar 12. juga dapat dilihat kenaikan nilai kekerasan material baja karbon akan mengurangi ketebalan geram.

4.4 Lebar geram

Lebar geram merupakan jarak yang diukur penampang geram secara *cross section*. Lebar geram dari berbagai material uji sebagai fungsi dari *feeding* ditunjukkan pada Gambar 13.

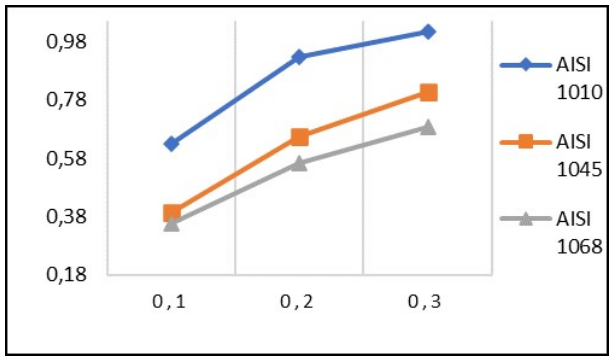


Gambar 13. Grafik hubungan antara feeding dengan lebar geram baja karbon.

Hasil pengukuran lebar geram pada Gambar 13. menunjukkan bahwa peningkatan *feeding* pada masing-masing baja karbon menyebabkan peningkatan ukuran lebar geram. sedangkan dilihat dari kekerasanya, semakin keras material baja komersial menghasilkan penurunan pada ukuran lebar geram. (Vilches dkk, 2017) melakukan penelitian terhadap paduan alumunim dengan tingkat kekerasan yang berbeda dimana kekerasan berpengaruh terhadap lebar geram dengan hasil semakin keras material maka lebar geram akan mengalami penurunan.

4.5 Jarak antar geram

Jarak antar geram merupakan jarak geram *sawtooth* yang diukur antar *peaks.* Jarak antar geram dari baja karbon sebagai fungsi dari *feeding* ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik hubungan antara feed rate dengan jarak antar geram baja karbon.

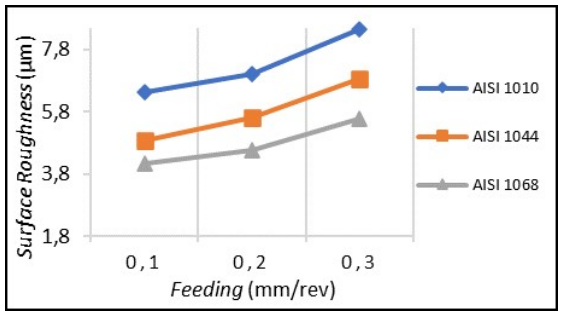
Pada Gambar 14. merupakan perubahan jarak antar geram terhadap *feeding* dimana terjadi peningkatan jarak antar geram seiring dengan naiknya *feeding*. (Sanchez dkk, 2015) melakukan penelitian pada logam alumunium paduan terjadi peningkatan jarak antar geram seiring dengan peningkatan *feeding*.

Dari Gambar 14. kekerasan material berpengaruh terhadap jarak antar geram, semakin keras material jarak antar geram semakin turun.

4.6 Surface roughness

Kekasaran permukaan (*surface roughness*) merupakan indikator penting dari kualitas dan presisi dalam proses manufaktur dan dianggap salah satu parameter penting dalam industri. *Surface roughness* juga akan sangat mempengaruhi kondisi suatu *part* dalam proses *assembly* yang berhubungan dengan *contact bodies, friction, wear* dan *lubricant*. Parameter pemesinan dalam proses pemotongan sangat berpengaruh terhadap *surface roughness* komponen yang dihasilkan.

Agrawal (2015) melakukan penelitian tentang pengaruh parameter pemotongan baja AISI 4340 (69 HRC) terhadap tingkat kekasaran permukaan yang dihasilkan. Parameter pemotongan diantaranya *feeding*, kedalaman pemotongan dan kecepatan potong. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan nilai *feeding* paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaaan diikuti kecepatan potong dan kedalaman potong. Sementara Torres dkk (2015) juga melakukan penelitian terhadap pengaruh parameter pemotongan terhadap kekasaran permukaan. Parameter pemesinan yang digunakan sama dengan (Agrawal dkk., 2015) dan ditambah radius pahat. Hasil menunjukkan bahwa *feeding* dan kedalaman potong merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Pada Gambar 15 merupakan grafik hubungan antara *feeding* terhadap nilai kekasaran permukaan dari berbagai baja komersial pada proses pemesinan bubut konvensional, dimana peningkatan *feeding* akan berpengaruh terhadap peningkatan *surface roughness,* artinya semakin besar *feeding* maka *surface* r*oughness*-nya akan semakin kasar.



Gambar 15. Nilai *surface roughness* dari baja karbon.

Palanisamy dkk (2015) melakukan penelitian terhadap kekerasan baja stainless steel dengan hasil penelitian bahwa kekerasan baja akan meningkatkan kualitas kekasaran permukaan dengan dipengaruhi beberapa faktor, seperti *feeding* dan *cutting speed*. Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 15. dapat dianalisis bahwa tingkat kekerasan suatu mateial berpengaruh terhadap harga kekasaran permukaan yang dihasilkan, semakin keras baja akan menghasilkan harga kekasaran permukaan kecil (halus).

5. Kesimpulan

Dari hasil analisis data penelitian proses bubut konvensional kecepatan rendah terhadap baja karbon dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Analisis karakteristik geram berdasarkan bentuk dan dimensi geram sebagai berikut:
   - Bentuk geram pada umumnya *tape* seiring dengan peningkatan *feeding* geram cenderung berbentuk spiral dan semakin keras material diameter spiral geram akan semakin kecil. Karakterisasi bentuk geram untuk semua *feeding,* baja AISI 1010 dikategorikan dalam bentuk geram *arc*, baja AISI 1044 bentuk geram *short conical helical*, baja AISI 1068 bentuk geram *short tabular.*
   - Hasil pengukuran dimensi (sudut geser, tebal, lebar dan jarak antar) geram berbanding lurus dengan *feeding* dan berbanding terbalik dengan tingkat kekerasan material, kecuali sudut geser geram artinya semakin keras material justru pengukuran dimensinya akan semakin meningkat.
2. Analisis hubungan *feeding* terhadap nilai *surface roughness* (*Ra*) sebagai berikut. Peningkatan nilai *feeding* akan berpengaruh terhadap peningkatan kekasaran permukaan hal ini dikarenakan peningkatan nilai *feeding* berarti pergeseran pahat akan bertambah per putaran spindel, sehingga permukaan akan semakin kasar dan semakin keras baja akan menghasilkan nilai kekasaran permukaan kecil (halus).

Hasil analisis menunjukkan bahwa peningkatan kekerasan material baja karbon, berkorelasi terhadap penurunan kekasaran permukaan dan penurunan dimensi geram, kecuali sudut geser geram pada proses bubut kecepatan rendah.

Daftar Pustaka

Aditia, M. A. (2013). Pengaruh Jenis Pahat, Kecepatan Spindel, Dan Kedalaman Pemakanan Terhadap Tingkat Kerataan Permukaan Dan Bentuk Geram Baja St. 60 Pada Proses Bubut Konvensional Muhammad. *Jurnal Teknik Mesin*, *1*(2), 311–318.

Agrawal, A., Goel, S., Bin, W., & Price, M. (2015). Prediction of surface roughness during hard turning of AISI 4340 steel. *Applied Soft Computing Journal*, *30*, 279–286. https://doi.org/10.1016/j.asoc.2015.01.059

Batista, M., Salguero, J., Gomez-Parra, A., Fernández-Vidal, S., & Marcos, M. (2013). SOM based methodology for evaluating shrinkage parameter of the chip developed in titanium dry turning process. *Procedia CIRP*, *8*, 534–539. https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.146

Palanisamy, D., Senthil, P., & Senthilkumar, V. (2015). ScienceDirect The effect of aging on machinability of 15Cr – 5Ni precipitation hardened stainless steel. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, *16*(1), 53–63. https://doi.org/10.1016/j.acme.2015.09.004

Poulachon, G., & Moisan, A. L. (2000). Hard Turning: Chip Formation Mechanisms and Metallurgical Aspects. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, *122*(3), 406. https://doi.org/10.1115/1.1285891

Sanchez, Y., Trujillo, F. J., Sevilla, L., & Marcos, M. (2015). Study of the Influence of the Cutting Parameters on the Chip Geometry during Machining Alloy UNS A97075. *Procedia Engineering*, *132*, 513–520. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.527

Segreto, T., Simeone, A., & Teti, R. (2012). Chip Form Classification in Carbon Steel Turning through Cutting Force Measurement and Principal Component Analysis. *Procedia CIRP*, *2*, 49–54. https://doi.org/10.1016/j.procir.2012.05.038

Torres, A., Puertas, I., & Luis, C. J. (2015). Surface Roughness Analysis on the Dry Turning of an Al-Cu Alloy. *Procedia Engineering*, *132*, 537–544. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.12.530

Vilches, F., Hurtado, L., Fernández, F., & Gamboa, C. (2017). Analysis of the Chip Geometry in Dry Machining of Aeronautical Aluminum Alloys. *Applied Sciences*, *7*(2), 132. https://doi.org/10.3390/app7020132