OPTIMASI PARAMETER PROSES *BALLBURNISHING* PADA PEMBUATAN *SHAFT* S45C MENGGUNAKAN MESIN BUBUT KONVENSIONAL

Hendra Harsanta[1], Amin Suhadi[2]
[12]Program Studi Magister Teknik Mesin, Universitas Pancasila, Jakarta
Jl.Borobudur No.7 Jakarta Pusat 10320, Indonesia
Telp. (62-21) 31926047
Email: hharsanta@ymail.com, aminsuhadi@gmail.com

ABSTRAK

Kualitas permukaan sangatlah penting dalam proses pembuatan komponen mesin. Hal ini dapat dilihat dengan tingkat kehalusan dan kekerasan permukaan benda yang dihasilkan. Perkembangan industri manufaktur, khususnya industri menengah pada workshop yang bergerak dalam bidang jasa perbaikan dan pembuatan komponen mesin industri di Indonesia sangatlah pesat, selain itu minimnya fasilitas mesin yang dimiliki oleh industri workshop dalam memproduksi komponen yang dipesan oleh pelanggan, dalam hal ini adalah proses *grinding* silinder dimana harga mesin tersebut sangatlah mahal dan tidak terjangkau oleh kalangan industri menengah kebawah, sehingga proses tersebut harus disubkontrakkan ke workshop yang memiliki fasilitas mesin *grinding* silinder, hal ini yang akan mengakibatkan ongkos produksi yang tinggi. Proses *Ball Burnishing* yang dipasangkan pada mesin bubut konvensional, merupakan salah satu desain alat bantu penghalus permukaan yang bertujuan untuk memaksimalkan fungsi dari mesin bubut guna memperoleh kualitas hasil kehalusan dan kekerasan permukaan pada pembuatan komponen. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui : (1) Pengaruh variasi kecepatan *spindle* , laju kecepatan *feeding*, kedalaman penekanan *ball burnishing*, dan variasi diameter pin bola *ball burnishing* terhadap kehalusan dan kekerasan pada permukaan material. (2) Mengetahui parameter manakah yang menghasilkan tingkat kehalusan dan nilai kekerasan permukaan yang optimal pada proses *ball burnishing* pada material.Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses *ball burnihsing* dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas kehalusan dan kekerasaran permukaan. Parameter optimum untuk kehalusan dan kekerasan permukaan tercapai pada kecepatan putaran mesin (*spindle)* 360 rpm, kecepatan pemakanan (*feeding speed)* 0,06 mm/rev dan 0,09 mm/rev dengan kedalaman penekanan*(depth of cut)* 0.003 mm , diameter *pin ball* ϕ 8 mm. Semakin dalam variasi kedalaman penetrasi penekanan dapat mengakibatkan peningkatan pada kehalusan dan kekerasan permukaan material.

Kata kunci: ***optimasi, parameter, ball burnishing, kehalusan permukaan.kekerasan permukaan.***

ABSTRACT

Surface quality is very important in the process of making engine components. This can be seen by the level of smoothness and hardness of the surface of the object produced. The development of manufacturing industries, especially medium industries in workshops that are engaged in the repair and manufacturing of industrial machinery components in Indonesia, is very rapid, besides the lack of machine facilities owned by the workshop industry in producing components ordered by customers, in this case the grinding cylinder process where the price of the machine is very expensive and is not affordable by the middle and lower industry, so the process must be subcontracted to workshops that have cylindrical grinding machine facilities, this will result in high production costs. The Ball Burnishing process paired on a conventional lathe, is one of the design of surface smoothing tools that aims to maximize the function of the lathe to obtain the quality of smoothness and surface hardness in the manufacture of components. The purpose of this study was to find out: (1) Effect of variations in spindle speed, feeding speed, ball burnishing depth, and variation of ball burnishing ball pin diameter on the smoothness and hardness of the material surface. (2) Knowing which parameters produce the level of smoothness and the value of optimal surface hardness in the process of ball burnishing in the material. The results show that the ball burnihsing process can be used to improve the quality of smoothness and surface roughness. The optimum parameters for smoothness and surface hardness are achieved at the spindle speed of 360 rpm, feeding speed (feeding speed) 0.06 mm / rev and 0.09 mm / rev with a depth of cut of 0.003 mm, pin diameter ball ϕ 8 mm. The deeper variations in penetration depth of compression can result in an increase in the smoothness and hardness of the material surface.

Keywords : optimization, parameters, ball burnishing, surface smoothness. surface hardness.

I. PENDAHULUAN

Di era industrialisasi saat ini banyak berkembang industri workshop yang menyediakan akan jasa perbaikan dan pembuatan *spare part* dengan proses permesinan, salah satu proses permesinan yang sering digunakan adalah proses pembubutan.

Pemakaian mesin penggerak dalam hal ini mesin bubut dalam suatu kegiatan industri menjadi hal pokok yang sangat berpengaruh pada kelangsungan dan kemajuan proses produksi, beberapa hal yang nampak dari hasil produksi yang memakai tenaga mesin penggerak dalam prosesnya antara lain : kualitas dan kuantitas tinggi, dalam segi tenaga kerja atau operator dapat terkurangi, dalam segi waktu pengerjaan lebih cepat dan kebersihan relatif baik, khususnya dalam segi kualitas permukaan yang dihasilkan proses pembubutan dapat dilihat dari kehalusan permukaannya. Semakin halus permukaan benda kerja, maka semakin baik kualitas dari permukaan benda kerja.

Beberapa faktor yang mempengaruhi kehalusan permukaan menggunakan proses pembubutan antara lain :kedalaman penekanan, kecepatan pemakanan, putaran mesin, material benda kerja, profil alat potong, alat potong, kondisi mesin, pendinginan dan operator. Sedangkan untuk meningkatkan kualitas kehalusan permukaan, dilanjutkan proses *finishing*, antara lain : *grinding, polishing, honing* dan *super finishing*, dimana akan membutuhkan tambahan mesin, alat dan biaya yang besar. Untuk itu diperlukan suatu alat bantu untuk menghaluskan permukaan benda kerja yang dapat dipasang pada mesin bubut yang berfungsi membantu dalam proses *finishing.*

Salah satu alat bantu dalam proses yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas permukaan adalah proses *ball burnishing.* Proses *ball burnishing* dipilih dikarenakan dalam proses permesinannya yang tidak menghasilkan tatal atau geram-geram, proses ini merupakan pengerjaan *roll* dingin, dimana peningkatan karakteristik permukaan dan deformasi plastis pada bagian permukaan benda kerja. Keunggulan proses *ball burnishing* yaitu ; memerlukan waktu yang lebih singkat dan keahlian operator yang tidak terlalu tinggi. Untuk menghasilkan kualitas yang baik dan juga menekan biaya, serta meningkatkan effisiensi, maka diperlukan pengoptimalan parameter mesin. Guna mencapai hasil proses pengoptimalan alat bantu tersebut, maka perlunya dilakukan pengamatan tentang pengaruh perubahan kehalusan dan kekerasan pada lapisan luar pada material setelah melalui proses *ball burnishing*.

Tujuan pengamatan dan penelitian adalah mendapatkan parameter yang optimum untuk menghasilkan nilai kehalusan dan angka kekerasan permukaan pada material yang telah mengalami proses *ball burnishing* serta mengetahui pengaruh dari hasil proses *ball burnishing* tersebut, melalui pengamatan tambahan dengan dilakukan analisis struktur mikro dan tegangan sisa.

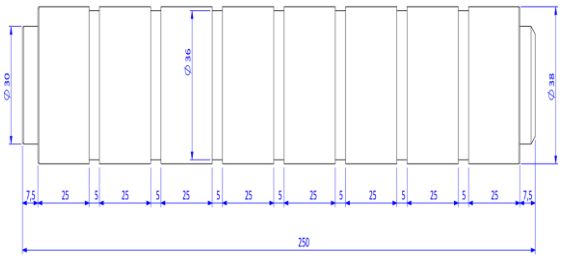
Pada penelitian ini, agar tidak menyimpang dan mengambang dari tujuan semula, sehingga akan mempermudah mendapatkan data dan informasi yang diperlukan, maka penulis menetapkan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Materialyang digunakan dalam pengujian adalah material *poros (shaft)* S45C yang banyak digunakan untuk pembuatan komponenkomponen mesin.
2. Obyek yang diteliti meliputi hasil kehalusan, nilai kekerasan permukaan material dan tegangan sisa sebagai akibat proses *ball burnishing*.
3. Mesin digunakan adalah mesin bubut konvensional dengan semua proses *ball burnishing* dalam pengujiannya menggunakan cairan pendingin.
4. Instrumen penelitian menggunakan alat pengujian kehalusan, kekerasan, dan struktur mikro pada materialdengan memenuhi standart kelayakan pengujian.

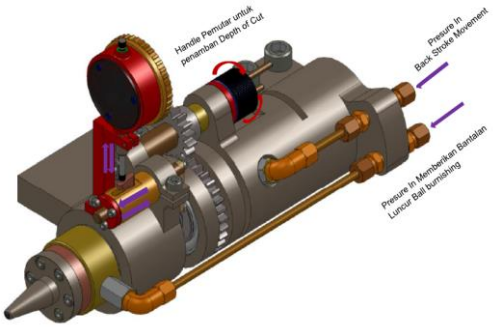
II. METODE PENELITIAN

Kondensor adalah alat penukar panas (*Heat Exchanger*) aliran dua fase dimana panas yang dihasilkan dari perubahan uap menjadi cair (*condensation*) dan panas yang dihasilkan dipindahkan dari sistem oleh pendingin. Pada sistem tenaga uap, fungsi utama kondensor adalah untuk mengembalikan *exhaust steam* dari turbin ke fase cairnya agar dapat dipompakan kembali.Dengan *back pressure* yang rendah, maka efisiensi siklus dan kerja turbin akan meningkat

Bahan yang digunakan adalah *baja medium carbon steel* (S45C) merupakan baja karbon sedang. S45C baja yang memiliki kandungan C = 0,59 % max, Mn = 0,9 max, Si = 0,35 max, Cr = 0,03 max, Mo = 0,035 max, memiliki *Yield Strenght* min = 343 Mpa dengan *Tensile Strenght* min = 569 Mpa. Pada bahan specimen uji seperti ditunjukan pada Gambar 1. Proses *ball burnishing* dilakukan dengan mesin bubut konvensional SHANGDONG C6240A. Alat penelitian *ball burnishing*, seperti di tunjukan pada Gambar 2.



Gambar 1. Material Uji Bahan S45C



Gambar 2. Alat *Ball Burnishing*

Pengukuran kehalusan permukaan digunakan *Mitutoyo Surface Roughness Tester SJ-301.Portable Hardness Tester Type NH-411* digunakan untuk pengukuran kekerasan permukaan. Pengamatan struktur mikro digunakan *Meiji Techno MX-700* dilengkapi dengan *digital imaging.* Metode Difraksi Sinar X – XRD *Difactometer* untuk uji tegangan sisa.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

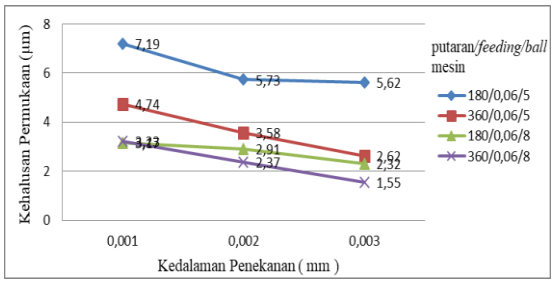
a. Analisa Kehalusan Permukaan

Hasil pengukuran dari percobaan dilaboratorium, diperoleh data seperti di tunjukan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Kehalusan Permukaan.

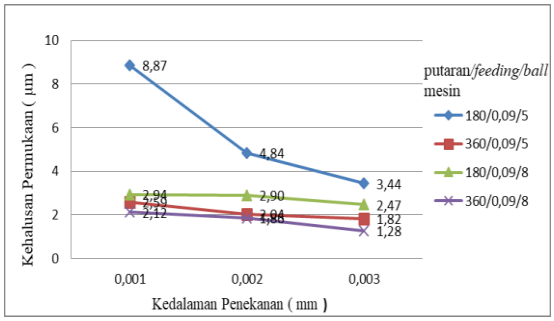
Putaran Mesin (rpm)	Feeding (f)	Depth Of Cut (t)	Dia. pin *ball (mm)*	Tekanan Ball burnishing (µm)	Sebelum Burnishing (µm)	Sesudah Burnishing (µm)
180	0.06	0.001	5	40	11.18	7.19
		0.002				5.73
		0.003				5.62
180	0.09	0.001	5	40	11.18	8.87
		0.002				4.84
		0.003				3.44
360	0.06	0.001	5	40	8.99	4.74
		0.002				3.58
		0.003				2.48
360	0.09	0.001	5	40	8.99	2.59
		0.002				2.04
		0.003				1.82
180	0.06	0.001	8	40	8.56	3.17
		0.002				2.91
		0.003				2.32
180	0.09	0.001	8	40	8.56	2.94
		0.002				2.90
		0.003				2.47
380	0.06	0.001	8	40	10.60	3.23
		0.002				2.37
		0.003				1.55
360	0.09	0.001	8	40	10.60	2.12
		0.002				1.86
		0.003				1.28

Tabel 1 Menampilkan data hasil pengukuran hubungan parameter kedalaman penekanan, *feeding speed*, diameter *pin ball* dengan variasi putaran mesin. Pada Gambar 3 menunjukan analisa hasil kehalusan permukaan dengan parameter putaran mesin 180 rpm dan 360 rpm, *pin ball* 5 mm dan 8 mm dengan *feeding* 0,06 mm/putaran.



Gambar 3. Pengaruh parameter kedalaman penekanan terhadap kehalusan permukaan dengan berbagai parameter putaran mesin, diameter *pin ball* dengan *feeding speed 0,06 mm/put.*

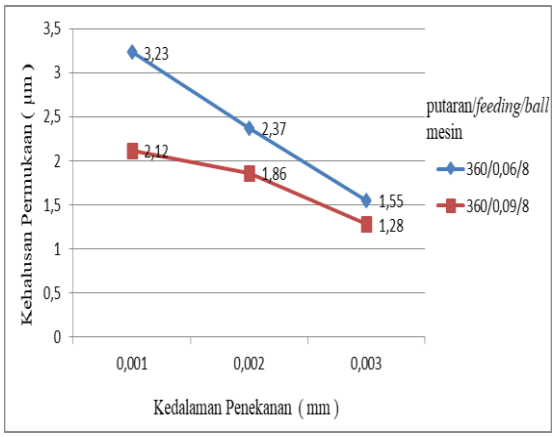
Gambar 3. Memperlihatkan pada parameter variasi putaran mesin dan variasi *pin ball* dengan *feeding speed* 0,06 mm/put, dimana semakin besar parameter kedalaman penekanan akan menghasilkan kehalusan permukaan yang semakin halus yang diperoleh dengan nilai kehalusan permukaan **Rz = 1.55 µm**, semakin besar kedalaman penekanan maka semakin besar gaya yang terjadi. Pada Gambar 4 menunjukan analisa hasil kehalusan permukaan dengan parameter putaran mesin 180 rpm dan 360 rpm, *pin ball* 5 mm dan 8 mm dengan *feeding* 0,09 mm/putaran.



Gambar 4. Pengaruh parameter kedalaman penekanan terhadap kehalusan permukaan dengan berbagai parameter putaran mesin, diameter *pin ball* dengan *feeding speed 0,09 mm/put.*

Gambar 4. Memperlihatkan pada parameter variasi putaran mesin dan variasi *pin ball* dengan *feeding speed* 0,09 mm/put, dimana semakin besar parameter kedalaman penekanan akan menghasilkan kehalusan permukaan yang semakin halus yang diperoleh dengan nilai kehalusan permukaan **Rz = 1.28 µm**, semakin

besar kedalaman penekanan maka semakin besar gaya yang terjadi. Pada Gambar 5 menunjukan perbandingan hasil kehalusan permukaan antara Gambar 3 : parameter putaran mesin 360 rpm, *pin ball* 8 mm , *feeding* 0,06 mm/putaran, dengan Gambar 4: parameter putaran mesin 360 rpm, *pin ball* 8 mm, *feeding* 0,09 mm/putaran. Perbandingan ini dimaksudkan guna memperoleh parameter kehalusan pada permukaan yang optimum.



Gambar 5. Perbandingan hasil parameter kedalaman penekanan terhadap kehalusan permukaan dengan putaran mesin 360 rpm, diameter *pin ball* 8 mm dengan variasi *feeding speed 0.06 dan 0.09 mm/put.*

Gambar 5. Memperlihatkan parameter hasil yang optimum kehalusan permukaan adalah kedalaman penekanan 0.003 mm, *feeding speed* 0.09 mm/put. *pin ball* 8 mm dengan putaran mesin 360 rpm. Dimana kehalusan permukaan sebelum proses *ball burnishing* (basic bubut) diperoleh **Rz =10.60 µm,** sedangkan hasil setelah proses *ball burnishing* kehalusan permukaan adalah **Rz = 1.28 µm.** Dengan demikian alat *ball burnishing* dengan paramater tersebut dapat meningkatkan pada kehalusan permukaan yang semakin halus.

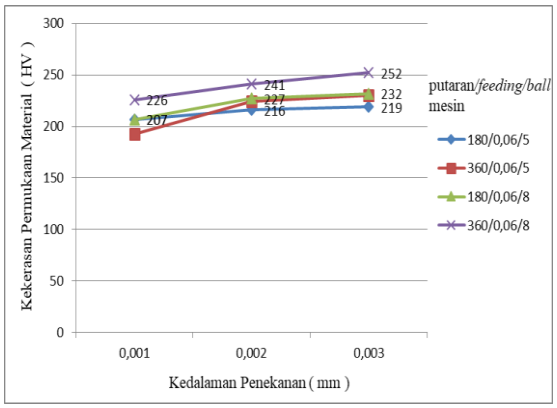
b. Analisa Kekerasan Permukaan

Hasil pengukuran kekerasan permukaan menggunakan *Mitutoyo Portable Hardness Tester HH-411*, diperoleh data seperti ditunjukan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kekerasan Permukaan

Putaran Mesin (rpm)	*Feeding* (f)	*Dept of Cut (t)*	Dia. *pin ball* (mm)	Tekanan *Ball Burnishing* (P)	Kekerasan Rata-rata Sebelum *Burnishing* (HRV)	Kekerasan Rata-rata Sesudah *Burnishing* (HRV)
180	0.06	0.001	5	40	184	207
		0.002				216
		0.003				219
360	0.06	0.001	5	40	192	193
		0.002				224
		0.003				230
180	0.06	0.001	8	40	201	207
		0.002				227
		0.003				232
360	0.06	0.001	8	40	203	226
		0.002				241
		0.003				252

Tabel 2. Menampilkan data hasil pengukuran kekerasan permukaan dengan variasi putaran mesin, diameter *pin ball*, *feeding* tetapdengan variasi kedalaman penekanan, adapun parameternya sebagai berikut : 180 rpm dan 360 rpm, *pinball* 5 mm dan 8 mm, *feeding* tetap 0.06 mm/put, dengan variasi kedalaman penekanan 0.001 mm, 0.002 mm dan 0.003 mm.



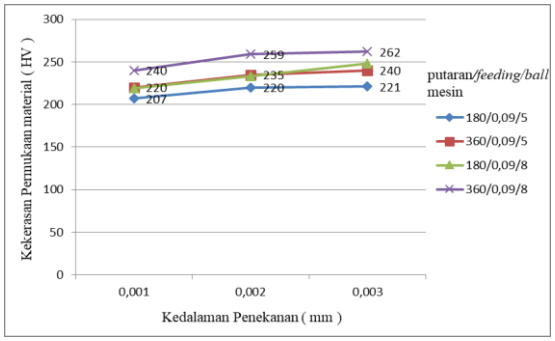
Gambar 6. Pengaruh parameter kedalaman penekanan terhadap kekerasanpermukaan dengan berbagai parameter putaran mesin,*pin ball, feeding speed 0.06 mm/putaran.*

Gambar 6. Memperlihatkan pengaruh parameter kedalaman penekanan yang semakin besar dapat meningkatkan kekerasan permukaan, dengan parameter putaran mesin 360 rpm, *feeding speed* 0.06 mm/put. menggunakan *pin ball* 8 mm, diperoleh hasil kekerasan permukaan tertinggi dengan **nilai rata-rata = 252 HRV** dimana terjadi peningkatan kekerasan dengan proses *ball burnishing.*

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kekerasan Permukaan

Putaran Mesin (rpm)	*Feeding* (f)	*Dept of Cut (t)*	Dia. *pin ball* (mm)	Tekanan *Ball Burnishing* (P)	Kekerasan Rata-rata Sebelum *Burnishing* (HRV)	Kekerasan Rata-rata Sesudah *Burnishing* (HRV)
180	0.09	0.001	5	40	184	207
		0.002				220
		0.003				221
360	0.09	0.001	5	40	192	220
		0.002				235
		0.003				240
180	0.09	0.001	8	40	201	219
		0.002				233
		0.003				248
360	0.09	0.001	8	40	203	240
		0.002				259
		0.003				262

Tabel 3. Menampilkan data hasil pengukuran kekerasan permukaan dengan variasi putaran mesin, diameter *pin ball*, *feeding* tetapdengan variasi kedalaman penekanan, adapun parameternya sebagai berikut : 180 rpm dan 360 rpm, *pinball* 5 mm dan 8 mm, *feeding* tetap 0.09 mm/put, dengan variasi kedalaman penekanan 0.001 mm, 0.002 mm dan 0.003 mm.



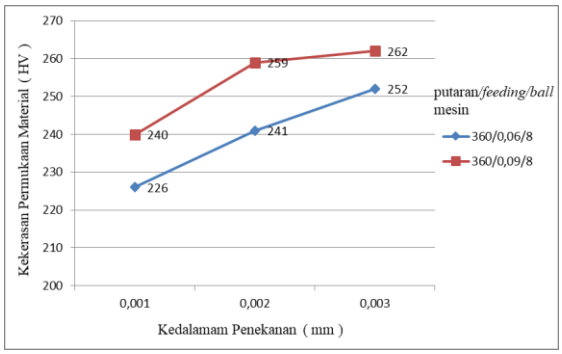
Gambar 7. Pengaruh parameter kedalaman penekanan terhadap kekerasanpermukaan dengan berbagai parameter putaran mesin,*pin ball, feeding speed 0.09 mm/putaran.*

Gambar 7. Memperlihatkan pengaruh parameter kedalaman penekanan yang semakin besar dapat meningkatkan kekerasan permukaan, dengan parameter putaran mesin 360 rpm, *feeding speed* 0.09 mm/put. menggunakan *pin ball* 8 mm, diperoleh hasil kekerasan permukaan tertinggi dengan **nilai rata-rata = 262 HRV** dimana terjadi peningkatan kekerasan dengan proses *ball burnishing.*

Tabel 4. Perbandingan Parameter Optimum Hasil Pengukuran Kekerasan Permukaan.

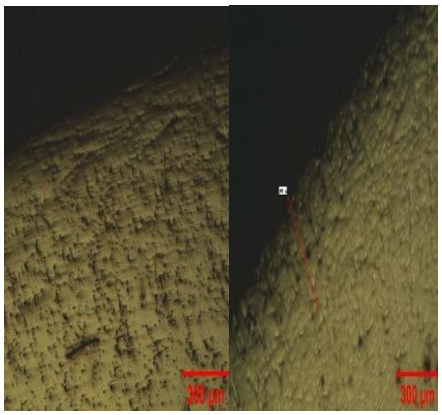
Putaran Mesin (rpm)	*Feeding* (f)	*Dept of Cut (t)*	Dia. *pin ball* (mm)	Tekanan *Ball Burnishing* (P)	Kekerasan Rata-rata Sebelum *Burnishing* (HRV)	Kekerasan Rata-rata Sesudah *Burnishing* (HRV)
360	0.06	0.001	8	40	203	226
		0.002				241
		0.003				252
360	0.09	0.001	8	40	203	240
		0.002				259
		0.003				262

Tabel 4. Memperlihatkan perbandingan parameter hasil yang optimum, dimana pada putaran mesin dan diameter *pin ball* yang sama, *feeding speed* yang berbeda pada kedalaman penekanan 0.003 mm, diperoleh nilai kekerasan permukaan **= 252 HRV dan 262 HRV.**



Gambar 8. Perbandingan hasil parameter optimum kedalaman penekanan terhadap kekerasanpermukaan dengan parameter putaran mesin,*pin ball, feeding speed 0.06 mm/put. dan 0.09 mm/put.*

Gambar 8. Memperlihatkan pengaruh hasil parameter yang optimum pada putaran mesin dan diameter *pin ball* yang sama dengan *feeding speed* yang berbeda terhadap pengukuran kekerasan permukaan dengan berbagai variasi kedalaman penekanan. Pada parameter putaran mesin 360 rpm menggunakan *pin ball* 8 mm, *feeding speed* 0.09 mm/put serta kedalaman penekanan 0.003 mm, menghasilkan kekerasan permukaan yang tertinggi dengan nilai = **262 HRV.** Dimana semakin besar kedalaman penetrasi penekanan dapat menghasilkan kekerasan pada permukaan lebih tinggi. Dengan demikian alat *ball burnishing* dengan paramater tersebut dapat meningkatkan pada kekerasan permukaan yang semakin halus.



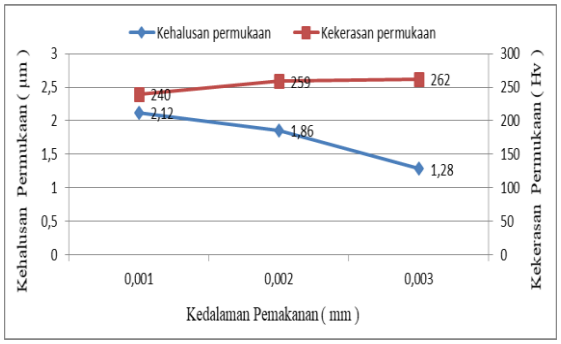
(a) Tidak di *Burnishing*(b) Setelah di *Burnishing*

Gambar 9. Foto struktur mikro dengan pembesaran 50x

Gambar 9. Memperlihatkan gambar foto pengamatan profil struktur mikro dengan pembesaran 50x. Pada Gambar 7 (a) memperlihatkan adanya perubahan profil struktur mikro bila dibandingkan Gambar 7 (b). Nampak terlihat batas butir yang hilang dan menyatu, dimana ukuran batas butir menjadi lebih sedikit dan lebih kecil setelah mengalami proses *ball burnishing.*Hal ini dikarenakan akibat penekanan oleh pin ball burnishing yang merubah regangan antar butir. Perubahan regangan ini menyebabkan terjadinya peningkatan kekerasan material. Dengan perubahan profil struktur mikro dapat dikatakan bahwa terjadi perubahan pada kekerasan permukaan pada material.

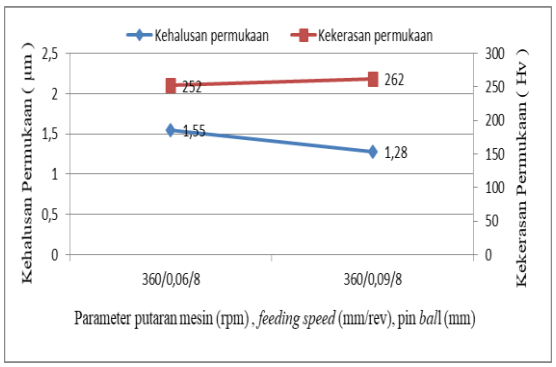
c. Analisa Kehalusan Permukaan dan Kekerasan Permukaa.

Dari hasil pengukuran kehalusan dan kekerasan permukaan, hasil tersebut akan digabungkan dalam satu grafik agar terlihat jelas perubahan *ball burnishing,* yangditunjukan pada Gbr 10 dan 11.



Gambar 10. Pengaruh kedalaman penekanan terhadap kehalusan dan kekerasan permukaan pada parameter 360 rpm, *feeding* 0.09 mm/put, *pin ball* 8 mm

Gambar 10. Menunjukan pengaruh kedalaman penekanan terhadap kehalusan dan kekerasan permukaan pada parameter putaran mesin 360 rpm, *feeding* 0.09 mm/put, menggunakan diameter *ball* 8 mm. Peningkatan kedalaman penekanan akan menghasilkan pengaruh yang berbeda terhadap kehalusan dan kekerasan permukaan. Dengan meningkatnya kedalaman penekanan akan dapat menghasilkan peningkatan kehalusan permukaan dan kekerasan permukaan. Pada kedalaman penekanan 0.003 mm menghasilkan kehalusan dan kekerasan permukaan yang optimum. Kedalaman penekanan mempunyai pengaruh yang cukup besar untuk menghasilkan dan meningkatkan kehalusan dan kekerasan permukaan.



Gambar 11. Pengaruh putaran mesin, *feeding speed*,*pin ball* terhadap kehalusan dan kekerasan permukaan pada parameter kedalaman penekanan 0.003 mm.

Gambar 11. Menunjukan pengaruh putaran mesin, *feeding speed*, diameter *pinball* terhadap kehalusan dan kekerasan permukaan pada parameter kedalaman penekanan 0.003 mm. Dengan putaran mesin 360 rpm, *feeding* 0.06 dan 0.09 mm/put, *pinball* 8 mm dapat menghasilkan pengaruh yang berbeda terhadap kehalusan dan kekerasan permukaan. Pada putaran mesin 360 rpm dengan peningkatan *feedingspeed* dan variasi *pin ball* , kedalaman penekanan akan tercapainya nilai kehalusan dan kekerasan permukaan yang optimum dengan *feeding speed* 0.09 mm/put , *pinball* 8 mm. Parameter putaran mesin, *feeding speed* dan penggunaan variasi *pinball* mempunyai pengaruh yang cukup besar untuk peningkatan kehalusan dan kekerasan permukaan material.

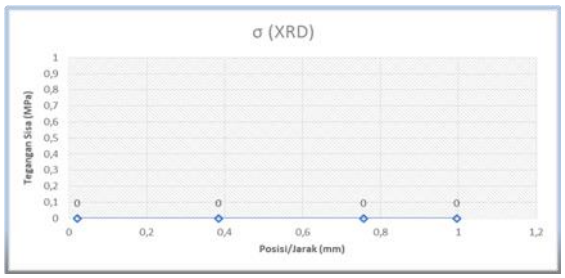
d. Pengujian Tegangan Sisa.

Dari hasil pengujian tegangan sisa sebelum proses *ball burnishing* dengan sesudah proses *ball burnishing*menggunakan *XRD-Difractometer* dengan Metode Difraksi Sinar-X, diperoleh data hasil yang ditunjukan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Hasil Pengujian Tegangan Sisa Sebelum Proses *Ball Burnishing.*

θ	E	v	sin²ψ	dn	do	$\frac{E}{(1+\upsilon)\sin^2\Psi}$	$\frac{(d_n - d_o)}{d_o}$	σ (XRD)
44,651	190	0,25	0,3843612	2,0295	2,0295	395,461325	0	0
64,919	190	0,25	0,7562506	1,4364	1,4364	200,9915719	0	0
84,972	190	0,25	0,0220367	1,1414	1,1414	6897,582226	0	0
98,897	190	0,25	0,996015	1,0146	1,0146	152,6081382	0	0

Tabel 5. Menampilkan hasil pengujian dan pengukuran dengan metode difraksi diperoleh data-data besarnya tegangan sisa sebelum proses *ball burnishing*, dimana hasilnya tidak adanya tegangan sisa pada material S45C, yang dapat dilihat pada Gambar 12.



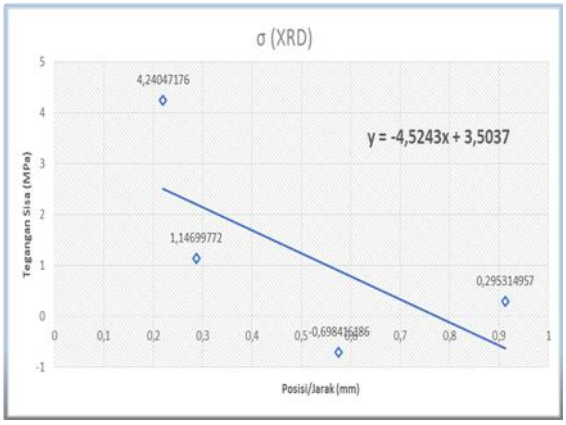
Gambar 12. Grafik hasil pengujian tegangan sisa pada material S45C sebelum proses *Ball Burnishing.*

Tabel 6. Hasil Pengujian Tegangan Sisa Sesudah Proses *Ball Burnishing.*

θ	E	v	sin²ψ	dn	do	$\frac{E}{(1+\upsilon)\sin^2\Psi}$	$\frac{(d_n - d_o)}{d_o}$	σ (XRD)
44,548	190	0,25	0,28730597	2,0339	2,0295	529,0526984	0,002168022	1,14699772
65,112	190	0,25	0,5757547	1,4326	1,4364	264,0013184	-0,002645503	-0,69841619
84,335	190	0,25	0,21983133	1,1484	1,1414	691,4392096	0,006132819	4,24047176
98,661	190	0,25	0,91313669	1,0164	1,0146	166,4591973	0,001774098	0,295314957

Tabel 6. Menampilkan hasil pengujian dan pengukuran dengan metode difraksi diperoleh data-data besarnya tegangan sisa sesudah proses *ball burnishing*, dimana hasil menunjukan adanya tegangan sisa pada material S45C dengan bertambahnya reduksi penampang sebesar Y = -4,5243x + 3,5037. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 13. Dengan diketahui hasil tegangan sisa

material pembuatan *Shaft* S45C dengan proses *ball burnishing* akan memberikan pengaruh terhadap sifat ketahanan korosi dan umur lelah serta meningkatkan ketahanan *strees corrosion* (korosi tegangan).



Gambar 13. Grafik hasil pengujian tegangan sisa pada material S45C sesudah proses *Ball Burnishing*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Parameter optimum untuk kehalusan permukaan pada pembuatan shaft S45C dapat dicapai pada putaran mesin 360 rpm, *feeding speed* 0.09 mm/put, dengan kedalaman penekanan 0.003 mm, menggunakan diameter *pin ball* 8 mm.
2. Parameter optimum untuk kekasaran permukaan pada pembuatan *shaft* S45C dapat dicapai pada putaran mesin 360 rpm, *feeding speed* 0.09 mm/put, dengan kedalaman penekanan 0.003 mm, menggunakan diameter *pin ball* 8 mm.
3. Semakin dalam kedalaman penekanan akan menghasilkan kehalusan permukaan dan kekerasan permukaan yang semakin halus dan keras pada permukaan material S45C, namun hal ini tentunya mengakibatkan tingginya biaya dalam prosesnya.
4. *Setting* optimum parameter alat penghalus permukaan *ball burnishing* pada mesin bubut konvensional untuk memperoleh kehalusan dan kekerasan permukaan digunakan parameter : putaran mesin 360 rpm, dengan *feeding speed* 0.09 mm/put, kedalaman penekanan 0.003 mm menggunakan diameter *pin ball* 8 mm.

Guna lebih mengembangkan serta kajian mengenai proses *ball burnishing*, disarankan penggunaan variabel gaya kedalaman penekanan dan penggunaan *pin ball* dengan bahan/material *carbide ball bearing* dalam penelitian selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

[1] G. Purwanto, D. D. Susilo and B. Santosa, "Pengaruh Proses Burnishing Terhadap Kekasaran dan Kekerasan Mild Steel Menggunakan Mesin Bubut Konvensional," *Jurnal Mekanika*, vol. 10, no. 2, Maret 2012

[2] P. N. Petel, N. B. Patel and T. M. Patel, "Parametric Optimization of Ball Burnishing Process Parameter for Hardness of Aluminium Alloy 6061," *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, vol. 04, no. 08, pp. 21-26, August 2014.

[3] A. A. Ibrahim, "An Investigation Into Ball Burnishing Process of Carbon Stell on a Lathe," *Mechanical Engineering Departement, Shoubra Faculty of Engineering, Benha University*, 2009.

[4] K. T. Ulric and S. D. Eppinger, Perancangan dan Pengembangan Produk, Jakarta: Mc Graw Hill, Salemba Teknika, 2001.

[5] S. Munadji, Dasar-Dasar Metrologi Industri, Jakarta: Dikti, 1998.

[6] T. Rochim, Spesifikasi, Metrologi, & Kontrol Kualitas Geometrik Jilid I, Bandung: Penerbit ITB, 2001.

[7] B. Pujilaksono, "Pengukuran Tegangan Sisa Dengan Metode Deflaksi dan Difraksi Sinar-X," in *Dosen Jurusan Teknik Nuklir FT UGM*, Yogyakarta, Media Teknik, Tahun XVIII, November 1996.