

Optimasi Parameter Proses Heating dan Pressing Quenching Cakram Rem Berbahan S410

Hari Iswanto *), Syahbuddin **)

PT. Yutaka Manufacturing Indonesia, Bekasi, Jawa Barat

Email: ha_iswanto@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan terhadap komponen otomotif yaitu cakram rem yang menggunakan material logam yaitu S 410. Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk menentukan parameter yang optimal pada waktu melakukan perbaikan proses untuk menaikkan kapasitas proses *heating dan Press Quenching (HPQ)* dengan melakukan perubahan metode dari satu kaviti menjadi dua kaviti setiap proses sehingga kapasitas proses mengalami peningkatan. Dari aspek kualitas maka kekerasan dan kerataan produk harus tercapai dengan HRC 32 – 38 serta kerataan maksimal 0,1 mm. Optimasi menggunakan metode taguchi dengan mengacu pada table *orthogonal array*. Parameter yang digunakan ada 4 dengan masing-masing 3 level yaitu : Waktu Pemanasan 25; 30 dan 35 s, Tekanan Mesin 60; 90; 150 Mpa, Waktu *Squeeze* 8; 10; 15 s dan Waktu Shower 8; 10; 12 s. Hasil optimasi menunjukkan bahwa parameter optimal untuk proses baru yaitu dua kaviti adalah Waktu pemanasan (A)35 s, Tekanan Mesin (B)90Mpa, Waktu Press (C)10 s, Waktu *shower* (B)12 s. Parameter hasil penelitian kemudian diuji dengan *control chart* dengan mengambil 100 data sampel menunjukkan masih dalam standard. Dengan perubahan menjadi 2 kaviti maka proses mengalami peningkatan 100 pcs menjadi 138 pcs atau mengalami peningkatan kurang lebih 38 %.

Kata Kunci: SUS 410, *Heating dan Press Quenching (HPQ)*, Optimasi, Taguchi, kaviti.

ABSTRACT

The object of the study is an automotive components for motor bike. The component is braking discplate. Stainless steel is the material used by the component and the specification is S 410. The study is to determine the optimum process parameters on Heating and Press Quenching (HPQ). Parameters optimization are needed to increase the production capacity the product quality The quality standards of the product to be controlled are hardness and flatness. The hardness of the product must be achieved on HRC 32-38 and the maximum flatness is 0,1 mm. Parameters optimization uses the Taguchi method by referring to the orthogonal array table. There are 4 parameters used with each of 3 levels, namely: Heating Time 25; 30 and 35 s, Engine Pressure 60; 90; 150 Mpa, Squeeze Time 8; 10; 15 s and Shower Time 8; 10; 12 s. The optimization results show that the optimal parameters for the new process are: heating time (A) 35 s, machine pressure (B) 90 MPa, press time (C) 10 s, shower time (B) 12 s. The parameters of the research results are then tested with a control chart by taking 100 data samples showing that they are still in the standard. After changing the metode from one into two cavities the production process capacity has increased by 100 pcs to 138 pcs or has increased 38%.

Keywords: SUS 410, *Heating and Press Quenching (HPQ)*, Optimization, Taguchi, Cavity.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir industri otomotif indonesia mengalami perkembangan yang cukup cepat dan pesat, menurut data yang diambil dari Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia (AISI) pada tahun 2018 distribusi kendaraan roda dua atau sepeda motor indonesia untuk semua merek baik untuk lokal maupun ekspor adalah 7.010.529 unit dan diperkirakan akan bertahan *stagnan* pada tahun 2019.

Salah satu produk otomotif yang menjadi bagian penting adalah sistem pengereman yang dalam hal ini adalah komponen pengereman yaitu *disk brake* atau cakram rem.

Dampak yang dirasakan perusahaan yang memproduksi cakram rem maka dengan peningkatan penjualan kendaraan sepeda motor maka hal tersebut akan menjadi potensi dan tantangan yang harus dihadapi sehingga kapasitas produksi sangat penting dijaga agar dapat melakukan pemenuhan terhadap pasar yang ada. Salah satu proses yang menjadi kunci dari

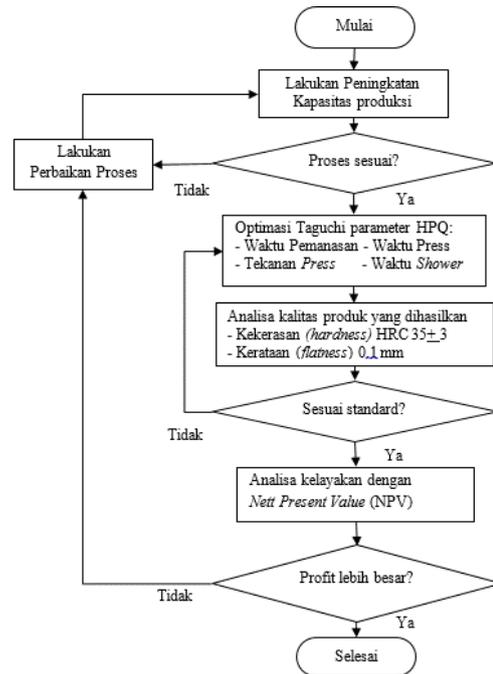
pembuatan cakram rem proses adalah *Heating dan Press Quenching* atau (HPQ). Kapasitas produksi proses HPQ merupakan hal menjadi sangat penting dengan kondisi di atas. Dengan peningkatan penjualan kendaraan sepeda motor yang meningkat dari tahun 2017 ke tahun 2018 sebesar 11 % maka diperlukan peningkatan kapasitas produksi pula agar dapat memenuhi kebutuhan produksi. Sebagai antisipasi terhadap kenaikan pasar maka harus dilakukan peningkatan kapasitas produksi melebihi kenaikan permintaan pasar sebesar 11 % sehingga kenaikan kapasitas harus lebih besar dari kenaikan penjualan yaitu sebesar 15 %.

Waktu proses saat ini untuk setiap mesin adalah 36 s, sehingga kapasitas produksi setiap jam adalah sebanyak 100 produk per jam, dengan target kenaikan kapasitas sebesar 15 % maka diharapkan kapasitas menjadi 115 produk perjam. Dengan kondisi di atas maka untuk memenuhi kebutuhan komponen yang meningkat maka harus dilakukan upaya untuk menaikkan kapasitas produksi agar kebutuhan dapat terpenuhi. Dalam meningkatkan kapasitas maka harus selalu mengacu kepada standar kualitas yang sudah ditentukan. Selain itu pertimbangan dari aspek ekonomi untuk menjamin bahwa dengan peningkatan kapasitas maka keuntungan yang diperoleh juga akan mengalami peningkatan.

Dengan proses penelitian yang dilakukan tentu saja diharapkan dapat diambil manfaatnya khususnya dalam proses produksi cakram rem dengan kapasitas produksi yang dapat memenuhi kebutuhan pasar dan daya saing yang tinggi dari aspek harga dan kualitas produk.

METODE PENELITIAN

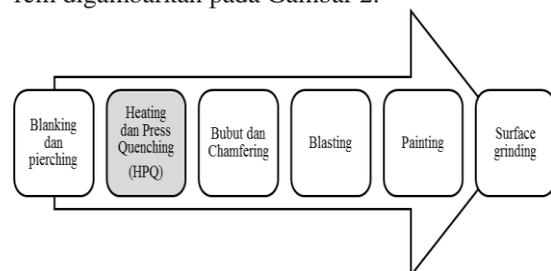
Tahapan penelitian dimulai dari tahap identifikasi masalah sampai dengan tahap pengujian dengan *setting* parameter yang sudah dioptimasi dalam bentuk *flow chart* di Gambar 1.



Gambar 1. Flow Chart Kerangka Penelitian

Proses Produksi

Pada proses produksi cakram rem mempunyai alur produksi sebagai berikut: Kedatangan material di gudang, material yang digunakan adalah *stainless steel 410* atau S 410 dalam bentuk sudah dilakukan pemotongan sebelumnya. Alur produksi pembuatan cakram rem digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Alur proses pembuatan cakram rem.

Urutan proses produksi cakram rem berdasarkan gambar di atas adalah sebagai berikut:

- Proses *blanking* dan *pierching*.
- Proses *heating* dan *pressing quenching*.
- Proses bubut luar, bubut dalam, *chamfering*
- Treatment *Electropolishing*.
- *Painting*.
- *Surface grinding*.

Penelitian dilakukan dengan membuat peningkatan kapasitas produksi dari mesin HPQ dengan cara modifikasi pada mesin sehingga dapat menghasilkan proses yang lebih baik dilihat dari aspek kapasitas dan kualitas produk yang dihasilkan. Proses mempunyai kendala dalam proses produksi, hal ini karena adanya tuntutan untuk peningkatan kapasitas dan kualitas produksi, namun hal ini terkendala dengan berbagai hal antara lain karena membutuhkan investasi yang cukup besar.

Peningkatan kapasitas produksi.

Peningkatan kapasitas produksi dilakukan dengan cara membuat modifikasi terhadap hal-hal berikut:

- Modifikasi coil *heating*, yaitu dengan cara membuat coil agar dapat melakukan proses dengan dua benda kerja sekaligus, adapun ilustrasinya sebagai berikut:
- Modifikasi *die press*, modifikasi dies press dilakukan dengan membuat dua area press yang dibuat diagonal atau menyilang agar ukuran die dapat sesuai dengan ukuran meja mesin press.

Pelaksanaan Ekperimen

Untuk mendapatkan setingan parameter proses yang sesuai dengan yang diinginkan maka diperlukan peralatan yang harus disiapkan. Adapun peralatan yang digunakan untuk penelitian terdiri dari mesin yang digunakan untuk memproduksi barang serta alat ukur yang digunakan untuk memeriksa parameter hasil dari produk yang dihasilkan. Mesin dan alat ukur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Spesifikasi Mesin dan Alat

No	Nama Mesin/Alat	Spesifikasi	
1	<i>Heating</i> induksi	Merk Model Output Freq Input	Nippon Thermonic NT 4250 250 KW 60 Khz 380 V 300 KVA
2	Mesin HPQ	Merk Kapasitas Input	Koshin Maks. 300 ton 380 V 300 KVA
3	Dial Gauge	Merk Ketelitian Kalibrasi	Mitutoyo 0,01 mm Juni 2018
4	Hardness Tester	Merk Ketelitian Kalibrasi	Akashi AR20 0,01 HRC Sept 2018

Pengujian Hasil

Setelah diperoleh kondisi parameter yang optimum maka dilakukan pengujian yang digunakan untuk menentukan tingkat kepercayaan hasil eksperimen yang kita lakukan dengan menggunakan *control chart*. Untuk melakukan pengujian terhadap parameter yang sudah dipilih maka dilakukan dengan cara melakukan pengukuran terhadap dua hal yaitu kekerasan atau dengan HRC dan kerataan permukaan yang disebut pengukuran *Radially Run Out* atau RRO.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menentukan Faktor Berpengaruh

Dari pengamatan pada proses yang dilakukan di lapangan dapat diambil faktor yang mempunyai pengaruh terhadap kekerasan produk yaitu :

- Waktu pemanasan, yang dilakukan untuk mendapatkan suhu berdasarkan standart minimum temperatur spesifikasi material
- Tekanan Mesin, yang merupakan proses menekan pada benda kerja atau produk dengan tekanan tertentu.
- Waktu *Squeeze*, yaitu waktu yang digunakan untuk melakukan penekanan terhadap benda kerja atau produk.
- Waktu *shower*, penyemprotan pendingin pada benda kerja

Hasil Eksperimen Kekerasan (*Hardness*)

Dari eksperimen yang dilakukan pada rentang waktu dari tanggal 1 Agustus 2019 sampai dengan tanggal 23 Agustus 2019. Pengambilan data dilakukan dengan replikasi sebanyak sepuluh kali dan diambil untuk masing-masing sisi yaitu untuk barang pada sisi A dan pada sisi B, dari hasil eksperimen maka diperoleh data hasil pengukuran kekerasan yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2 .Data hasil eksperimen kekerasan.

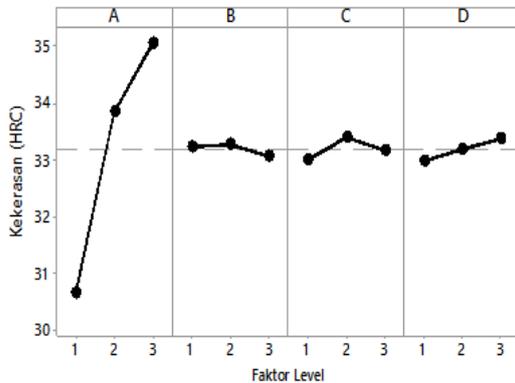
No	Kekerasan (HRC)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	30,0	30,0	32,0	31,0	31,0	29,5	29,5	30,0	29,0	31,0
2	31,0	31,0	31,0	30,5	31,0	32,0	32,0	31,0	30,0	30,0
3	31,0	31,0	31,5	30,0	30,5	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0
4	34,0	34,0	35,0	35,0	35,0	34,5	33,5	34,0	34,0	34,0
5	33,0	33,0	34,0	34,5	34,5	34,0	33,0	34,0	34,0	33,5
6	33,0	34,0	33,5	34,0	34,0	34,0	33,0	32,5	34,0	33,5
7	34,5	35,0	34,5	36,0	35,0	35,5	35,0	35,0	34,5	36,0
8	35,0	34,0	34,5	36,0	36,0	35,5	35,5	34,0	36,0	35,0
9	35,0	36,0	35,0	35,0	34,0	34,5	35,5	35,0	35,5	34,0

Dengan cara yang sama maka akan diperoleh respon dari setiap faktor dan setiap level yang dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Respon rata-rata (mean) kekerasan

Level/Faktor	A	B	C	D
Level 1	30,650	33,233	33,000	32,983
Level 2	33,850	33,267	33,400	33,200
Level 3	35,067	33,067	33,167	33,383
Max	35,067	33,267	33,400	33,383
Min	30,650	33,067	33,000	32,983
Delta	4,417	0,200	0,400	0,400
Rangking	1	4	2	3

Berdasarkan tabel respons di atas maka selanjutnya dibuat plot untuk grafik respon sebagaimana Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Grafik respons rata-rata kekerasan

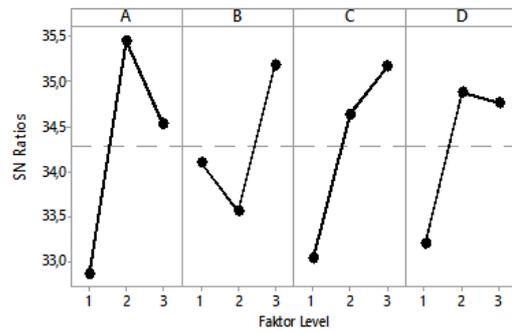
Berdasarkan gambar di atas maka terlihat bahwa faktor A level 3 mempunyai rata-rata kekerasan yang mendekati dengan target nominal yang dituju yaitu 35 HRC, selain itu faktor yang lain adalah : faktor B level 2, faktor C level 2 sedangkan pada faktor D yang paling mendekati pada level 3.

Hasil perhitungan nilai dari SNR untuk setiap level faktor dan untuk selengkapnya dapat dilihat dengan lengkap pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel respon nilai SNR kekerasan.

Level/Faktor	A	B	C	D
Level 1	32,865	34,095	33,034	33,198
Level 2	35,444	33,556	34,632	34,875
Level 3	34,521	35,179	35,164	34,757
Max	35,444	35,179	35,164	34,875
Min	32,865	33,556	33,034	33,198
Delta	2,579	1,624	2,130	1,676
Rangking	1	4	2	3

Selanjutnya berdasarkan hasil perhitungan di atas dibuat grafik plot tabel respon untuk SNR yang ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik respons SNR kekerasan

Sehingga berdasarkan perhitungan SNR dan tabel respon maka faktor A menempati rangking 1 sehingga dengan kaidah bahwa semakin besar SNR maka akan semakin kecil kerugian maka untuk menghindari kerugian yang besar karena timbul varian dalam produk maka dapat dilakukan dengan mengatur parameter A sebagai parameter yang paling utama.

Hasil Eksperimen Kerataan (Flatness)

Dari eksperimen yang dilakukan pada rentang waktu dari tanggal 1 Agustus 2019 sampai dengan tanggal 23 Agustus 2019. Pengambilan data dilakukan dengan replikasi sebanyak sepuluh kali dan diambil untuk masing-masing sisi yaitu untuk barang pada sisi A dan pada sisi B, dari hasil eksperimen maka diperoleh data hasil pengukuran kekerasan pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Data hasil eksperimen kerataan

No	Kerataan (Flatness-RRO)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,03	0,03	0,03	0,05	0,03	0,04	0,04	0,06	0,06	0,05
2	0,05	0,05	0,02	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05
3	0,08	0,03	0,01	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,06
4	0,02	0,05	0,04	0,04	0,07	0,04	0,06	0,05	0,07	0,05
5	0,03	0,03	0,07	0,04	0,05	0,03	0,07	0,07	0,06	0,05
6	0,05	0,03	0,03	0,02	0,03	0,05	0,06	0,04	0,03	0,03
7	0,04	0,05	0,01	0,02	0,02	0,07	0,08	0,05	0,05	0,05
8	0,06	0,08	0,07	0,05	0,06	0,06	0,07	0,06	0,07	0,08
9	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,09	0,07	0,07	0,07

Tabel 6. Hasil perhitungan rata-rata (mean) dan SNR kerataan.

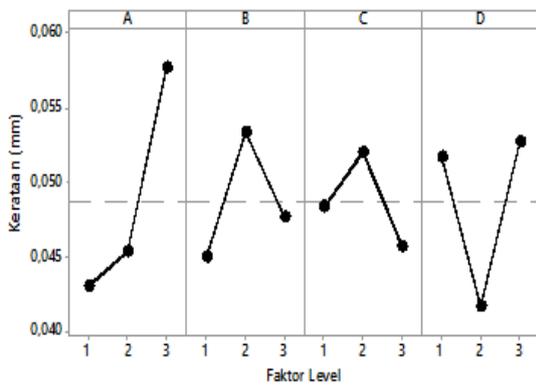
No	Faktor				μ	σ	SNR
	A	B	C	D			
1	25	60	8	8	0,042	0,012	27,212
2	25	90	10	10	0,044	0,010	26,946
3	25	150	15	12	0,043	0,019	26,635
4	30	60	10	12	0,049	0,015	25,834
5	30	90	15	8	0,050	0,017	25,591
6	30	150	8	10	0,037	0,013	28,210
7	35	60	15	10	0,044	0,022	26,234
8	35	90	8	12	0,066	0,010	23,526
9	35	150	10	8	0,063	0,013	23,840

Dengan cara yang sama maka akan diperoleh respon dari setiap faktor dan setiap level yang dapat dilihat dalam Tabel 7.

Tabel 7. Respon rata-rata (mean) kerataan

Level/Faktor	A	B	C	D
Level 1	0,043	0,045	0,048	0,052
Level 2	0,045	0,053	0,052	0,042
Level 3	0,058	0,048	0,046	0,053
Max	0,058	0,053	0,052	0,053
Min	0,043	0,045	0,046	0,042
Delta	0,015	0,008	0,006	0,011
Rangking	1	3	4	2

Berdasarkan tabel respons di atas maka selanjutnya dibuat plot untuk grafik respon sebagaimana Gambar 5.



Gambar 5. Grafik respons rata-rata kerataan

Berdasarkan gambar di atas maka terlihat bahwa faktor A level 1 mempunyai rata-rata kerataan yang terkecil, selain itu faktor yang lain adalah : faktor B level 1, faktor C level 3 sedangkan pada faktor D yang paling mendekati pada level 2.

Pengujian Hasil

Berdasarkan parameter optimum yang sudah ditentukan di atas maka dilakukan pengujian terhadap parameter tersebut dengan melakukan pengambilan data terhadap produk yang dihasilkan berdasarkan pengaturan parameter proses yang sudah ditentukan. Pengujian dilakukan terhadap dua parameter kualitas produk yaitu kekerasan dan kerataan (*flatness*).

- Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengukuran terhadap produk yang dihasilkan dengan membuat 20 subgrup dengan masing-masing 5 subsampel.
- Pengambilan data pada produk untuk pengujian dilakukan pada tanggal 5; 22; dan 24 Oktober 2019.

- Spesifikasi kekerasan adalah HRC dari 32 sampai 38 atau 35 +/- 3.
- Spesifikasi kerataan adalah penyimpangan maksimum 0,1 mm.

Perhitungan Keuntungan Dengan NPV

Setelah melakukan perbaikan maka dilakukan perhitungan kelayakan dari aspek ekonomi, salah satu cara melakukan perhitungan yang dapat digunakan untuk membandingkan dan memilih opsi yang paling baik adalah dengan menggunakan analisa nilai saat ini atau sering disebut dengan *Net Present Value (NPV)*.

Tabel 8. Perhitungan pendapatan sebelum perbaikan.

Sebelum		Rp X 1000					
1	Investasi	-					
Pembelian dies dan modifikasi		-					
2	Biaya Perawatan dan OH	A	i	n	Factor Formula	P= A/(P/A, i, n)	Total
		923.763	5%	3	2,7232	2.515.635	2.515.635
3	Biaya Tenaga Kerja	A	i	n	Factor Formula	P= A/(P/A, i, n)	Total
		316.066	5%	3	2,7232	862.359	862.359
4	Biaya Listrik	A	i	n	Factor Formula	P= A/(P/A, i, n)	Total
		715.319	5%	3	2,7232	1.947.991	1.947.991
5	Pendapatan	A	i	n	Factor Formula	P= A/(P/A, i, n)	Total
		2.342.199	5%	3	2,7232	6.378.388	6.378.388
6	NPV	Pendapatan 6.378.388					
		Biaya 5.325.985					
	Profit (NPV) : Pendapatan - Biaya	1.052.403					

Tabel 9. Perhitungan pendapatan sesudah perbaikan.

Sesudah		Rp X 1000					
1	Investasi	325.000					
Pembelian dies dan modifikasi		325.000					
2	Perawatan dan OH	A	i	n	Factor Formula	P= A/(P/A, i, n)	Total
		969.951	5%	3	2,7232	2.641.417	2.641.417
3	Biaya Tenaga Kerja	A	i	n	Factor Formula	P= A/(P/A, i, n)	Total
		213.445	5%	3	2,7232	581.263	581.263
4	Biaya Listrik	A	i	n	Factor Formula	P= A/(P/A, i, n)	Total
		565.849	5%	3	2,7232	1.540.948	1.540.948
5	Pendapatan	A	i	n	Factor Formula	P= A/(P/A, i, n)	Total
		2.342.199	5%	3	2,7232	6.378.388	6.378.388
6	Profit	Income 6.378.388					
		Biaya 5.088.627					
	Profit (NPV) : Pendapatan - Biaya	1.289.761					

Kedua tabel di atas menggambarkan keuntungan yang diperoleh sebelum dan sesudah perbaikan. Dari nilai keuntungan yang diperoleh maka dapat dipilih bahwa setelah perbaikan nilai profit menjadi lebih besar dari sebelumnya sehingga pilihan kedua menjadi pilihan yang terbaik.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan maka dapat diambil beberapa hal yang menjadi kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam proses peningkatan kapasitas pada proses *Heating dan Press Quenching* yaitu dapat terlihat dari perhitungan SNR untuk kekerasan dengan faktor yang paling dominan adalah yang mempunyai nilai SNR tertinggi yaitu faktor A. Hal ini dapat digunakan untuk mengurangi kerugian akibat tingginya variansi dengan mengetahui bahwa penyebab variansi tertinggi adalah faktor A sehingga dapat dihindari kerugiannya.
2. Dari penelitian maka diperoleh hasil bahwa pada proses setelah peningkatan kapasitas maka produk yang dihasilkan dapat memenuhi standard untuk kekerasan barang yang dihasilkan yaitu HRC 32-38 atau 35+/-3 dan rata-rata maksimum 0,1 mm dengan parameter optimum pada A3, B2, C2, dan D3 dengan rincian sebagai berikut: Waktu pemanasan (A)35 s, Tekanan Mesin (B)90 MPa, Waktu Press (C)10 s dan waktu shower (B)12 s.
3. Dengan parameter optimum yang ditentukan maka dilakukan control terhadap proses dengan menggunakan *control chart* maka variasi kualitas terhadap kekerasan dan rata-rata benda kerja masih sesuai dengan sehingga standard kekerasan dan rata-rata dapat terpenuhi dan tidak keluar dari UCL atau *Upper Control Limit* dan *LCL (lower Control Limit)*.
4. Dengan perubahan dari satu kaviti menjadi dua kaviti maka terjadi perubahan waktu siklus dari sebelumnya 36 s untuk satu kaviti menjadi 52 s dalam dua kaviti, sehingga kapasitas mengalami kenaikan 38 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] AISI, "Penjualan Motor Indonesia 2019," www.aisi.or.id, 2019. [Online]. Available: [//www.aisi.or.id/statistic/](http://www.aisi.or.id/statistic/). [Accessed: 16-Jan-2019].
- [2] Kompas, "Penjualan motor 2018 tembus 6,3 juta unit.," www.kompas.com, 2019.[Online].Available:<https://otomotif.kompas.com/read/2019/01/15/072200715/penjualan-motor-2018-tembus-6-3-juta-unit>. [Accessed: 16-Jan-2019].
- [3] H. H. N. Okunishi, "Brake Disc And Process for Producing the Same," 4126492, 1978.
- [4] X. Han, Y. Zhong, K. Yang, Z. Cui, and J. Chen, "Application of hot stamping process by integrating quenching & partitioning heat treatment to improve mechanical properties," *Procedia Eng.*, vol. 81, no. October, pp. 1737–1743, 2014, doi: 10.1016/j.proeng.2014.10.223.
- [5] S. Maki, A. Hamamoto, S. Saito, and K. Mori, "Hot Stamping and Press Quenching of Ultrahigh Strength Steel Sheet Using Resistance Heating," *Key Eng. Masterials*, vol. 344, pp. 309–316, 2007, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.344.309.
- [6] N. Li *et al.*, "Investigation of a new hot stamping process with improved formability and Productivity," *Procedia Eng.*, vol. 207, no. January, pp. 771–776, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.10.827.
- [7] Y. Katsuhisa, O. Yoshihiro, and U. Takumi, "Martensitic Stainless Steel ' JFE410DB-ER ' with Excellent Heat Resistance for Motorcycle Brake Disks ," *JFE Tech. Rep.*, vol. 12, no. 12, pp. 51–56, 2008.
- [8] P. H. Setyarini, H. Andya, and I. Farid, "Perlakuan Panas Thermal Shock Sebagai Inovasi Teknologi Optimasi Produksi Komponen Piringan Rem Cakram Dengan Menggunakan Baja ST 37," *Semin. Nas. Tek. Mesin*, vol. 7, pp. 7–10, 2012.
- [9] M. Groover, *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and System*, 4th ed. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2010.
- [10] R. Black, JT; Kohser, *Materials and Proscesses in Manufacturing*, 10th ed. New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2008.
- [11] L. A. Espitia, L. Varela, C. E. Pinedo, and A. P. Tschiptschin, "Cavitation erosion resistance of low temperature plasma nitrided martensitic stainless steel," *Wear*, vol. 301, no. 1–2, pp. 449–456, 2013, doi: 10.1016/j.wear.2012.12.029.
- [12] G. Liscic, Bozidar; Tensi, Hans; Canale, Lauralis; Totten, *Quenching Theory and Technology*, 2nd ed. Florida: CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, 2010.
- [13] I. Soejanto, *Desain Eksperimen Dengan Metode Taguchi*, 1st ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [14] R. Sertyanto, Nasir; Lukodono, *Teori dan Aplikasi Desain Eksperimen Taguchi*, 1st ed. Malang: UB Press, 2017.
- [15] W. Ruslan, *Ekonomi Teknik Bunga Uang dengan Pemajemukannya*, 1st ed. Jakarta:

- Atma Jaya, 2016.
- [16] Y. Hirasawa, Junichiro; Ozaki,
“Martensitic Stainless Steel For Disc
Brake,” 2012.