

Analisa Pengaruh Waktu Penahanan Pada Proses *Quenching – Partitioning* Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Jis Sup 9A

Muhammad Affandi¹, Muhamad Ari², Dika Anggara³

¹Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

^{2,3}Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

Email : fhandie03@gmail.com

Abstrak

Proses heat treatment pada pembuatan pegas yang selama ini dilakukan oleh industri adalah proses quenching – tempering, namun pada proses ini memiliki kekurangan yaitu menghabiskan waktu, biaya dan lain – lain. Dalam proses ini struktur mikro yang dihasilkan berupa martensit. Sehingga material cenderung lebih getas. Sedangkan proses quenching – partitioning cenderung memakan waktu dan biaya yang lebih sedikit. Struktur mikro yang dihasilkanpun berupa austenit sisa dan martensit.

Melalui penelitian ini dilakukan perlakuan dengan metode quenching – partitioning kemudian dilakukan pengujian mekanik. Parameter yang digunakan adalah pada temperatur 225°C dengan waktu penahanan (holding time) 25, 50, 100 detik.

Dari hasil penelitian didapatkan nilai kekuatan tarik rata – rata tertinggi pada variasi holding time 100 detik dengan nilai 1647,72 N/mm² dan elongasi 1,99 %. Nilai kekerasan rata – rata tertinggi ada pada variasi holding time 100 detik dengan nilai sebesar 521,28 HV. Hasil pengujian impact didapatkan nilai tertinggi pada variasi holding time 100 detik dengan nilai 0,078 J/mm² serta struktur mikro yang dihasilkan adalah austenite sisa dan martensite sedangkan pada variasi 100 detik terdapat fasa baru yaitu fasa bainit. Metode ini menghasilkan kekuatan tarik dan kekerasan yang lebih tinggi, namun nilai elongasinya kurang dari 9%, maka tidak memenuhi standar minimum nilai elongasi.

Kata kunci : *Heat Treatment, JIS SUP 9A, Pengujian Mekanik, Quenching-Partitioning*

1. PENDAHULUAN

Pegas adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penerima beban dinamis dan memberikan kenyamanan dalam berkendara (Yamada, 2007). Pada saat proses produksi baja JIS SUP 9A ini tidak langsung dijadikan pegas namun dilakukan proses perlakuan panas terlebih dahulu, agar sifat mekanik akhir dari material tersebut akan menjadi lebih baik dari material awal. Proses perlakuan panas yang dianjurkan dari beberapa buku standar untuk baja JIS SUP 9A adalah *quenching* dan *tempering*. Dimana temperatur untuk *quenching* 830-860 °C dan temperatur *tempering* 460-520 °C. Proses perlakuan panas ini akan menaikkan sifat mekanik berupa *yield strength*, *tensile strength* dan *elongation* dari material awal pegas tersebut.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses perlakuan panas *quenching-partitioning*. Proses perlakuan panas ini baru beberapa tahun ini dikembangkan oleh para ahli. Proses perlakuan panas *quenching-partitioning* ini hampir sama dengan proses *quenching-tempering*. Bila pada proses tersebut struktur mikro akhir 100% martensit maka pada proses *quenching-partitioning* ini memiliki struktur mikro akhir berupa 50% martensit dan 50% austenit sisa. Seperti pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Beny Andika (2010) variabel yang digunakan adalah temperatur 225 °C, 250 °C, 275 °C dan waktu penahanan 10 detik, 100 detik, dan 1000 detik, pada penelitian tersebut didapatkan kekuatan tarik tertinggi pada temperatur 225 °C dengan waktu penahanan 10 detik didapatkan nilai 2124 Mpa.

Pada penelitian Adriyan Kurnia (2010) variabel yang divariasikan temperatur 135 °C, 190 °C, 220 °C dan waktu penahanan 10 detik, 100 detik, 1000 detik dengan didapatkan nilai tarik sebesar 1435 Mpa, penelitian ini juga menghasilkan sifat mekanik getas juga. Sedangkan pada penelitian Adiel Elsafandi Ardianto (2011) ini, variabel yang divariasikan adalah waktu penahanan 100 detik, 200 detik, 300 detik dengan temperatur 225 °C untuk proses *quenching-partitioning* dan waktu

penahanan 1800 detik, 3600 detik, 5400 detik dengan temperatur 500 °C untuk proses *quenching-tempering*, penelitian tersebut menghasilkan kekuatan tarik tertinggi pada temperatur penahanan 225 °C dengan waktu penahanan 100 detik sebesar 1465,31 Mpa untuk *quenching-partitioning* dan untuk *quenching-tempering* menghasilkan kekuatan tarik tertinggi pada temperatur 500 °C dengan waktu penahanan 1800 detik sebesar 1215,83 Mpa. Disimpulkan dari penelitian tersebut bahwa nilai untuk proses *quenching-partitioning* tidak memenuhi standar pada baja pegas sehingga tidak dapat diterapkan.

Berdasarkan penelitian terdahulu disimpulkan bahwa penelitian masih belum mendapatkan sifat mekanik yang (kekuatan tarik, kekerasan, ketangguhan dan *elongation*) yang lebih baik. Pada penelitian kali ini diharapkan nilai kekuatan tarik, kekerasan, ketangguhan dan *elongation* yang lebih baik untuk dijadikan sebuah pegas dengan struktur mikro akhir 50% martensit dan 50% austenit sisa.

Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh waktu penahanan (*holding time*) dalam proses *quenching-partitioning* terhadap sifat mekanik dari baja pegas daun ?
2. Bagaimana pengaruh waktu penahanan (*holding time*) dalam proses *quenching-partitioning* terhadap struktur mikro akhir dari baja pegas daun?
3. Bagaimana sifat mekanik proses *quenching – partitioning* baja pegas JIS SUP 9A terhadap standar JIS dan referensi penelitian yang berkaitan?

Tujuan

1. Untuk mengetahui pengaruh waktu penahanan proses *quenching-partitioning* terhadap sifat mekanik baja pegas daun.
2. Untuk mengetahui pengaruh waktu penahanan proses *quenching-partitioning* terhadap struktur mikro akhir baja pegas daun.
3. Untuk mengetahui sifat mekanik proses *quenching – partitioning* baja pegas JIS SUP 9A terhadap standar JIS dan referensi penelitian yang berkaitan.

2. Metodologi

Alat dan Bahan :

1. Material JIS SUP 9A
2. 2 buah dapur (*furnace*, 1 *furnace* untuk *salt bath*)
3. Jepitan
4. Oli
5. *Salt bath*
6. Mesin Uji *Impact*
7. Mesin Uji Tarik
8. Mesin Uji Kekerasan
9. Mesin Poles
10. Mesin Uji Mikro

Secara detail langkah proses *quenching-partitioning* adalah sebagai berikut:

1. Spesimen terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran, karat dan minyak yang menempel.
2. Spesimen dimasukkan kedalam dapur uji dan dipanaskan sampai temperatur 850°C dan diberi waktu penahanan selama 30 menit.
3. Setelah waktu penahanan terpenuhi maka spesimen dicelupkan/dimasukkan ke dalam *salt bath* sampai temperaturnya 190°C.
4. Setelah itu spesimen dipanaskan kembali pada dapur dengan temperatur 225°C dengan waktu penahanan selama 25, 50, dan 100 detik.
5. Proses akhir dari *quenching-partitioning* ini adalah mencelupkan spesimen ke dalam oli sampai temperatur ruangan.
6. Setelah proses *heat treatment* selesai selanjutnya dilakukan pengujian mekanik (pengujian tarik, kekerasan, *impact*) dan metalografi

3. Hasil dan Pembahasan

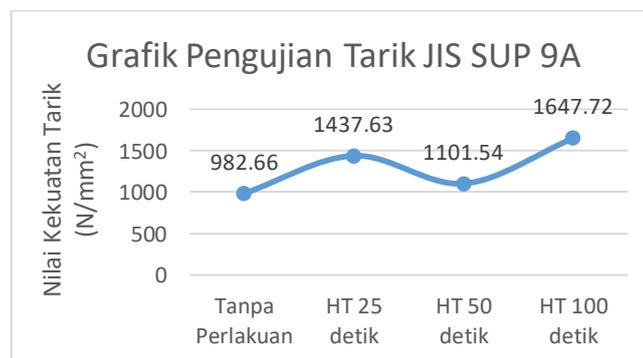
Dari hasil pengujian tarik pada material JIS SUP 9A dengan variasi *quenching-partitioning* selama 25 detik, 50 detik, 100 detik dan sebelum proses *quenching-partitioning*.

Tabel 4.1 menunjukkan nilai kekuatan tarik dan nilai elongasi pada material JIS SUP 9A. Pada tabel ini nilai kekuatan tarik terbesar ada pada variasi *quenching-partitioning* dengan holding time 100 detik dengan nilai rata-rata sebesar 1647,72 N/mm².

Tabel 4.1 Data hasil uji tarik

Mark	Tensile Test Result						
	Holding Time	Temp	ϵ (%)	σ_y (Mpa)	Rata-rata	σ_u (Mpa)	Rata-rata
Sebelum Proses Quenching-Partitioning							
01	-	-	8,31	555,60	619,45	971,48	982,66
02			16,75	660,61		989,83	
03			20,10	642,13		986,67	
Sesudah Proses Quenching-Partitioning							
11	25 detik	225° C	0,19	858,52	932,87	1220	1437,63
12			0,49	820,65		1413,33	
13			0,50	1119,43		1679,55	
21	50 detik		0,70	849,19	799,04	1108,87	1101,54
22		0,71	813,60	1106,67			
23		0,60	734,32	1089,08			
31	100 detik		1,80	1042,67	1352,23	1313,33	1647,72
32		1,80	1383,65	1679,34			
33		1,99	1657,38	1950,5			

Berdasarkan data pengujian tarik diatas maka jika digambarkan dalam bentuk grafik maka seperti pada Gambar 1 dimana nilai kekuatan tarik tertinggi berada pada variasi *quenching-partitioning* dengan holding time 100 detik dengan nilai 1647,72 N/mm². Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah berada pada variasi material awal atau material JIS SUP 9A tanpa diberi perlakuan dengan nilai 982,66 N/mm². Hal ini menunjukkan bahwa setelah material JIS SUP 9A diberikan perlakuan *quenching-partitioning* maka kekuatannya bertambah dibandingkan sebelum proses *quenching-partitioning*.



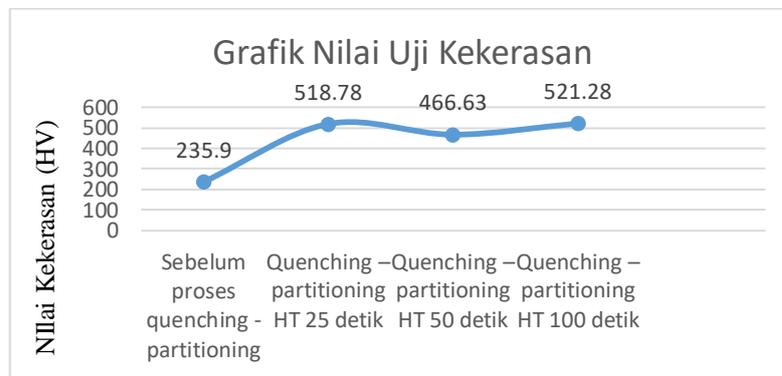
Gambar 1 Grafik Pengujian Tarik JIS SUP 9A

Uji kekerasan ini dilakukan sebelum proses *quenching - partitioning* bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan awal. Nilai kekerasan awal ini digunakan untuk membandingkan peningkatan nilai kekerasan sesudah dan sebelum proses *quenching - partitioning*. Tabel 2. Menunjukkan hasil pengujian yang telah dilakukan pada masing – masing variasi.

Tabel 2 Data uji kekerasan

Jenis Perlakuan	Nilai Kekerasan
<i>Quenching – partitioning HT 25 detik</i>	518,78 HV
<i>Quenching – partitioning HT 50 detik</i>	466,63 HV
<i>Quenching – partitioning HT 100 detik</i>	521,28 HV
Sebelum proses <i>quenching - partitioning</i>	235,9 HV

Setelah dilakukan pengujian kekerasan dan dilakukan pemaparan seperti data diatas, jika digambarkan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



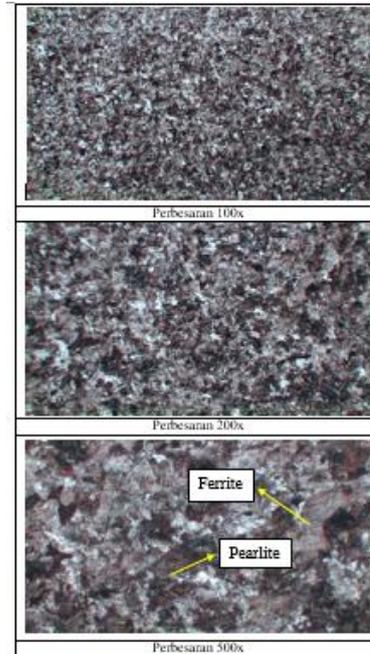
Gambar 2 Grafik Pengujian Kekerasan Material JIS SUP 9A

Berdasarkan data – data pengujian kekerasan di atas menunjukkan bahwa nilai kekerasan tertinggi berada pada proses *quenching – partitioning* dengan *holding time* 25 detik sebesar 554,33 HV. Sedangkan nilai kekerasan yang paling rendah ada pada variasi material sebelum dilakukan proses *quenching – partitioning* dengan nilai kekerasan 235,9 HV. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu penahanan pada proses *quenching – partitioning* maka nilai kekerasan juga semakin turun.

Tabel 3 Hasil Percobaan

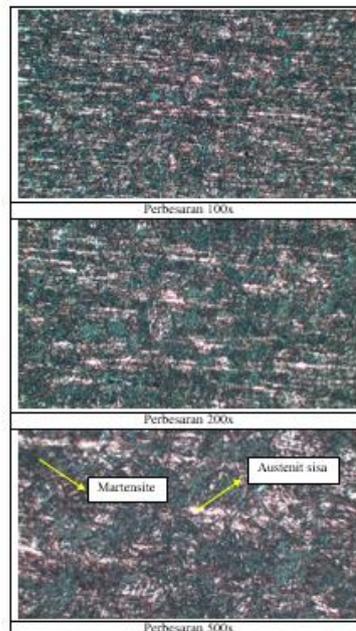
No	Penandaan	<i>Holding</i>	Sudut	E Impact	<i>Impact Strength</i>	<i>Impact Strength Rata - rata</i>
	Spesimen	<i>Time</i>	β (°)	(J)	(J/mm ²)	(J/mm ²)
1	1	25 detik	155,5	2	0,039	0,039
2	2		155,5	2	0,039	
3	3		156	2	0,039	
4	4	50 detik	156	2,5	0,049	0,046
5	5		156	2,5	0,05	
6	6		156	2	0,038	
7	7	100 detik	142	4	0,078	0,078
8	8		153	4	0,079	
9	9		153	4	0,078	
10	10	Tanpa perlakuan	145.5	9	0,176	0,22
11	11		144	10.5	0,208	
12	12		140	13.5	0,274	

Berdasarkan Tabel 3 pengujian *impact* material JIS SUP 9A yang telah dilakukan nilai *impact strength* rata-rata tertinggi berada pada variasi pengujian material awal atau sebelum diberikan perlakuan dengan nilai sebesar 0,22 J/mm² dan nilai terendah dengan variasi proses *quenching-partitioning* dengan holding time 25 detik sebesar 0,039 J/mm². Ini berarti nilai *impact strength* menurun dengan diberikannya perlakuan proses *quenching-partitioning* namun diantara proses *quenching-partitioning* dengan holding time terlama lah yang menghasilkan *impact strength* tertinggi



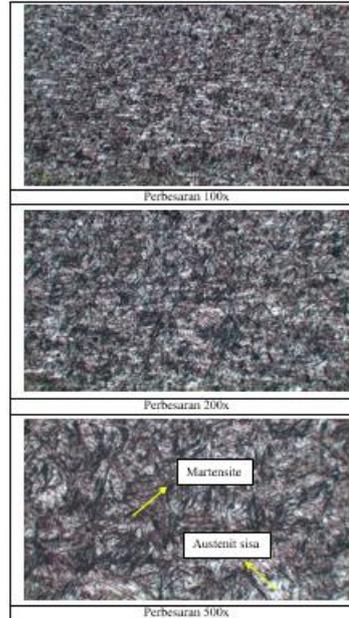
Gambar 3 Struktur Mikro JIS SUP 9A Tanpa Perlakuan

Pada pengujian struktur mikro digunakan untuk mengamati fase akhir yang ada pada material awal JIS SUP 9A. Fase yang terbentuk pada material awal adalah ferrit dan pearlite. Fase akhir yang terbentuk akan mempengaruhi sifat mekanik dari material tersebut. Misalnya fase martensit memiliki sifat yang getas, kuat dan keras (Suherman, 1987)



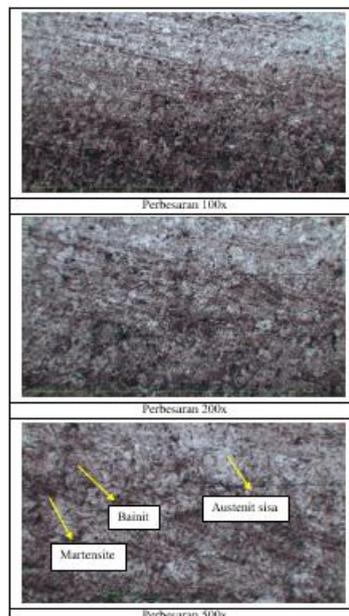
Gambar 4 Struktur Mikro JIS SUP 9A HT 25 detik

Berdasarkan Gambar 4 baja pegas JIS SUP 9A setelah mengalami proses perlakuan panas *quenching-partitioning* dengan *holding time* 25 detik struktur mikro yang dihasilkan adalah austenit sisa dan martensit dengan prosentase terbesar diantara yang lainnya. Struktur mikro inilah yang menyebabkan kekerasan, dan kekuatan tarik material meningkat sangat signifikan dibandingkan material awal.



Gambar 5 Struktur Mikro JIS SUP 9A HT 50 detik

Berdasarkan Gambar 5 baja pegas JIS SUP 9A setelah mengalami proses perlakuan panas *quenching-partitioning* dengan *holding time* 50 detik struktur mikro yang dihasilkan adalah austenit sisa dan martensit dengan prosentase lebih besar dibandingkan dengan variasi proses perlakuan panas *quenching-partitioning holding time* 100 detik. Struktur mikro martensit inilah yang menyebabkan kekerasan, dan kekuatan tarik material menurun bila dibandingkan dengan variasi *holding time* 25 detik.



Gambar 6 Struktur Mikro JIS SUP 9A HT 100 detik

Berdasarkan Gambar 6 baja pegas JIS SUP 9A setelah mengalami proses perlakuan panas *quenching-partitioning* dengan *holding time* 100 detik struktur mikro yang dihasilkan adalah austenit sisa, martensit, dan bainit. Struktur mikro inilah yang menyebabkan kekerasan, dan kekuatan tarik material meningkat bila dibandingkan dengan variasi proses perlakuan panas *quenching-partitioning* dengan *holding time* 50 detik. Dikarenakan dalam variasi ini terdapat struktur bainit dan martensite yang menyebabkan kekuatan tarik dan kekerasan lebih tinggi.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan rangkaian pengujian dan pembahasan, maka diperoleh beberapa kesimpulan dari penelitian tugas akhir yang dapat dijabarkan sebagai berikut :

1. Pada proses *quenching-partitioning* didapatkan sifat mekanik material JIS SUP 9A sebagai berikut :
 - Pada nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi *holding time* 100 detik dengan nilai sebesar 1647,72 N/mm² dan nilai elongasi 1,99 %. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah berada pada variasi *holding time* 50 detik. Nilai kekuatan tariknya 1101, 54 N/mm² dengan nilai elongasi sebesar 0,6 %.
 - Nilai kekerasan terendah berada pada variasi *holding time* 50 detik dengan nilai kekerasan 466,63 HV sedangkan nilai kekerasan tertinggi ada pada variasi *holding time* 100 detik dengan nilai sebesar 521,28 HV.
 - Pada nilai *impact strength* tertinggi ada pada variasi *holding time* 100 detik dengan nilai 0,078 J/mm² sedangkan nilai *impact strength* terendah ada pada variasi *holding time* 25 detik dengan nilai sebesar 0,039 J/mm².
2. Struktur mikro yang didapatkan menurut hasil uji metalografi pada spesimen variasi *holding time* 25 detik dan 50 detik adalah austenit sisa dan martensit sedangkan pada variasi *holding time* 100 detik didapatkan struktur mikro austenit sisa, bainit, dan martensit.
3. Material JIS SUP 9A yang dilakukan proses perlakuan panas *quenching – partitioning* tidak memenuhi standar mutu kelayakan pegas

5. DAFTAR PUSTAKA

- Andika, Beny., 2010, “Pengaruh Temperatur dan Waktu Penahanan Saat Partitioning Pada Proses Quenching dan Partitioning Terhadap Sifat Mekanik Baja Pegas JIS SUP 9A”, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ardianto, Adiel Elsafandi, 2011, “Pengaruh Waktu Penahanan Pada Proses Quenching-Partitioning dan Quenching-Tempering Terhadap Sifat Mekanik Baja Pegas JIS SUP 9A”, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh November.
- JIS Handbook, ‘Ferrous Material and Metallurgy I’, Japanese Standard Association, Tokyo, 2010
- JIS Handbook, ‘Ferrous Material and Metallurgy II’, Japanese Standard Association, Tokyo, 2010
- Kurnia, Adriyan., 2010, “Pengaruh Temperatur One Step Partitioning dan Holding Time Pada Perlakuan Panas Quenching dan Partitioning Pada Material Baja Pegas JIS SUP 9A Terhadap Sifat Mekanik”, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh November.
- M.M Munir., M. Thoriq W., “Modul Praktek Uji Bahan”, Teknik Bangunan Kapal, Surabaya, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- Nayar, A., 2002, “The Steel Handbook”, McGraw Hill, New York
- Putra, Daniel Permana., 2010, “Rekondisi Material Dengan Proses Quenchtemper dan Pengaruh Temperatur Tempering Terhadap Sifat Mekanis Baja Pegas Daun JIS SUP 9A”, Surabaya, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Santofimia, M.J., Zhao, L., Sietsma, J., 2008, “Microstructure Evolution of A Low-Carbon Steel During Application of Quenching and Partitioning Heat Treatments After Partial Austenization”, Pohang University Science and Technology, Pohang
- Speer, J., Matlock, D.K., De Comman, B.C., Schroth, J.G., 2003, “Carbon Partitioning into Austenite after Martensite Transformation”, Pohang University Science and Technology, Pohang
- Speer, J., Matlock, D.K., De Comman, B.C., Schroth, J.G., 2003, “The Quenching and Partitioning Process: Background and Recent Progress”, Pohang University Science and Technology, Pohang
- Suherman, W. (1987). “Perlakuan Panas”. Surabaya: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Thelning, K.E., 1984, “The Steel and Its Heat Treatment, 2nd Ed”, Butterwords, London
- Yamada, Y., 2007, “Materials For Springs”, New York, Springer.