

ANALISIS SIFAT MEKANIK KEKUATAN BAJA TULANGAN POLOS HASIL PROSES PERLAKUAN PANAS FASA GANDA

Riyanto Hery Nugroho
Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang
Email: rhnugroho@yahoo.co.id

ABSTRACT

The increasing demand of reinforcing steel plain in the field used for the construction of housing will require the development of the structure of new materials for lightweight material but has a high tensile strength that is expected to lower production costs.

The purpose of the study is to obtain information about: changes in the mechanical properties, especially the strength of the reinforcing steel plain experiencing double-phase heat treatment process. The extent to which changes in elongation deformation plain rebars are experiencing double-phase heat treatment process.

The highest tensile reached 855.093 MPa with an increase of 44.69% change, the increase in the highest yield reached 672.751 MPa with increase in change of 58.94%. The results show a change in tensile strength, yield strength of reinforcing steel plain after a heat treatment process of dual phase both in terms of the diameter plain reinforcing steel and dual-phase temperature. The increase in power of 67% compared to before being subjected to a double phase tensile strength (ultimate) amounted to 595.732 MPa and a yield strength of 415.615 MPa. Besides the change of tensile strength and elongation yield are also changing. Where elongation decreased ability their after undergoing a process of dual-phase heat treatment. The decrease in elongation before treatment process multiple phases of 42.664% on the diameter of 8 mm to 35.226% at a temperature of 770°C dual phase treatment.

Keywords: deformation, dual phase, plain steel reinforcement

1. PENDAHULUAN

Semakin banyaknya kebutuhan baja tulangan polos di lapangan yang digunakan untuk pembangunan perumahan khususnya maka diperlukan perlakuan material untuk mendapatkan material yang ringan tetapi mempunyai kekuatan tarik tinggi, diharapkan menekan biaya produksi.

Dari itulah pentingnya penelitian terkait dengan perubahan sifat mekanik khususnya kekuatan tarik dari baja tulangan polos dengan perlakuan panas fasa ganda. Penelitian terkait dengan topik ini akan dapat dikembangkan secara luas seiring tren perkembangan material baru dapat dilakukan dengan bermacam-macam cara, baik dengan material komposit, penemuan material baru ataupun perlakuan terhadap

material, khususnya baja yang dapat dirubah struktur mikronya dengan proses perlakuan panas atau yang lain.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Baja fasa ganda (*dual phase steel*) diperoleh dari baja karbon rendah-sedang (*hypoeutectoid steel*) yang memiliki struktur mikro *ferrite* dan *pearlite*, diproses perlakuan panas (*heat treatment*) atau *thermomechanical treatment* dengan pemanasan pada temperatur antara A_1 dan A_3 (daerah *ferrite* dan *austenite* atau $\alpha+\gamma$), kemudian didinginkan cepat (*quench*) sehingga terbentuk struktur mikro baru yaitu *martensite* dalam matrik *ferrite* yang memiliki sifat mekanik kekuatan tarik lebih tinggi dibanding dengan baja hasil rol panas konvensional dan mempunyai elongasi yang lebih baik dan kekuatan luluh lebih rendah (Karl erik thelning, 1994)

M.Dzupon , L.Parilak, M Kolla Kova, I Sinaiova (2007), dalam penelitiannya tentang dual phase *ferrite-martensite* pada baja paduan rendah V-Nb, yaitu baja dipanaskan pada temperatur 950°C dan di diamkan di udara 30' kemudian dipanaskan dalam dapur(*furnace*) pada temperatur 720°C, 760°C, 790°C 810°C dan 850°C diproteksi dengan atmosfir Nitrogen (N) ditahan 25' kemudian didinginkan dengan cepat dalam air. Hasilnya ada kecenderungan tegangan tarik meningkat dan plastisitas menurun dari temperatur rendah ke temperatur tinggi, yaitu kekuatan tarik dari 600, 800, 850, 925 dan 875 Mpa sedang regangan realnya 0,09, 0,10, 0,07, 0,06 dan 0,025.

J. Adamczyk , A. Grajcar, 2007 dalam penelitian berjudul Perlakuan panas dan sifat mekanik baja karbon rendah dengan struktur mikro fasa ganda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang kondisi perlakuan panas baja karbon rendah dan untuk menentukan pengaruh fasa ganda pada struktur dan sifat mekanik baja. Desain penelitian: Perlakuan panas baja C-Mn untuk mendapatkan dual-fase struktur feritik - martensit fraksi fase diinginkan terwujud. Untuk mengetahui pengaruh parameter perlakuan panas pada struktur elektron menggunakan mikroskop elektron. Sifat mekanik dilakukan melalui uji tarik. Eksponen pengerasan regangan sebagai fungsi dari regangan sebenarnya juga dievaluasi. Hasil: Diketahui bahwa struktur awal pada dasarnya berpengaruh morfologi *martensit* dalam struktur fasa ganda. Hal ini dapat

terjadi sebagai jaringan, serat halus atau pulau-pulau dalam matriks feritik dari kerapatan dislokasi di sekitar produk transformasi difusi dari *austenit*. Kombinasi terbaik dari sifat kekuatan dan keuletan yang dimiliki baja adalah martensit dalam bentuk serat halus.

Muhamad Farisi tahun 2013 dalam penelitiannya berjudul Analisa Sifat Mekanis Pada Baja tulangan polos Polos Dan Baja tulangan polos Ulir Dengan Diameter 10 mm. Baja tulangan polos banyak di gunakan untuk membuat konstruksi rumah atau gedung – gedung, penggunaan baja tulangan ulir dan polos di gunakan untuk memperkuat konstruksi rumah atau gedung - gedung tersebut untuk melindungi dari resiko terjadinya roboh atau runtuh. Metode penelitian yang dilakukan adalah memeriksa kualitas produk yang dihasilkan sesuai dengan standar spesifikasinya. Hasil pengujian metalografi, pengujian tarik dan pengujian kekerasan di dapat bahwa baja tulangan polos dan baja tulangan ulir yaitu, untuk pengujian metalografi baja tulangan polos mempunyai struktru mikro lebih renggang di dandingkan dengan baja tulangan ulir, untuk pengujian tarik pada baja tulangan polos tingkat keuletan lebih tinggi di bandingkan dengan baja tulangan ulir, rata-rata nilai perpanjangan pada baja tulangan polos adalah 30.6 % hasil ini lebih besar dibandingkan dengan nilai perpanjangan pada baja tulangan ulir adalah 17.3 % dan baja tulangan polos sifat bajanya cenderung lebih lunak di bandingkan dengan baja tulangan ulir y hasil kekerasan rata – rata baja tulangan polos 61 HRC dan baja tulangan ulir 64,2 HRC.

3. METODE PENELITIAN

Jenis metode penelitian yang dilakukan adalah penelitian *eksperimental* sejati. Penelitian dilakukan di laboratorium Perlakuan Bahan Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang dan laboratorium Perngujian Bahan Institut Teknologi Nasional Malang.

Bahan spesimen baja tulangan polos Ø 10 mm, Ø 8 mm dan Ø 6 mm di potong 250 mm, pemanasan menggunakan dapur pemanas (*furnace*), perlakuan panas fasa ganda skema rancangan penelitian seperti terlihat pada tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Rancangan Penelitian

Parameter/ treatment	Yield		Ultimate	
	ϵ_y (%)	σ_y (Mpa)	ϵ_u (%)	σ_u (Mpa)
Ø 10 mm, Ø 8 mm, Ø 6 mm	I ϵ_{y123}	I σ_{y123}	I ϵ_{u123}	I σ_{u123}
	II ϵ_{y123}	II σ_{y123}	II ϵ_{u123}	II σ_{u123}
Temperatur perlakuan panas fasa ganda, 750, 800, 850(°C)	IA ϵ_{y123}	IA σ_{y123}	IA ϵ_{u123}	IA σ_{u123}
	IIB ϵ_{y123}	IIB σ_{y123}	IIB ϵ_{u123}	IIB σ_{u123}

Jumlah sampel penelitian diambil dengan 3 jenis diameter spesimen standard dengan pengulangan 3 kali sehingga jumlah sample yang diperlukan adalah 81 buah spesimen.

Pengambilan sampel diambil secara acak sempurna dengan mengambil material baja beton SNI dengan diameter 12 mm.

Prosedur penelitian

Pembuatan sampel

Proses pembuatan sampel dilakukan dengan mengambil bahan besi standard SNI dengan Ø 12 mm yang berada di pasaran kota Malang dan sekitarnya, dipotong sepanjang 250 mm secara acak.



Gambar 1. Bahan baja tulangan polos

Baja tulangan polos yang sudah dipotong selanjutnya dilakukan proses pemesinan menggunakan mesin CNC, untuk mendapatkan spesimen tarik sesuai dengan standard ASTM.



Gambar 2. Spesimen standar

Perlakuan sampel

Baja tulangan polos standar SNI yang telah dilakukan proses pemesinan selanjutnya diapanaskan pada dapur dengan suhu 750°C , 770°C dan 790°C dan di tahan selama 20 menit.



Gambar 3. Bahan setelah di panaskan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian tersebut meliputi: mesin uji tarik, dapur pemanas dan *infrared temperatur gun*. Alat bantu lain yang di gunakan meliputi: jangka sorong, *cutter*, spidol, kuas, tang panas, oli pendingin, kamera, penggaris dan kain pembersih.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan proses perlakuan baja beton dan dilakukan pengujian tarik, maka dapat disusun data hasil pengujian tarik sebagai berikut:

Sebelum dilakukan perlakuan fase ganda

Tabel 2. Data tanpa perlakuan

Diameter (mm)	ϵ (%)	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)
Ø 6	32,466	421,873	591,876
	29,986	410,987	586,097
	34,564	413,986	594,986
Ø 8	44,622	415,617	599,379
	40,587	422,542	603,452
	42,783	431,649	584,364
Ø 10	71,644	426,600	589,523
	64,344	429,032	585,984
	62,984	423,872	592,078

Data setelah mengalami proses perlakuan fase ganda

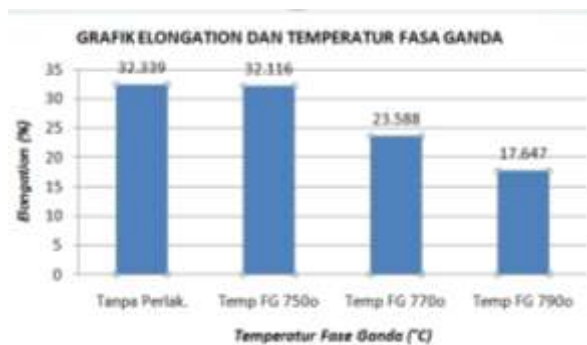
Tabel 3. Data setelah perlakuan fasa ganda

Dia (mm)	Temperatur pemanasan fasa ganda								
	750°			770°			790°		
	ϵ (%)	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	ϵ (%)	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)	ϵ (%)	σ_y (MPa)	σ_u (MPa)
Ø 6	34,11	464,012	606,291	18,133	646,328	850,334	16,4	725,039	908,951
	29,6	464,123	620,239	28,284	606,875	837,442	15,56	693,964	857,685
	32,639	487,589	637,191	24,346	659,870	861,523	20,982	704,864	872,832
Ø 8	36	635,183	803,250	35,022	671,643	850,305	31,733	668,082	847,283
	39,86	497,623	775,880	37,874	683,962	871,434	29,462	648,894	864,589
	32,73	587,142	712,653	32,782	662,648	843,541	32,978	653,256	856,784
Ø 10	59,2	421,793	573,153	47,94	383,232	630,059	55,56	381,971	613,702
	57,96	388,338	635,346	50,86	402,368	623,543	52,876	404,867	629,862
	58,78	399,657	602,467	52,754	486,286	648,486	54,473	415,684	634,875

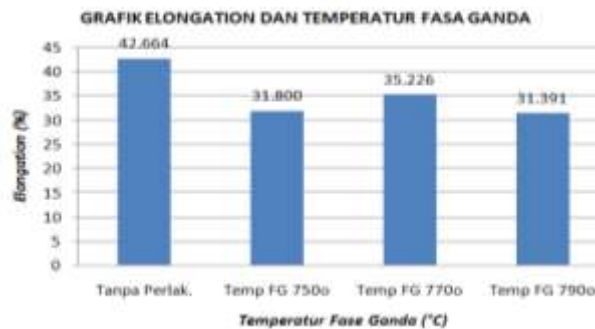
Untuk mendukung interpretasi data-data diatas, dibuat grafik sebagai berikut :

Perubahan *elongation*

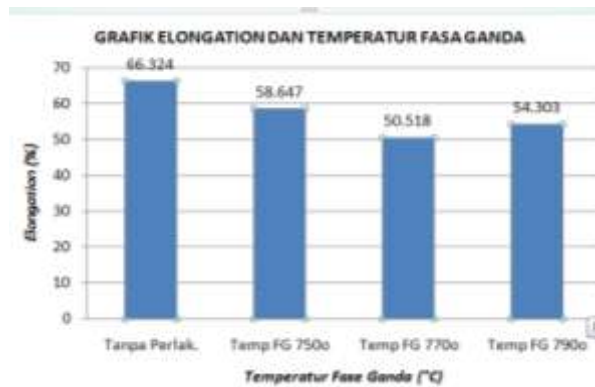
Grafik hubungan antara *elongation* dan pemanasan fasa ganda



Gambar 4. Grafik Elongation dan tempetatur fasa ganda diameter bahan 6 mm



Gambar 5. Grafik Elongation dan tempetatur fasa ganda diameter bahan 8 mm

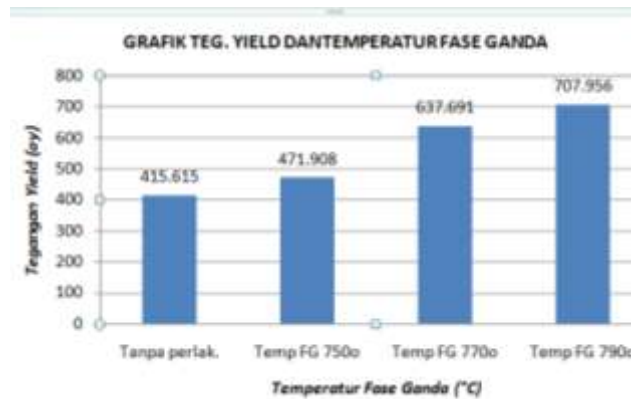


Gambar 6. Grafik Elongation dan tempetatur fasa ganda diameter bahan 10 mm

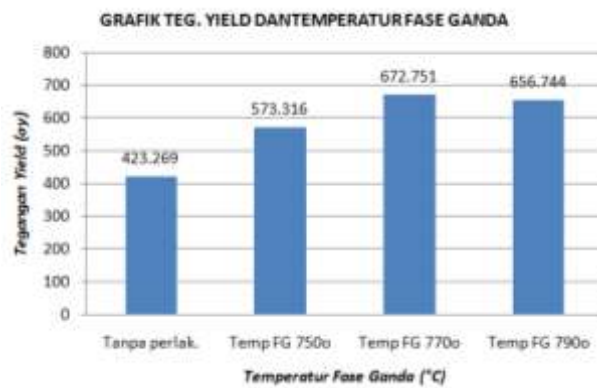
Ditinjau terhadap ukuran diameter baja tulangan polos perubahan elongasi, gambar 4 menunjukkan pada diameter besi beton 6 mm elongasi menurun dari 32,339% tanpa perlakuan dan menurun paling rendah menjadi 17,647% pada temperature perlakuan fasa ganda 790°C dan tertinggi penurunan sebesar 32,116% pada temperature perlakuan fasa ganda 750°. Pada gambar 5 menunjukkan pada baja tulangan polos diameter 8 mm elongasi menurun dari 42,664% tanpa perlakuan dan menurun paling rendah menjadi 31.800% pada temperature perlakuan fasa ganda 750°C dan tertinggi penurunan sebesar 35.226% pada temperature perlakuan fasa ganda 770°. Pada gambar 6 menunjukkan pada baja tulangan polos diameter 10 mm elongasi menurun dari 66,324% tanpa perlakuan dan menurun paling rendah menjadi 50,518% pada temperature perlakuan fasa ganda 770°C dan tertinggi penurunan sebesar 58,546% pada temperature perlakuan fasa ganda 750°.

Perubahan Tegangan Yield

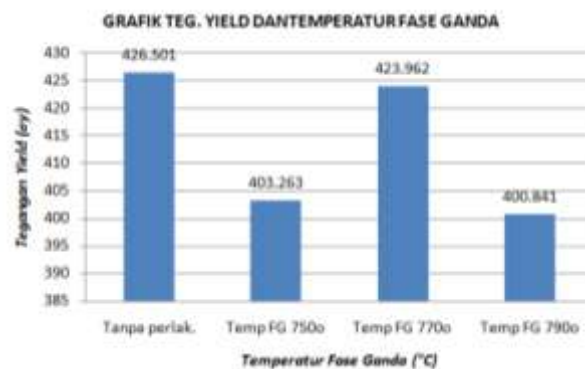
Grafik hubungan antara Tegangan *Yield* dan pemanasan fasa ganda



Gambar 7. Grafik Tegangan *Yield* dan tempetatur fasa ganda diameter bahan 6 mm



Gambar 8. Grafik Tegangan *Yield* dan tempetatur fasa ganda diameter bahan 8 mm



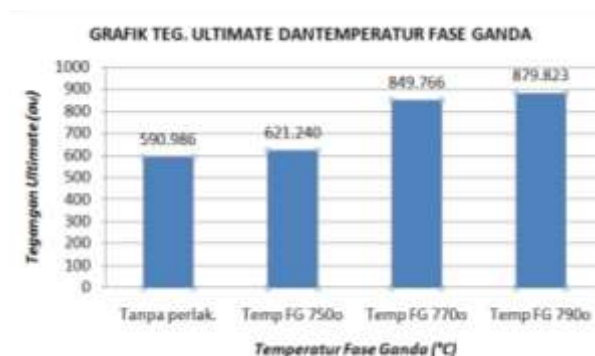
Gambar 9. Grafik Tegangan *Yield* dan tempetatur fasa ganda diameter bahan 10 mm

Ditinjau terhadap ukuran diameter besi beton perubahan kekuatan *yield*, gambar 7 menunjukkan pada diameter besi beton 6 mm nilai kekuatan tarik *yield* meningkat dari 415,615 MPa tanpa perlakuan dan meningkat maksimum menjadi 707,956 Mpa terjadi

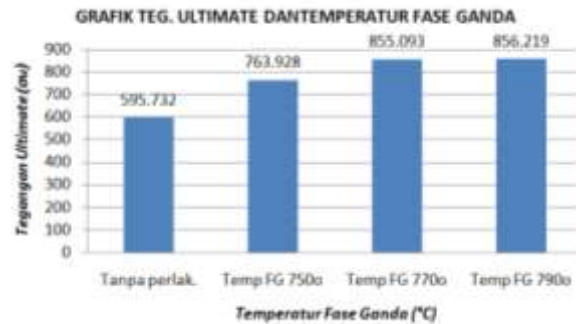
pada temperatur perlakuan fasa ganda 790°C mengalami kenaikan sebesar 70.339% dan peningkatan kekuatan tarik *yield* terendah menjadi 471,908 MPa pada perlakuan fasa ganda 750° dengan kenaikan sebesar 13,5444% . Pada gambar 8 menunjukkan pada diameter besi beton 8 mm nilai kekuatan tarik *yield* meningkat dari 423,269 MPa tanpa perlakuan dan meningkat maksimum menjadi 672,751 Mpa terjadi pada temperatur perlakuan fasa ganda 770°C mengalami kenaikan sebesar 58,9416% dan peningkatan kekuatan tarik *yield* terendah menjadi 573,316 MPa pada perlakuan fasa ganda 750° dengan kenaikan sebesar 35,45%. Pada gambar 9 menunjukkan pada diameter besi beton 10 mm nilai kekuatan tarik *yield* menurun dari 426,501 Mpa tanpa perlakuan dan menurun maksimum menjadi 400,841 MPa terjadi pada temperatur perlakuan fasa ganda 790°C mengalami penurunan sebesar 6,0165% dan penurunan kekuatan tarik *yield* terendah menjadi 423,962 MPa pada perlakuan fasa ganda 750° dengan kenaikan sebesar 0,595% .

Perubahan Tegangan *Ultimate*

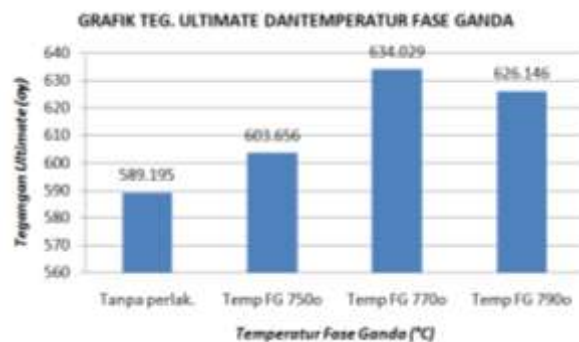
Grafik hubungan antara Tegangan *Ultimate* dan pemanasan fasa ganda



Gambar 10. Grafik Tegangan *Ultimate* dan tempetatur fasa ganda diameter bahan 6 mm



Gambar 11. Grafik Tegangan *Ultimate* dan tempetatur fasa ganda diameter bahan 8 mm

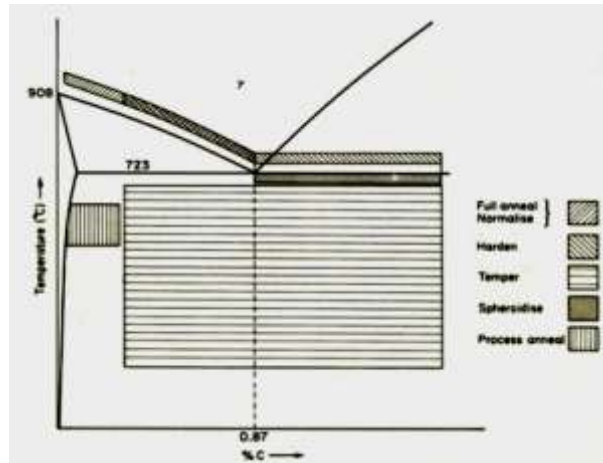


Gambar 12. Grafik Tegangan *Ultimate* dan tempetatur fasa ganda diameter bahan 10 mm

Ditinjau terhadap ukuran diameter besi beton perubahan kekuatan *ultimate*, gambar 10 menunjukkan pada diameter besi beton 6 mm nilai kekuatan tarik *ultimate* meningkat dari 590.986 MPa tanpa perlakuan dan meningkat maksimum menjadi 879,823 Mpa terjadi pada temperatur perlakuan fasa ganda 790°C mengalami kenaikan sebesar 48,8736% dan peningkatan kekuatan tarik *ultimate* terendah menjadi 471,908 MPa pada perlakuan fasa ganda 750° dengan kenaikan sebesar 13,5444% . Pada gambar 11 menunjukkan pada diameter besi beton 8 mm nilai kekuatan tarik *ultimate* meningkat dari 595.732 MPa tanpa perlakuan dan meningkat maksimum menjadi 856,219 Mpa terjadi pada temperatur perlakuan fasa ganda 790°C mengalami kenaikan sebesar 43,7256% dan peningkatan kekuatan tarik *ultimate* terendah menjadi 573,316 MPa pada perlakuan fasa ganda 750° dengan kenaikan sebesar 35,45% . Pada gambar 12 menunjukkan pada diameter besi beton 10 mm nilai kekuatan tarik *ultimate* meningkat dari 589,195 MPa tanpa perlakuan dan meningkat maksimum menjadi 634,029 Mpa terjadi pada temperatur perlakuan fasa ganda 770°C mengalami kenaikan sebesar

7.6094% dan peningkatan kekuatan tarik *ultimate* terendah menjadi 603,656MPa pada perlakuan fasa ganda 750° dengan kenaikan sebesar 2,454%.

Ditinjau terhadap diagram fasa fasa dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 13. Pemanasan Proses Perlakuan Panas

Dari gambar grafik diatas jika dibandingkan diagram fasa gambar 13 dari grafik diatas maka penurunan elongasi yang dipengaruhi temperatur fasa ganda memiliki tren linier, semakin naik temperature fasa ganda maka mengalami penurunan elongasi dari percobaan diameter 6 mm, 8 mm dan 10 mm. Prosentase penurunan elongasi yang terkecil pada perlakuan temperature fasa ganda pada temperature pemanasan fasa ganda 770°. Sedangka kenaikan kekuatan tarik yang *yield* tren nya adalah mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Peningkatan elongasi dan kekuatan tarik serta yield yang cukup signifikan pada diameter baja tulangan polos diameter 8 mm dan temperature fasa ganda 750°C karena pada fasa ini diperkirakan bahwa semua C (karbon) sudah larut pada fasa ganda, pada temperature 770°C posisinya masih banyak austenite C (karbon) mudah lepas sehingga yang menjadi fasa ganda sedikit. Sedangkan pada temperature fasa ganda 750°C, masih banyak mengandung ferit karena yang menjadi austenite sedikit karena yang dapat larut sedikit sehingga yang menjadi fasa ganda sedikit.

KESIMPULAN

Terjadi perubahan kekuatan tarik, kekuatan *yield* baja tulangan polos setelah mengalami proses perlakuan pemanasan fasa ganda baik ditinjau terhadap diameter baja tulangan polos maupun temperature fasa ganda. Kenaikan kekuatan tarik tertinggi mencapai 855,093 MPa dengan kenaikan perubahan sebesar 44,69%, kenaikan *yield* tertinggi mencapai 672,751 MPa dengan kenaikan perubahan sebesar 61,67% dibandingkan sebelum mengalami perlakuan fasa ganda kekuatan tarik (*ultimate*) sebesar 595.732 MPa dan kekuatan *yield* sebesar 415.615 MPa.

Mengalami perubahan elongasi terjadi penurunan kemampuan elongasi setelah mengalami proses perlakuan pemanasan fasa ganda. Penurunan elongasi sebelum perlakuan proses fasa ganda sebesar 42,664 % pada diameter 8 mm menjadi 35,226% pada temperature perlakuan fasa ganda 770°C.

DAFTAR PUSTAKA

- E.J. Bradbury, 1991, *Dasar Metalurgi untuk Rekayasawan*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Herman W Pollack, 1991, *Material Science and Metallurgy*, 4th edition, Reston Publishing Company, Inc, Reston Virginia.
- J. Lis, A. K. Lis and C. Kolan, 2005, *Processing and Properties of C-Mn Steel with Dual Phase Micro Structure*, Institute of Material Engineering, Czestochova University of Technology, Poland, Journal.
- J. Adamczyk, M.Opiela, 2006, *Engineering of forged products of microalloyed constructional steels*, Institute of Engineering Materials and Biomaterials, Silesian University of Technology, Poland, Journal.
- Joko Triwardoyo, 2006, *Metode Peningkatan Tegangan Tarik dan Kekerasan Pada Baja*, Jurusan Teknik Mesin, Pliteknik Negeri Semarang, jurnal.
- Karl-erik Thelning, 1994, *Steel and Its Heat Treatment*, Second edition, Butterworth & Co, London, Boston.

M. Dzupon, L. Parilak, M. Kollava, I Sinaiova, 2007, **Dual Phase Ferrit – Martensit Steel Micro Alloy V – Nb**, Institute of Materials Research of Sovak Academy of Science, Slovakia, Journal.

V.B. John, 1983, **Introduction to Engineering Materials**, Second Edition, Mac. Millan Publishing Company, New York.

Wahid Suherman, Ir, 1990, **Perlakuan Panas**, Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS, Surabaya.

William F. Hosford and Robbert M. Caddell, 1993, **Metal Forming**, Second Edition, University of Michigan AM Arbor, Michigan.

<https://sanggapramana.wordpress.com/category/besi-dan-baja/>

[http://eprints.binadarma.ac.id/1821/1/BAHAN%20BANGUNAN%20MATERI%203.p
df](http://eprints.binadarma.ac.id/1821/1/BAHAN%20BANGUNAN%20MATERI%203.pdf)

STANDAR NASIONAL INDONESIA - SNI **07-2052-2002**