

Analisis Tegangan *Roll* Untuk Produksi Baja Tulangan Beton Tahap *Roughing* Menggunakan Metode *Finite Element Analysis*

Agung Fauzi Hanafi¹, Ardi Mahardika², Asmar Finali³, Mega Lazuardy Umar⁴, Rochmad Eko PU⁵

^{1,2,3,4}Program Studi Teknologi Rekayasa Manufaktur, Politeknik Negeri Banyuwangi

⁵Program Studi Teknik Manufaktur Kapal, Politeknik Negeri Banyuwangi

^{1,2,3,4,5}Jl. Raya Jember No.KM13, Kawang, Labanasem, Kec.Kabat, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur 68461, Indonesia

E-mail: agung@poliwangi.ac.id¹, ardima080102@gmail.com², asmar@poliwangi.ac.id³,

megalazuardyumar@poliwangi.ac.id⁴, rochmad@poliwangi.ac.id⁵

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 29 Mei 2024

Direvisi: 26 Juni 2024

Diterima: 9 Juli 2024

Baja tulangan beton merupakan baja paduan berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip dan diproduksi dengan bahan material yang disebut *billet*. Proses produksi baja tulangan beton umumnya menggunakan proses *rolling*. Tegangan pada *roll* yang dihasilkan saat proses *rolling* merupakan hal yang perlu diperhatikan. Tegangan yang melebihi batas *fatigue* akan mengakibatkan kegagalan bahkan kerusakan pada *roll*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tegangan maksimal pada *roll* tahap *roughing* yakni *roll* 1H, *roll* 2H, dan *roll* 1 dengan ukuran standar. Dengan menggunakan simulasi *Finite Element Analysis* diharapkan dapat memberikan rekomendasi tegangan maksimal *roll* yang dihasilkan pada proses *rolling*. Dari simulasi yang dilakukan, didapat nilai tegangan maksimal *roll* 1H sebesar 190,34 MPa, *roll* 2H sebesar 227,28 MPa dan *roll* 1 sebesar 136,18 MPa. Tegangan yang terjadi pada *roll* dinyatakan masih aman karena di bawah nilai tegangan *fatigue* dari material *roll*.

Abstract

Keywords:

reinforcing steel;

rolling process;

billet;

fea method.

Concrete reinforcing steel is alloy steel with a round cross section using a plain or fin surface and produced from a material called *billet*. The production process for concrete reinforcing steel generally uses a rolling process. The stress on the roll that is generated during the rolling process is something that needs to be considered. Stresses that exceed the fatigue limit will result in failure and even damage to the roll. This research aims to determine the maximum stress in rolls at the roughing stage, namely roll 1H, roll 2H, and roll 1 with standard sizes. By using the Finite Element Analysis simulation, it is expected that it can provide recommendations for the maximum roll stress produced in the rolling process. From the simulations carried out, the maximum stress value for roll 1H is 190.34 MPa, roll 2H is 227.28 MPa and roll 1 is 136.18 MPa. The stress that occurs in the roll is considered safe because it is below the fatigue stress value of the roll material.

Penulis korespondensi:

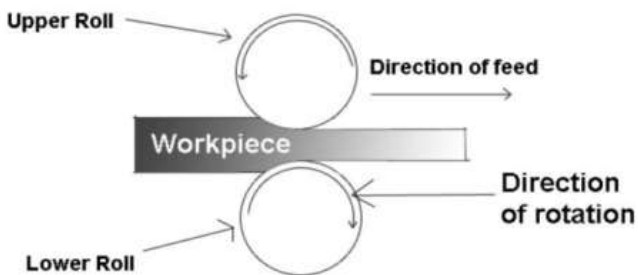
Agung Fauzi Hanafi

E-mail: agung@poliwangi.ac.id

1. Pendahuluan

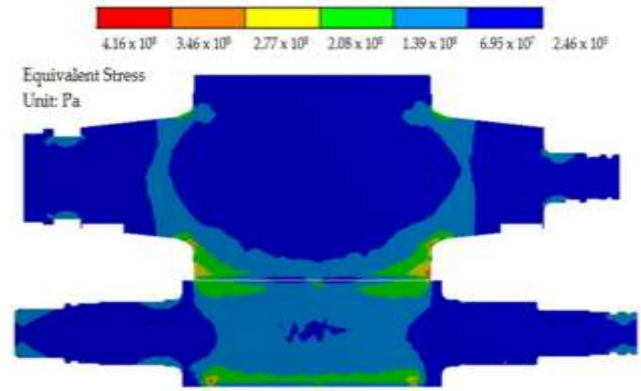
Kemajuan suatu bangsa atau daerah akan mendorong laju perkembangan pembangunan, khususnya pada sektor produksi baja tulangan beton[1]. Secara umum baja tulangan beton merupakan komponen yang penting dalam konstruksi. Baja tulangan beton adalah baja paduan yang berbentuk batang berpenampang bundar dengan permukaan polos atau sirip dan diproduksi dengan material *billet* [2]. Baja tulangan beton memiliki diameter yang bervariasi tergantung dari penggunaan. Baja tulangan beton sendiri memiliki dua jenis produksi yakni baja tulangan polos dan baja tulangan sirip . fungsi dari baja tulangan beton adalah sebagai bahan utama dalam pembangunan gedung atau konstruksi lainnya.

Proses pembuatan baja tulangan beton di perusahaan manufaktur pada umumnya menggunakan metode *rolling*. Proses *rolling* merupakan pembentukan logam menjadi produk jadi yang melewati penggulung atau *roll* yang berputar kearah yang berlawanan seperti ditunjukkan pada Gambar 1 [3]. terdapat dua jenis proses rolling berdasarakan temperatur kerjanya yaitu *hot rolling* dan *cold rolling* [4]. Pada pembuatan baja tulangan beton sendiri umumnya menggunakan *hot rolling*. Untuk memproduksi baja tulangan beton, ada beberapa langkah yang harus dilakukan serta peralatan yang digunakan. Umumnya peralatan yang digunakan untuk proses *rolling* disebut dengan *rolling mill*. *Rolling mill* seringkali memiliki jenis, jumlah, dan posisi gulungan yang berbeda-beda menyesuaikan dengan kebutuhan hasil akhir pembentukan baja tulangan beton.



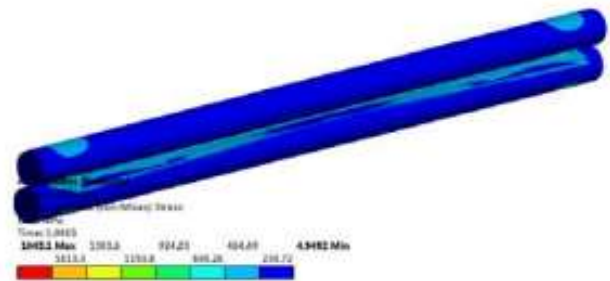
Gambar 1. Proses *rolling* [3]

Tegangan yang dihasilkan saat proses *rolling* merupakan hal yang perlu diperhatikan. Tegangan yang melebihi batas akan mengakibatkan kegagalan bahkan kerusakan pada *roll* [5][6]. Selain itu, kerusakan pada roll disebabkan karena material *roll* yang mengalami *fatigue* [7]. Hal tersebut tentunya berpengaruh terhadap efisiensi penggunaan *roll* serta mesin penggerak yang dirasa belum maksimal. Analisis tegangan menggunakan metode elemen hingga tergantung pada sifat material, beban statis dan dinamis [8] serta dapat menghindari kegagalan produk sebelum produk tersebut dibuat [9]. Analisis tegangan pada roll menggunakan metode elemen hingga diharapkan dapat memberikan rekomendasi tegangan maksimal *roll* yang dihasilkan pada proses *rolling* [5].



Gambar 2. Simulasi Hot Rolling [10]

Simulasi *rolling* pembentukan baja bentuk strip sebelumnya telah dilakukan menggunakan ANSYS LS DYNA dengan menggunakan jenis elemen *shell* seperti ditunjukkan pada Gambar 2[10]. Penelitian tersebut dapat memprediksi tegangan dan regangan dari material produk roll sehingga dapat mengurangi material yang terbuang saat produksi [11]. Simulasi proses *roll* menggunakan *software* ANSYS juga dapat tegangan yang terjadi pada *roller* maupun produk yang dihasilkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3 [5][12].

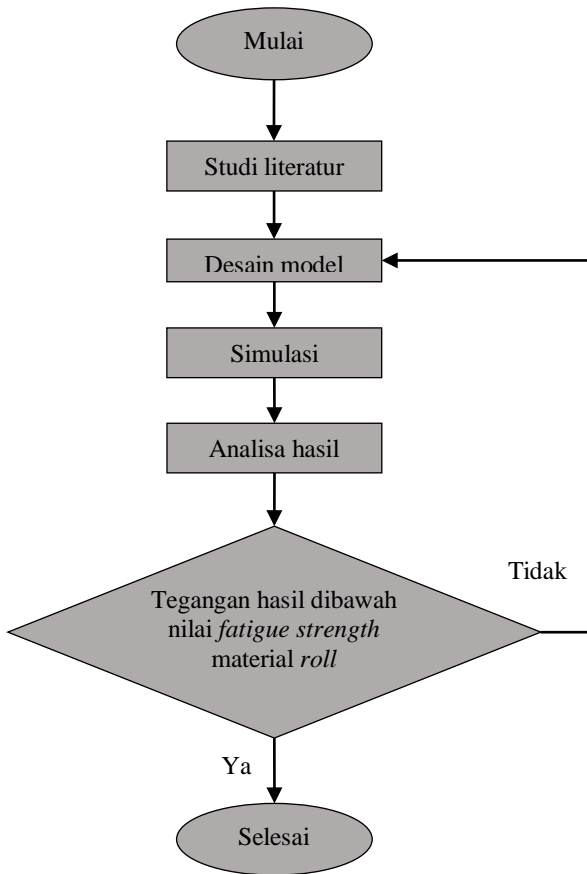


Gambar 3. Simulasi proses *rolling* pada material plat [5]

Untuk memastikan proses *rolling* baja tulangan beton dapat berlangsung dengan aman maka perlu dilakukan studi sehingga dapat menghindari kegagalan dalam produksi. Karena itu, dipilihlah simulasi proses *rolling* produk baja tulangan dengan menggunakan *software* ANSYS untuk memastikan tegangan yang terjadi pada *roller* tidak melebihi batas tegangan *fatigue* yang diizinkan [13].

2. Metode

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yakni tahap desain dan tahap simulasi model [9]. Proses penelitian ini diawali studi literatur untuk mencari referensi penelitian yang sejenis dengan penelitian yang dilakukan. Selanjutnya melakukan analisa menggunakan *software* untuk mengetahui apakah penelitian yang dilakukan berhasil atau tidak. Gambar 4 merupakan diagram alir dari penelitian ini.



Gambar 4. Diagram alir penelitian

Desain bagian roll dan billet ini dibuat menggunakan aplikasi Solidworks. Material yang digunakan untuk roll yaitu *ductile cast iron*. Material jenis ini banyak digunakan pada roll untuk memproduksi baja tulangan maupun yang lain. Sedangkan untuk billet menggunakan material *structural steel* dengan suhu 800°C. Tabel 1 menunjukkan sifat mekanis dari material *ductile cast iron* yang digunakan pada roll dan Tabel 2 menunjukkan sifat material *structural steel* pada temperatur 800°C yang digunakan pada billet.

Tabel 1. Sifat Mekanis *ductile cast iron*. [14]

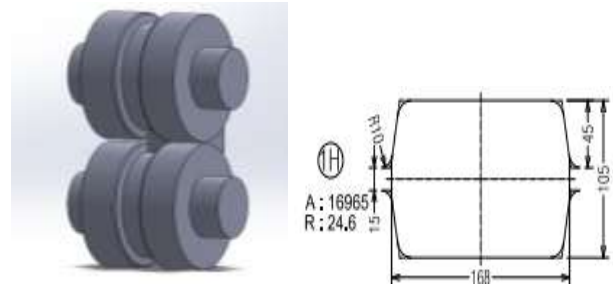
Sifat Mekanis	Nilai
<i>Yield Strength</i>	627 MPa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	862 MPa
<i>Fatigue Strength</i>	338 MPa
<i>Hardness</i>	300 HB
<i>Density</i>	7.300 Kg/m ³
<i>Modulus of Elasticity</i>	170.000 MPa

Tabel 2. Sifat mekanis *structural steel* di suhu 800°C. [15]

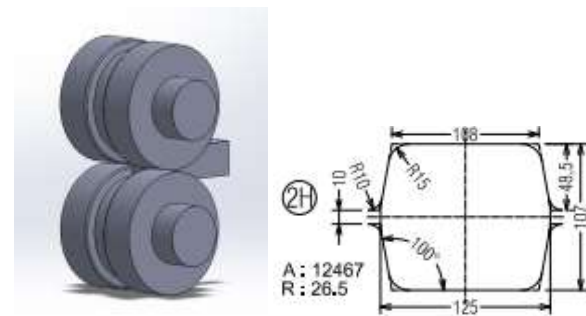
Sifat Mekanis	Nilai
<i>Yield Strength</i>	40,425 MPa
<i>Density</i>	7.300 Kg/m ³
<i>Modulus of Elasticity</i>	18.900 MPa
<i>Tangent Modulus</i>	20

2.1 Desain Model

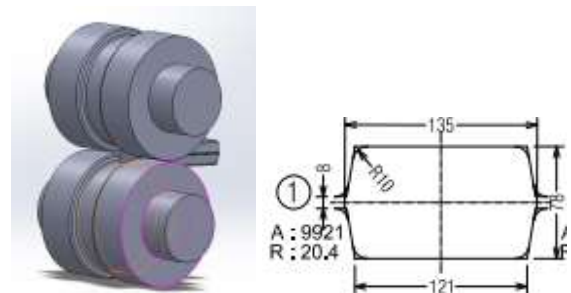
Model roll 1H, roll 2H, roll 1 dan billet didesain menggunakan software Solidwoks 2021. Desain yang dibuat menyerupai dengan bentuk aslinya, mulai dari bentuk *groove roll*, dimensi, hingga bentuk *billet* saat masuk di proses *rolling*. Desain model roll 1H, roll 2H, dan roll 1 masing-masing ditunjukkan pada Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.



Gambar 5. roll 1H



Gambar 6. roll 2H



Gambar 7. roll 1

2.2 Pengaturan Model

Pada tahap ini model yang telah didesain akan dilakukan analisa *static structural* untuk mengetahui tegangan maksimal yang dihasilkan saat proses *rolling* dengan menggunakan software *ANSYS Workbench*. Software ini bekerja dengan cara memproses parameter yang dimasukkan, membuat *mesh*, hingga melakukan simulasi metode elemen hingga [16]. Langkah- Langkah yang dikerjakan adalah sebagai berikut:

- 1) Memasukkan parameter berupa sifat mekanis material roll dan sifat mekanis material billet. untuk material roll yang digunakan adalah *ductile cast iron*, sedangkan material billet menggunakan *structural steel* pada suhu 800°C [17].

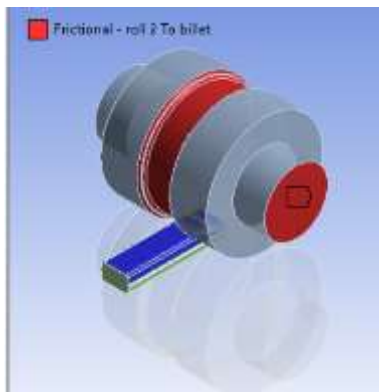
Tabel 3. Sifat mekanis roll [14]

Sifat Mekanis	Nilai
Ultimate Tensile Strength	862 MPa
Fatigue Strength	338 MPa
Density	7.300 Kg/m ³
Modulus of Elasticity	170.000 MPa
Bulk Modulus	141.670 MPa
Shear Modulus	65.385 MPa

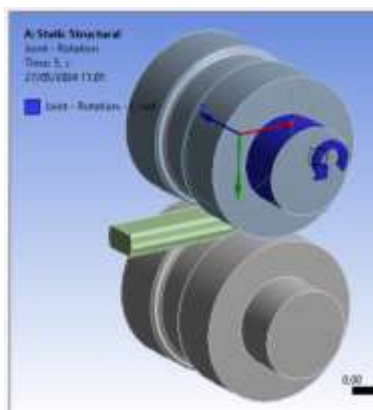
Tabel 4. Sifat mekanis billet [17]

Sifat Mekanis	Nilai
Yield Strength	40,425 MPa
Density	7.300 Kg/m ³
Modulus of Elasticity	18.900 MPa
Tangent modulus	20 MPa
Bulk Modulus	15.750 MPa
Shear Modulus	7.269,2 MPa

- 2) Langkah *setup*. menentukan kontak antara *roll* dan *billet* seperti pada Gambar 8 serta menentukan *joint* pada *roll* seperti pada Gambar 9. Hal ini dimaksudkan untuk menentukan putaran dari *roll* atas dan bawah. Untuk putaran *roll* 1H sebesar 200 rpm, *roll* 2H sebesar 260 rpm, dan *roll* 1 sebesar 201.



Gambar 8. Setup contact



Gambar 9. Setup joint

- 3) Pada *setup meshing*, *element size* yang digunakan pada *roll* menggunakan *default*, untuk bagian *billet* menggunakan *element size* 15 mm. dan untuk bagian *groove roll* menggunakan *element size* 15 mm sehingga terbentuk mesh seperti pada Gambar 10.



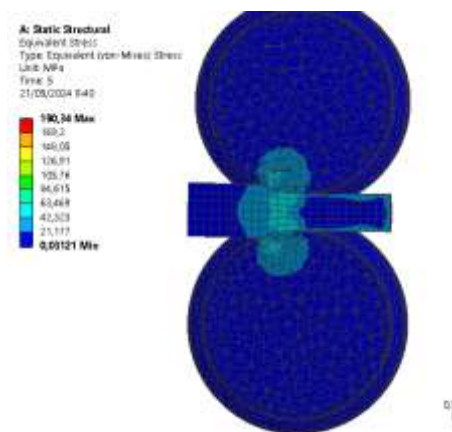
Gambar 10. Meshing

3. Hasil dan Pembahasan

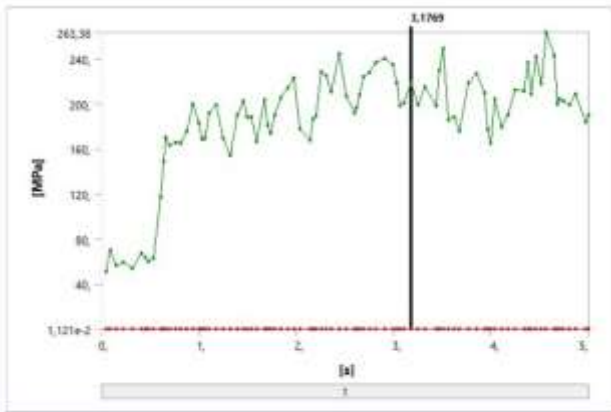
Simulasi *static structural* pada *roll* 1H, *roll* 2H, dan *roll* 1 dilakukan dengan memberikan kontak antara *roll* dengan benda kerja yang disebut *billet*. *Billet* dengan ukuran yang telah ditentukan akan terdeformasi oleh *roll* saat melewatinya dengan putaran *roll* yang sesuai. Kondisi tersebut mengakibatkan munculnya tegangan terhadap *roll*. Berikut ini adalah tegangan yang terjadi pada masing-masing *roll*.

3.1. Roll 1H.

Pada Gambar 11 merupakan hasil simulasi *static structural* dari *roll* 1H tahap *roughing*. Berdasarkan hasil simulasi, pada *roll* 1H terjadi tegangan maksimal sebesar 190,34 MPa. Hal ini dapat diartikan bahwa *roll* masih aman dikarenakan tegangan yang dihasilkan masih dibawah nilai *fatigue strength* material *roll* berdasarkan ASM Handbook [14]. Pada Gambar 12 menunjukkan nilai tegangan yang dihasilkan saat proses *rolling* dari mulai masuk sampai terjadi proses *rolling*.



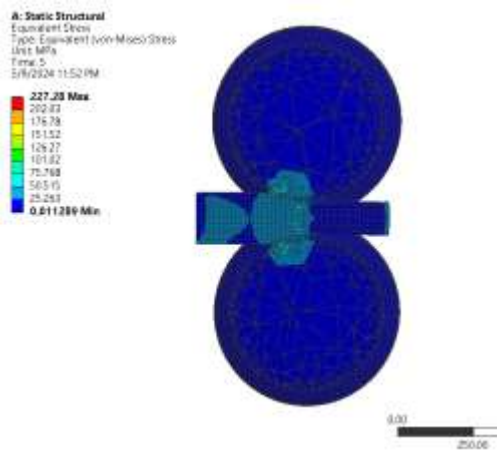
Gambar 11. Simulasi roll 1H



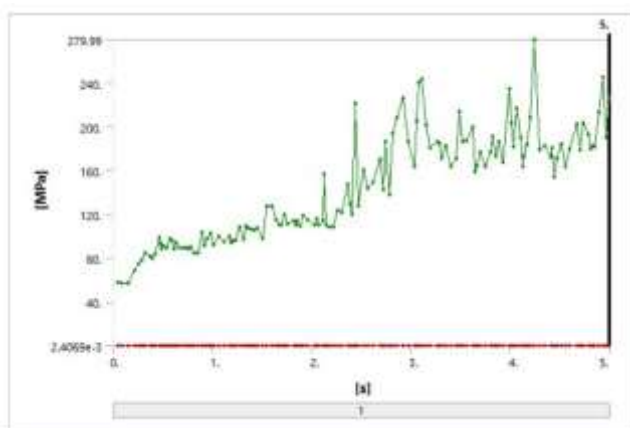
Gambar 12. Grafik tegangan roll 1H

3.2. Roll 2H

Pada Gambar 13 merupakan hasil simulasi *static structural* dari roll 2H tahap *roughing*. Pada roll ini tegangan maksimal dengan nilai 227,28 MPa. Artinya roll 2H masih aman menerima tegangan yang dihasilkan dari proses *rolling* karena berada di bawah batas tegangan *fatigue* menurut ASM Handbook [14]. Gambar 14 menunjukkan tegangan yang terjadi selama material masuk ke dalam *roller*.



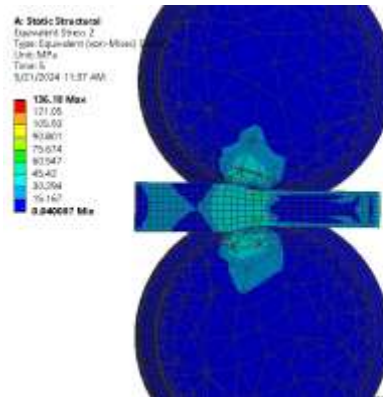
Gambar 13. Simulasi roll 2H



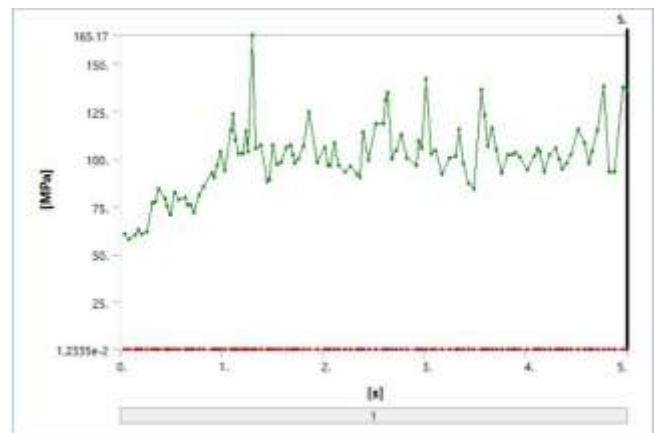
Gambar 14. Grafik tegangan roll 2H

3.3. Roll 1

Pada Gambar 15 merupakan hasil simulasi *static structural* dari roll 1 tahap *roughing*. Tegangan yang terjadi pada roll ini sebesar 136,18 MPa masih dibawah batas nilai *fatigue strength* material roll menurut ASM Handbook [14]. Gambar 16 menunjukkan tegangan yang terjadi pada *roller* selama proses berlangsung.



Gambar 15. Simulasi roll 1



Gambar 16. Grafik tegangan roll 1

Dari simulasi *static structural* pada roll 1H, roll 2H, dan roll 1. Dapat diketahui indikator warna merah menandakan nilai tegangan maksimal yang dihasilkan pada proses *rolling*. Berdasarkan hasil simulasi tersebut, ketiga roll mampu mereduksi billet, serta material yang digunakan mampu menerima beban kerja.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi *Static Structural* yang dijalankan pada roll 1H, roll 2H, dan roll 1. Maka didapat hasil nilai tegangan maksimal pada roll 1H sebesar 190,34 MPa, untuk roll 2H sebesar 227,28 MPa, dan roll 1 sebesar 136,18 MPa dengan acuan nilai *fatigue* material roll sebesar 338 MPa. Dengan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa roll masih aman menerima beban dari proses *rolling*.

Daftar Pustaka

- [1] D. Mayasari *et al.*, "Sosialisasi dan Edukasi SNI 2052 : 2017 Tentang Baja Tulangan Beton Di SMKN 4 Tangerang," vol. 1, no. 2, hal. 163–172, 2019, doi: doi.org/10.33322/terang.v1i2.437.

- [2] Badan Standardisasi Nasional, "Baja Tulangan Beton," *SNi 2052-2017*, hal. 13, 2017.
- [3] L. Patil dan M. Dubey, "Analysis of roll chock for two-high rolling mill using ANSYS," vol. 11, no. 2, hal. 33–37, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <http://www.isca.me/IJES/Archive/v11/i2/8.ISCA-RJEngS-2021-052.pdf>
- [4] A. Tyagi dan P. Kumar, "MATHEMATICAL MODELLING FOR ROLLING FORCE AND TORQUE CONSIDERING CHATTER DURING COLD ROLLING," *Eur. Chem. Bull.*, vol. 11, no. 12, hal. 3037–3048, 2022, doi: 10.53555/ecb/2022.11.12.257.
- [5] K. Shi, G. Zheng, dan J. Hang, "Rolling Process Analysis of Working Rollers of Cold Rolling Mill Based on ANSYS Rolling Process Analysis of Working Rollers of Cold Rolling Mill Based on ANSYS," 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1624/2/022049.
- [6] P. Tiwari dan S. Sharma, "International Journal of Research Publication and Reviews," vol. 2, no. 7, hal. 215–222, 2021, [Daring]. Tersedia pada: <https://www.ijrpr.com/uploads/V2ISSUE7/IJRPR584.pdf>
- [7] J. Zhang, X. Wang, H. Liu, Q. Yang, dan D. Xu, "Analysis of fatigue fracture and strength improvement of backup rolls," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 772, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/772/1/012068.
- [8] Y. Suhartini, A. Indriani, Hendra, Rispani, dan Hernadewita, "Finite element method for stress analysis in the frame holder of generator translation and rotation motion on vertical direction mechanism for sea wave power plant," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1034, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1034/1/012008.
- [9] Z. F. Emzain, U. S. Amrullah, dan A. Mufarrih, "Desain dan Analisis Elemen Hingga Model Prosthetic Ankle-Foot," *Infotekmesin*, vol. 11, no. 2, hal. 87–93, 2020, doi: 10.35970/infotekmesin.v11i2.257.
- [10] R. Servin, S. A. Arreola, I. Calder, dan A. Perez, "Effect of Crown Shape of Rolls on the Distribution of Stress and Elastic Deformation for Rolling Processes," *Metals (Basel)*, vol. 9, no. 11, hal. 1–16, 2019, doi: 10.3390/met9111222.
- [11] T. Wang, Z.-K. Ren, dan D.-P. He, "Equivalent Numerical Algorithm for the Strip-Rolling Process of a Continuous Variable Crown Mill Using the Coupled Rigid-Plastic Finite Element Method Equivalent Numerical Algorithm for the Strip-Rolling Process of a Continuous Variable Crown Mill Using t," *J. Mar. Sci. Technol.*, vol. 27, no. 2, hal. 123–132, 2019, doi: 10.6119/JMST.201904_27(2).0005.
- [12] E. Gavalas dan S. Papaefthymiou, "Prediction of Plate Crown during Aluminum Hot Flat Rolling by Finite Element Modeling," *J. Manuf. Mater. Process.*, vol. 3, no. 95, hal. 1–11, 2019, doi: 10.3390/jmmp3040095.
- [13] K. Hu, F. Zhu, J. Chen, N. Noda, W. Han, dan Y. Sano, "Simulation of Thermal Stress and Fatigue Life Prediction of High Speed Steel Work Roll during Hot," *Metals (Basel)*, vol. 9, no. 9, hal. 996, 2019, doi: doi.org/10.3390/met9090966.
- [14] L. E. Richter, A. Carlos, dan D. M. Beber, *FATIGUE AND FRACTURE*, ASM Handbo. United States: ASM International, 1996.
- [15] L. Huang, G. Li, X. Wang, C. Zhang, L. Choe, dan M. Engelhardt, "High Temperature Mechanical Properties of High Strength Structural Steels Q550, Q690 and Q890," *Fire Technol.*, vol. 54, no. 6, hal. 1609–1628, 2018, doi: 10.1007/s10694-018-0760-9.
- [16] Abdul Aziz Salimi, "Simulasi Finite Element Analysis (FEA) dan Fabrikasi Implan untuk Perbandingan Kinerja Implan Kovensional dan Custom Cruciate Retaining (CR) untuk Penderita Osteoarthritis Berdasarkan Rekonstruksi Data MRI/CT Scan Tulang Lutut," *Tugas Akhir Jur. Tek. Mesin Univ. Islam Indones.*, hal. 1–115, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/44462>
- [17] L. Choe dan M. D. Engelhardt, "High Temperature Mechanical Properties of High Strength Structural Steels High Temperature Mechanical Properties of High Strength," no. November, 2021, doi: 10.1007/s10694-018-0760-9.