

## Analisa Perbandingan Kekuatan Material Pada *Anchor Bolt* Untuk Perbaikan Pondasi *Chimney Boiler Takuma N 1000* Kapasitas 35 Ton Uap/Jam

Muhammad Ridho Yullah Tanjung<sup>1</sup>, Supriadi<sup>2</sup>, & Tomi Abdilah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Program Studi Teknik Mesin, Universitas Tjut Nyak Dhien, Indonesia

\*Email: Supriadi@utnd.ac.id

### ABSTRACT

A steam boiler is an energy conversion machine to change water into steam by heating. To produce steam, water is heated by burning fuel in the steam boiler combustion chamber. The process of burning the shells and fibers as fuel for a steam boiler produces smoke so that the fuel combustion process is not disturbed by the smoke and the hot air is channeled into the chimney and comes out as free air. Specifications for chimneys at PT palm oil mills. XYZ is 26 meters high, 2.1 meters in diameter, and made of steel plate. Gradually, the chimney experienced corrosion due to the age of the material, so the author conducted research for preventive maintenance measures without having to dismantle the entire chimney foundation by connecting anchor bolts. This type of research is qualitative experimental research by carrying out tensile strength tests of Steel BJTP280 anchor bolts in the metal laboratory at the University of North Sumatra. The anchor bolt material is steel with a diameter of 21 mm and a length of 404 mm. There are 9 anchor bolt workpiece specimens with the following details: 3 anchor bolts without welding treatment, 3 anchor bolts with welding treatment, and 3 anchor bolts using stiffener. From the results of the tensile test, the strength of the anchor bolt material without welding treatment was obtained with a maximum force of 180 kN with a yield stress of 443.30 Mpa and a strain of 27%. Meanwhile, the anchor bolt material was welded with a maximum force of 175 kN with a yield stress of 331.63 Mpa and a strain of 8.5%. And for anchor bolt material with Stiffener treatment with a maximum force of 183 kN with a yield stress of 336.26 Mpa and a strain of 13.5%. In conclusion, of the 9 test objects carried out by the anchor bolt tensile test, the strongest was the specimen with Stiffener treatment.

**Keywords:** anchor bolt, chimney, steam boiler, tensile test, tension, strain

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil dan eksportir terbesar di dunia untuk produk olahan kelapa sawit yakni Crude Palm Oil (CPO). Mulai tahun 1998, perkembangan produksi CPO terus mengalami peningkatan dengan rerata pertambahan 11,13 persen per tahun. Sebagian besar kelapa sawit diusahakan oleh perusahaan besar swasta (PBS) dengan nilai 54,94 persen atau seluas 7.942.335 hektar. Kedua yaitu perusahaan besar negara (PBN) dengan nilai 4,27 persen atau seluas 617.501 hektar. Terakhir yaitu perkebunan rakyat (PR) dengan nilai 40,79 persen atau seluas 5.896.755 hektar [1]. Seiring dengan hal tersebut perkembangan bisnis industri pabrik kelapa sawit di Indonesia mengalami pertumbuhan yang signifikan dan mampu menjadi salah satu andalan ekonomi nasional. Bahkan prospek industri pabrik kelapa sawit semakin menjanjikan karena meningkatnya kebutuhan minyak goreng di dalam negeri, meningkatnya jumlah ekspor *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Palm Kernel Oil* (PKO) juga dijadikan sebagai alternatif energi terbarukan bahan dasar *bio diesel*. Apalagi Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral (ESDM) telah mencanangkan Program *Bio Diesel* Nasional untuk menurunkan emisi karbon. Proses pengolahan *Crude Palm Oil* (CPO) pada pabrik kelapa sawit melalui alur yang panjang mulai dari proses penimbangan tandan buah segar (TBS), penyortiran, proses perebusan (*sterilizer*), proses penebah (*thresher*), pengepresan, proses pengolahan biji (*kernel station*) dan proses pemurnian minyak. Boiler adalah sebuah alat konversi energi yang digunakan untuk merubah airmenjadi uap bertekanan tinggi. Temperatur air boiler berkisar antara 250-300<sup>o</sup>F bergantung pada katup tekanan yang terpasang pada boiler [2]. Ketel uap (Boiler) merupakan urat nadi pada industri pabrik kelapa sawit. Ketel uap dijadikan sebagai sumber utama energi (*main source energy*) untuk membangkitkan

energi listrik dan menjalankan mesin-mesin pengolahan kelapa sawit. Ketel uap (Boiler) adalah mesin konversi energi untuk merubah air menjadi uap dengan cara pemanasan. Untuk menghasilkan uap (*steam*) air dipanaskan oleh pembakaran bahan bakar pada ruang bakar ketel uap. Ketel uap mampu merubah energi didalam uap secara langsung menjadi gerak putar yang memancar dari *nozzle* dan diarahkan ke sudut turbin sehingga dihasilkan energi kinetik untuk membangkitkan energi listrik. Proses pembakaran cangkang dan serabut sebagai bahan bakar ketel uap menghasilkan asap maka agar proses pembakaran bahan bakar tidak terganggu asap dan udara panas disalurkan ke cerobong asap keluar menjadi udara bebas. Lambat laun cerobong asap mengalami korosi akibat umur material maka penulis melakukan penelitian untuk tindakan *preventif maintenance* tanpa harus membongkar seluruh pondasi cerobong dengan cara menyambung *anchor bolt* dengan perlakuan Stiffener dengan kekuatan tarik material dengan pengujian tarik (Tensile test).

### **Cerobong Asap Ketel Uap**

Pergerakan pencemaran udara di dalam atmosfer terjadi dalam tiga dimensi secara horizontal maupun transversal, sesuai dengan arah angin (adveksi) maupun vertikal, ke lapisan atas atmosfer bumi. Dinamika serta atmosferik merupakan faktor-faktor yang sangat menentukan pencemar udara setelah diemisikan dari sumbernya, sehingga timbul kaitan yang erat antara sumber dengan daerah penerima. (Menurut Budirahardjo), sumber-sumber emisi yang menyebabkan terjadinya kontaminasi di udara terbagi menjadi tiga (3) kelompok, yaitu: sumber emisi bergerak, sumber titik tetap, dan sumber campuran [3] Cerobong asap adalah struktur untuk ventilasi panas gas buang atau asap dari boiler, kompor, tungku, atau perapian yang dikeluarkan ke atmosfer dengan kecepatan tertentu, dan digunakan untuk mengatasi geseran-geseran yang terjadi terhadap aliran gas asap, mulai dari rangka bakar atau pembakar (burner), hingga keluar dari cerobong. Dengan kata lain untuk menimbulkan isapan cerobong atau Stack Draught. Disamping itu, digunakan untuk membuang gas asap setinggi mungkin sehingga tidak mengganggu lingkungan sekitarnya. Timbulnya isapan cerobong disebabkan karena perbedaan berat jenis antara berat jenis udara dengan berat jenis gas asap[4].

Menurut SNI 2847-2019, angkur merupakan suatu material baja yang dipasang pada beton untuk menyalurkan beban yang diberikan ke beton. Angkur dan kelompok angkur harus didesain terhadap pengaruh kritis beban-beban terfaktor seperti yang ditentukan dengan analisis elastis. Pendekatan analisis plastis diizinkan bila kekuatan nominal dikendalikan oleh daktilitas elemen baja, asalkan bahwa kompatibilitas deformasi diperhitungkan[5]. Salah satu jenis angkur yang banyak digunakan adalah angkur tanam pasca cor (post installed). Angkur ini dipasang setelah beton di cor dan mengeras (beton eksisting). Angkur jenis ini memiliki keunggulan keleluasaan dalam waktu pemasangannya. Untuk angkur pabrikasi, umumnya spesifikasi sudah ditentukan dari pabrik. Pada bonded anchor, kegagalan yang dialami umumnya dikarenakan gaya tarik maupun gaya geser.

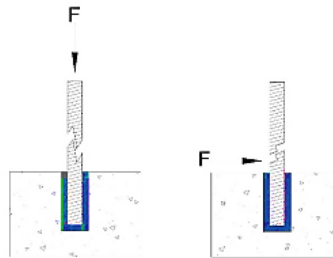
### **Tipe Keruntuhan pada Angkur**

Angkur merupakan elemen baja baik ditanam dalam beton pada saat sebelum dicor (cast in place) atau dipasang setelahnya (post-installed) ke dalam beton yang mengeras dan digunakan untuk menyalurkan beban (tarik dan geser) yang bekerja ke beton. Angkur merupakan suatu alat yang digunakan untuk menjangkarkan tendon kepada komponen struktur beton dalam sistem pasca tarik atau suatu alat yang digunakan untuk menjangkarkan tendon selama proses pengerasan beton dalam sistem pratarik[6]

#### **1. Kegagalan baja angkur (steel failure)**

Pada tipe kegagalan ini, angkur tidak mampu menahan tegangan ultimit yang diberikan sehingga menyebabkan angkur putus. Faktor yang mempengaruhi kegagalan ini antara lain kekuatan tarik maupun geser dari angkur tersebut dan luas penampang dari angkur yang digunakan. Angkur dapat mengalami keruntuhan ketika diberikan beban yang melebihi kapasitasnya, salah satunya adalah pola keruntuhan terhadap gaya tarik. Kegagalan atau retak pada baut umumnya terjadi karena keausan ulir pada baut, kelelahan struktural pada baut, serta kerusakan juga mungkin muncul jika mur dipaksa menopang beban melebihi daya tumpungnya Tekanan berulang

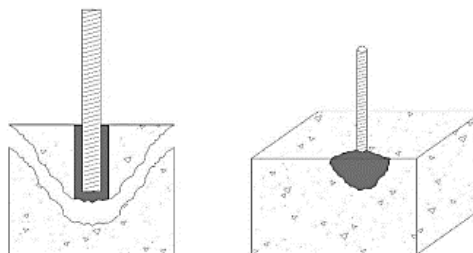
pada sambungan baut dapat menimbulkan retakan pada baut, yang akhirnya bisa mengakibatkan kegagalan baut [7] kerusakan akibat tarik didasarkan pada faktor dimensi angkur yaitu kedalaman efektif pemasangan angkur ( $h_{ef}$ ). Kedalaman efektif pemasangan angkur ( $h_{ef}$ ) dapat digunakan sebagai acuan atau tolak ukur untuk memprediksi adanya kegagalan angkur [6]



Gambar 1. Kegagalan Baja Angkur

## 2. Kegagalan kerucut beton (concrete-cone failure)

Kegagalan ini merupakan kegagalan yang paling umum terjadi pada angkur, yaitu terbentuknya kerucut beton disekitar angkur seperti terlihat di Gambar 2. Kegagalan ini dapat diakibatkan oleh sifat-sifat beton itu sendiri maupun kedalaman tertanam angkur ( $h_{ef}$ ). Kedalaman efektif angkur umumnya berkisar antara  $3d - 5d$  untuk bonded anchor agar kegagalan ini tidak terjadi (Alhaidary dan Al-Tamimi, 2021). Sudut yang terbentuk tidak seragam disetiap kegagalan, yaitu berkisar antara  $30-40^\circ$  dengan rata-rata sudut yang terbentuk adalah sekitar  $35^\circ$ . Seiring bertambahnya kedalaman tertanam ( $h_{ef}$ ), maka kegagalan yang terbentuk bukan hanya kegagalan concrete-cone tapi juga kegagalan campuran, yaitu antara kegagalan concrete-cone dan kegagalan lekatan (bond) serta sudut yang terbentuk akan semakin besar.



Gambar 2. Kegagalan kerucut beton

## Uji Tarik (Tensile Test)

Dalam berbagai macam perlakuan material yang ada, salah satu perlakuan material untuk mengetahui kemampuan maksimum tegangan dan regangan material adalah dengan uji tarik (*Tensile Test*). Pengujian tarik adalah metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik pada material yang diuji saat diberi beban tarik [8]. Arti dari uji tarik sendiri adalah mengacu pada hasil yang keluar dari pengujian suatu material dengan cara menariknya hingga pada titik di mana material tersebut mengalami tegangan dan regangan maksimum hingga patah atau putus [9]. Tujuannya adalah untuk mengetahui kemampuan ketahanan dalam tarikan pada suatu tingkatan daya tertentu. Sifat-sifat yang didapat dari pengujian material akan berbeda apabila jenis material yang diuji berbeda. Pada umumnya data-data pengujian tarik dapat digunakan dalam pemilihan material contohnya seperti untuk perancangan struktur dan optimasi dalam industri teknik. Pada umumnya data-data pengujian tarik dapat digunakan dalam pemilihan material contohnya seperti untuk perancangan struktur dan optimasi dalam industri teknik [8]. Adapun mesin uji Tarik yang digunakan seperti pada gambar 3. Berikut.



Gambar 3. Mesin Uji Tarik

Sifat material dapat berupa elastic, plastic elastic, plastic, hyperelastic, visco elastic, dan viscoplastic. Uji tarik yang dilakukan pada suatu spesimen silindris maupun lembaran yang sudah disesuaikan dengan standar tertentu (*ASTM, JIS, DIN, dan SNI*) baik logam maupun non-logam akan memberikan keterangan yang relatif lengkap mengenai perilaku material terhadap pembebanan mekanis, informasi tersebut berisi tentang Batas Proporsional (*proportionality limit*), Beban Elastis (*elastic limit*), Titik Luluh (*yield point*) dan kekuatan luluh (*yield strength*), Kekuatan Tarik Maksimum (*ultimate tensile strength*), Kekuatan Putus (*breaking strength*), Keuletan (*ductility*), Modulus Elastisitas atau Modulus Young (*E*), Modulus Kelentingan (*modulus of resilience*), Modulus Ketangguhan (*Modulus of toughness*), dan Kurva Tegangan-regangan[10][11]

1. Tegangan

Tegangan (*stress*) adalah perbandingan antara beban tarik dan luas penampang awal specimen [12].

Rumusnya adalah:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tegangan

F = Beban Tarik (kg)

$$A_0 = \text{Luas Penampang awal Spesimen (mm)} = \frac{1}{4} \times \pi D_0^2 \quad (2)$$

2. Regangan

Regangan (*strain*) adalah perbandingan antara pertambahan panjang L dengan panjang awal [13].

Rumusnya adalah:

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3)$$

Keterangan:

e = Regangan

$$\Delta L = L_t - L_0 \quad (4)$$

$L_0$  = Panjang Awal (mm)

3. Reduksi Penampang

Reduksi Penampang (*area reduction*) adalah pengurangan luas penampang setelah perpatahan.

Rumusnya adalah:

$$RA = \frac{A_0 - A_f}{A_0} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

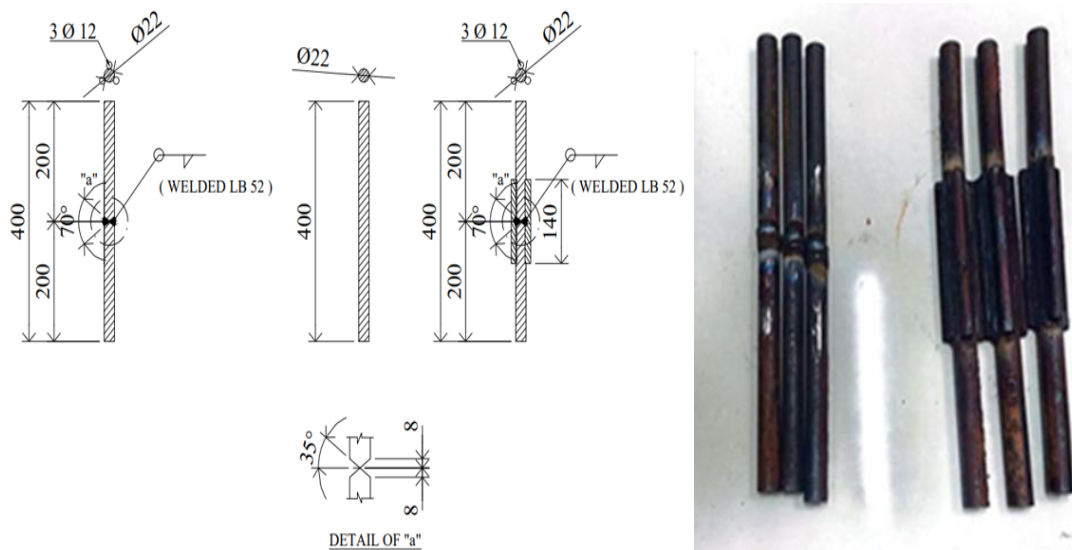
RA = Reduksi Penampang

$$A_0 = \text{Luas Penampang awal Spesimen (mm)} = \frac{1}{4} \times \pi D_0^2 \quad (6)$$

$A_f$  = Luas Penampang akhir (mm)

## METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan menggunakan metode penelitian kualitatif, yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengadakan pengujian terhadap *Anchor Bolt* yang diambil sampel dari perusahaan XYZ yang kemudian akan dilakukan pengujian terhadap bahan baut yang berbentuk utuh, baut yang disambung dengan metode las listrik dengan menggunakan kawat LB52 dan besar arus listrik sebesar 20A[14]. Pengelasan adalah proses manufaktur penting yang dapat menggabungkan logam serupa atau berbeda dengan ukuran dan bentuk yang berbeda[15]. Prosedur pengelasan yang sudah digunakan oleh pihak galangan dengan personel / operator las galangan dengan sertifikat BKI[16] dan kemudian baut yang akan dilas dan diberi penguat dan selanjutnya akan dilakukan pengujian berupa uji Tarik untuk mengetahui berapa besar kekuatan putus dan regangan yang terjadi pada baut. Pada penelitian ini bahan baut terbuat dari baja *BJTP280* dengan dimensi seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Dimensi dan Material Uji Tarik Anchor Bolt

Pengujian akan dilakukan dengan tiga jenis material benda uji dan masing-masing benda uji akan dilakukan pengujian sebanyak tiga kali untuk mendapatkan data yang memiliki akurasi yang cukup baik. Setelah dilakukan pengujian tampilan material yang sudah dilakukan pengujian dapat dilihat seperti pada gambar 5.



Gambar 5. Tampilan Spesimen Hasil Pengujian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

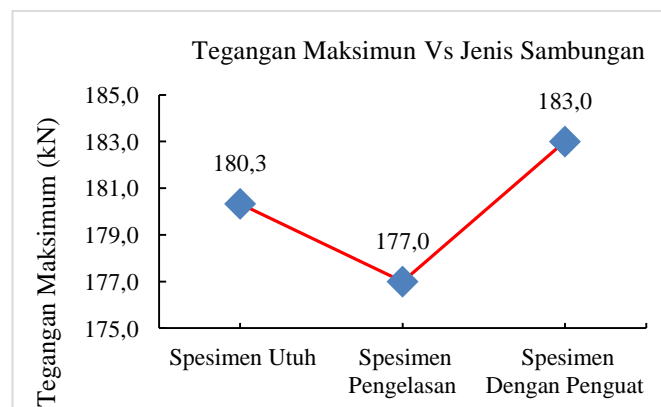
Specimen benda uji yang sudah dilakukan pengujian akan dilakukan beberapa analisa berkaitan dengan kemampuan atau ketangguhan sebelum digunakan sebagai alternative perbaikan pada baut pondasi (Anchor Bolt) cerobong asap yang berada pada perusahaan XYZ. Adapun data hasil pengujian dari ketiga jenis material uji yang sudah dilakukan pengujiantarik dapat dilihat seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Uji Tarik (*Tensile Test*) Anchor Bolt Baja BJTP 280

Sample ID	Jenis Sample	Dimensi (mm)		Massa (Gr)	Gaya	Tarik	Gaya	Tegangan	Panjang	Panjang	Regangan
		Diameter	Panjang Total		Maksimum (KN)	Maksimum (Mpa)	Luluh (KN)	Luluh (Mpa)	Awal (mm)	Akhir (mm)	(%)
Tanpa Dilas	Besi Baja	21,2	401	1136	180	510,19	121,12	343,3	200	254	27.0
Tanpa Dilas		21,3	401	1139	181	508,22	119,76	336,26	200	248	24.0
Tanpa Dilas		21,4	401	1132	180	500,7	118,35	329,21	200	253	26.5
Perlakuan Dilas		21,3	403	1150	174	488,56	122,29	343,37	200	218	9.0
Perlakuan Dilas		21,4	402	1144	175	486,79	119,22	331,63	200	217	8.5
Perlakuan Dilas		21,4	402	1149	182	506,26	120,88	336,26	200	230	15.0
Pakai Stiffener		21,5	402	1580	183	504,32	118,82	327,74	200	230	15.0
Pakai Stiffener		21,4	204	1579	183	506,26	119,62	332,74	200	230	15.0
Pakai Stiffener		21,5	402	1582	183	509,04	120,88	336,26	200	227	13.5

#### Tegangan Maksimum

Kekuatan tarik dari benda uji dilakukan penarikan sampai benda uji mengalami patah. Dari hasil pengujian Tarik dari ketiga jenis spesimen benda uji tegangan maksimum yang dihasilkan dapat kita lihat seperti pada gambar 6. Berikut ini.



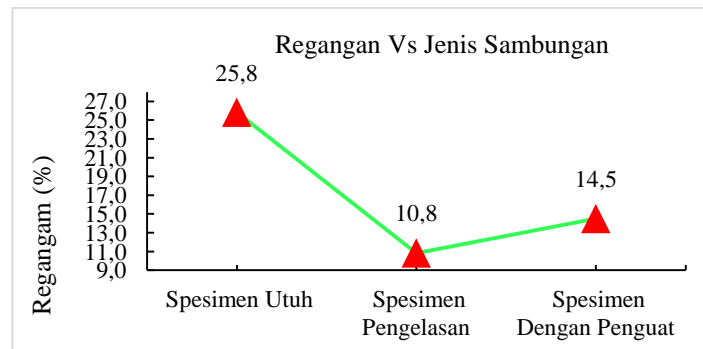
Gambar 6. Grafik Hasil Tegangan Maksimum

Dari gambar garfik 5. Dapat kita lihat bahwa tegangan maksimu terbesar terdapat pada *spesimen anchor bolt* yang diberi penguat dimana nilai tegangan maksimum sebesar 183,0 kN, sedangkan nilai tegangan maksimum terkecil diperoleh pada spesimen benda uji yang disambung menggunakan pengelasan biasa sebesar 177,0 kN, sedangkan pada material uji yang utuh memiliki nilai kekuatan

Tarik maksimum sebesar 180,3 kN. Pada material yang dilakukan pengelasan nilai tegangan maksimum memiliki nilai paling kecil dibandingkan dengan spesimen yang tidak dilakukan pengelasan hal ini bisa terjadi dikarenakan pada saat proses pengelasan terjadi pemanasan pada bagian logam yang dilakukan pengelesan sehingga akan membuat bahan menjadi rapuh.

### Regangan

Mengingat regangan berkaitan dengan pertambahan panjang suatu material akibat pemebebanan, hal ini pastinya akan memiliki dampak bagi *Anchor Bolt* untuk dapat menahan cerobong asap sehingga tidak mudah mengalami perubahan posisi. Adapaun hasil pengujian regangan dari spesimen benda uji untuk pengganti *Anchor Bolt* dapat dilihat seperti pada gambar garifik 7. berikut ini.



Gambar 7. Grafik Hasil Regangan pada tiap jenis sambungan Benda Uji

Dari gambar garfik 5. Dapat kita ketahui bahwa regangan maksimu terbesar terdapat pada *spesimen anchor bolt* yang yang tidak dilakukan perlakuan (utuh) dimana nilai regangan sebesar 25,8%, sedangkan nilai Regangan terkecil terjadi pada spesimen benda uji yang disambung menggunakan pengelasan biasa sebesar 10,8%, sedangkan pada material uji yang yang diberi penguat memiliki nilai regangan sebesar 14,5%. Pada material yang dilakukan pengelasan tanpa penguat memiliki regangan lebih kecil dibandingkan dengan spesimen yang tidak dilakukan pengelasan hal ini menunjukkan bahwa material yg dilakukan pengelasan akan memiliki kemampuan lebih rendah ketika menalami gaya geser karena bahan lebih rapuh.

### KESIMPULAN

Dari hasil pengujian Tarik pada ketiga jenis specimen material yang akan digunakan sebagai bahan untuk proses perbaikan pada *anchor bolt* pad cerpbong asap di PT. XYZ dapat diambil kesimpulan sebagaiberikut;

1. Specimen *anchor bolt* yang diberi penguat memiliki kekuatan Tarik maksimum tertinggi sebesar 183kN, menunjukkan material tersebut akan memiliki kekuatan paling besar untuk menerima beban yang memiliki arah sejajar dengan posisi sumbu pada specimen.
2. Specimen *anchor bolt* yang diberi penguat memiliki regangan maksimum 14,5% berarti memiliki regangan lebih kecil dibandingkan specimen uji yang utuh tetapi memiliki regangan sebesar 25,8%, Itetapi memiliki regangan ebih besar dibandingkan dengan specimen yang disambung dengan pengelasan biasa sebesar 10,8%, dengan demikian spesemen yang dilas dan diberi penguat masih memiliki kekuatan yang baik ketika menerima gasa dari samping(gaya geser).
3. Specimen *anchor bolt* yang diberi penguat dapat menjadi alternative perbaikan pada baut pengikat cerobong asap pada industry pengolahan kelapa sawit, sehingga memiliki waktu perbaikan yang lebih singkat dan tanpa harus melakukan pembongkaran pada pandasi.

### Saran

1. Untuk meningkatkan usia pakai pada *anchor bolt* dapat juga dilakukan dengan proses pelapisan pada but baik dengan metode elektropalitonng atau pelapisan dengan pelastik. dengan metode pelapisan diharapkan usia pakai *anchor bolt* dapat bertambah.
2. Menjalankan prosedur perawatan terencana baik secara priodik dan prediktif maintanane sehingga dapat meminimalkan terjadinya proses korosif pada *anchor bolt* dengan demikian usia dari *anchor bolt* akan lebih maksimal.
3. Hasil kajian dan analisa ini tidak bersifat mengikat karena dari aspek akademis sehingga sebatas masukan kepada PT. XYZ.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. E. Pertanian, “1\*, 2, 3 1\*,” vol. 7, pp. 1244–1257, 2023.
- [2] S. Gunawan, Supriadi, H. Susilo, and F. Sinurat, “Analisa Perbandingan Kinerja Boiler Tanpa dan Dengan Menggunakan Glasswool sebagai Isolator,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 6, no. 2, pp. 208–215, 2022, doi: 10.31289/jmemme.v6i2.7396.
- [3] R. Damayanti, P. Santoso, and H. Subhiyah, “ANALISIS PERHITUNGAN KETINGGIAN CEROBONG PADA AEET 10 MeV DENGAN KONDISI TANPA SISTEM VENTILASI,” *Prima*, vol. 16, pp. 11–16, 2019, [Online]. Available: <https://www.bing.com/ck/a?!&p=e93e22bd1aa7c86dJmltdHM9MTcyNTMyMTYwMCZpZ3VpZD0yYzc2YzYzMi1kMTY1LTZjNmEtMGJhZi1kMjQ3ZDAzMzZkZWQmaW5zaWQ9NTE4OQ&ptn=3&ver=2&hsh=3&fclid=2c76c632-d165-6c6a-0baf-d247d0336ded&psq=site%3Ajurnal.batan.go.id+ANALISIS+PERHITUNGAN+Kwidi%20widayat%20Briyartendra>, “Jurnal Inovasi Mesin,” vol. 4, no. 2, pp. 2–7, 2019.
- [5] Badan Standardisasi Nasional, “Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung,” *Sni 2847-2019*, no. 8, p. 720, 2019.
- [6] D. Tanjung, H. Malik Hasibuan, A. Hubbig, and N. Sabrina Rambe, “Analisis Kuat Lekat Angkur Pada Beton Berdasarkan Variasi Bentuk Angkur Dengan Menggunakan Metode Pemasangan Cast In Place Universitas Islam Sumatera Utara 3 Politeknik Negeri Medan,” vol. 2, no. 2, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.61132/konstruksi.v2i2.237>
- [7] H. Susanto *et al.*, “Analisa Kegagalan Baut Pengikat Pelat Trunnion Linner pada Unit Cement Mill 1 Di PT. X,” vol. 10, no. 1, 2024.
- [8] D. Jumadi *et al.*, “Pengujian tarik secara terputus pada baja karbon rendah aisi 1018 1,” vol. 11, no. 4, pp. 155–158, 2023.
- [9] Irvan Septyan Mulyana, “Analisa Uji Tarik Pada Spesimen S355J2+N DenganStandar AS 1391 Untuk Bahan Material ContainerFLAT TOP WAGON (PPCW),” *J. Tek. Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 149–150, 2023.
- [10] G. S. Budi, “Pengujian Kuat Tarik Dan Modulus Elastisitas Tulangan Baja (Kajian Terhadap Tulangan Baja Dengan Sudut Bengkok 45?, 90?, 135?),” *J. Tek. Sipil*, vol. 11, no. 1, 2011, doi: 10.26418/jtsft.v11i1.1070.
- [11] I. Basori, “Analisa Kekuatan Tarik Baja Konstruksi Bj 44 Pada Proses Pengelasan Smaw Dengan Variasi Arus Pengelasan,” *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 1, no. 2, pp. 72–76, 2017, doi: 10.21009/jkem.1.2.1.
- [12] E. Suryono *et al.*, “Analisa Uji Tarik Las Smaw Terhadap Sambungan Square Butt Joint Dengan Variasi Ketebalan Plat St 37,” *Teknika*, vol. 6, no. 3, pp. 117–124, 2020.
- [13] S. Gunawan, H. H. Lubis, and R. D. Wanty, “Pengaruh Annealing Baja ST 37 terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi* <http://jurnal.umsu.ac.id/index.php/RMME>, vol. 2, no. 2, pp. 131–139, 2019.
- [14] H. Saputra, M. Ivanto, and G. S. Lubis, “Pengaruh Hasil Pengelasan Model Smaw terhadap Kekuatan Tarik Baja ST 37 dan ASTM A36,” *J. Teknol. Rekayasa Tek. Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 55–64, 2023.
- [15] A. Isra, Nazarudin, and Weriono, “Pengaruh Arus Las Smaw Kampuh V Metode 1gplat Datar Alur Segitiga terhadap Kekuatan Las Pada Material AISI 1016,” *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 5, no. 1, pp. 01–07, 2022, [Online]. Available: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>
- [16] I. P. Mulyatno and S. Jokosisworo, “Analisis Kekuatan Sambungan Las Smaw ( Shielded Metal Arc Welding ) Pada Marine Plate St 42 Akibat Faktor Cacat Porositas Dan Incomplete Penetration,” *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 8, no. 3, pp. 102–113, 2012, doi: 10.14710/kpl.v5i2.3193.