

PENGARUH PEMBENGKOKAN TERHADAP KEKUATAN BAJA STRUKTUR TULANGAN BETON DI LINGKUNGAN AIR GAMBUT

Kana Sabatul Ikhwan¹, M. Dalil²

Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpangbaru, Pekanbaru 28293
ikhwan36@yandex.com¹, dhalilm@yahoo.com²

Abstract

Concrete reinforcement steel bar when it began ordering from manufacturers and further functionalized into the building structure experience bending process to ease the transportation activity or while loading and unloading is not willful bent. Environmental conditions also affect the physical and mechanical condition of the reinforcement steel bar. From the many environmental conditions of corrosion, the selected scope is the peat water as a characteristic geographical conditions in Riau Province. The research methodology is testing experimentally. Concrete reinforcement steel bar is bent on angle (α) 20°, 40°, 60°, 80°, 100°, 120°, 140°, 160°, and 180°. There are two groupings of each bending specimens, they are soaked in the peat water and not soaked in the peat water. Then the specimens is straightened for tensile testing. The average tensile strength and ductility of reinforcing steel bar increase varies depending on the bending angle when compared to normal reinforcement steel bar. The percentage of elongation decreased due to the bending depends of bending angle. Meanwhile, due to bending and soaked in the peat water, the tensile strength was increased but not exceeding the sample group were not soaked and the value of elongation decreased lower than the reinforcing steel bar that is not soaked.

Keywords: Bending, Steel bar, Peat Water, Strength

1. Pendahuluan

Baja struktur tulangan beton hasil produksi mengalami proses pembengkokan baik itu untuk keperluan tertentu maupun yang lain. Salah satu tujuan pembengkokan adalah memperkecil ukuran panjang untuk kemudahan transportasi dari produsen di Jakarta atau Medan untuk sampai ke Pekanbaru atau wilayah daerah Provinsi Riau melalui transportasi darat dengan ukuran kendaraan yang terbatas.

Dewasa ini sering dilihat terutama pada proyek-proyek pembangunan gedung, waduk, dan lain sebagainya, bahwa bahan-bahan penyusun beton bertulang khususnya baja tulangan banyak mengalami korosi akibat penyimpanan yang tidak baik (dibiarkan begitu saja di alam terbuka),

sehingga secara tidak langsung baja tulangan tersebut akan mudah terkena pengaruh kondisi lingkungan sekitar [22].

Pengaruh lingkungan korosi yang homogen terhadap suatu logam, maka dilakukan perendaman dengan larutan yang diinginkan. Hal ini telah dibuktikan oleh Muhsinin dan kurniawan (2012) dengan mencelupkan sampel pengujian (AISI 1045 dan SS 304) kedalam muara sungai selama 90 hari untuk mengetahui laju korosi pada lingkungan muara sungai[15]. Sedangkan penelitian ini selain diketahui laju korosi, juga akan diteliti kekuatan atau sifat-sifat mekanik baja struktur tulangan beton tersebut.

Bahan sampel yang akan diuji pada penelitian ini adalah BJTP 50 Krakatau Steel

Ø12 mm. Perlakuan mekanik yang diberikan adalah pembengkokan dan pelurusan kembali dan perlakuan kimiawinya adalah metode pengkorosian yang dipercepat (direndam). Untuk pengujian sifat mekanik yaitu melalui pengujian tarik. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui kekuatan tarik baja tulangan beton sebelum mengalami perlakuan tertentu dan sesudah mengalami perlakuan (pembengkokan dan pelurusan, direndam dan tidak direndam dalam air gambut). Diharapkan bisa memberitahukan ke masyarakat berapa persen perubahan kekuatan tarik baja tulangan beton yang telah terdeformasi di lingkungan air gambut.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Baja Struktur Tulangan Beton SNI

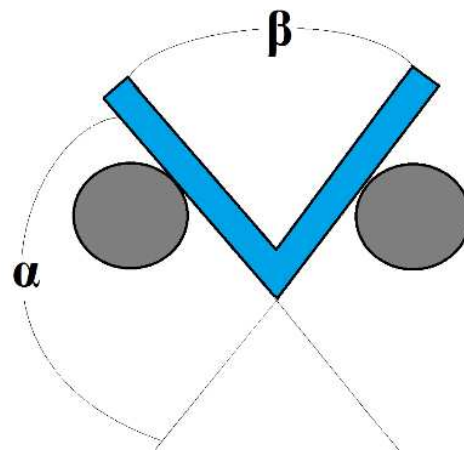
Baja tulangan untuk konstruksi beton adalah baja yang berbentuk batangan dan berpenampang bundar untuk bahan konstruksi bangunan. Proses pembuatannya ialah bermula dari bahan baku cetakan baja (*ingot/billet*) yang telah ditenangkan (*normalizing*). Proses pengerjaan selanjutnya yaitu dengan canai panas yang kemudian dilakukan proses pembentukan (*metal forming*) yaitu proses penarikan dan peregangan.

Berdasarkan SNI 03-2847-2002, jenis baja tulangan beton secara garis besar yang tersedia dipasaran ada 2 jenis, yaitu baja tulangan polos (BJTP) dan baja tulangan ulir atau sirip (BJTS). Baja tulangan beton polos adalah baja tulangan beton berpenampang bundar dengan permukaan rata tidak bersirip. Baja tulangan beton sirip adalah baja tulangan beton dengan bentuk khusus yang permukaannya memiliki sirip melintang dan rusuk memanjang yang dimaksudkan untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton.

2.2 Air Bending

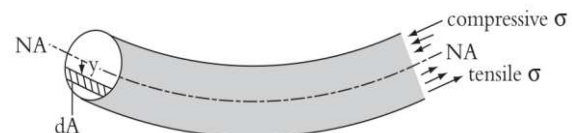
Air bending adalah proses pembengkokan dimana *punch* menekan

benda kerja dan tidak ada alas yang menahan benda kerja ketika gerakan *punch* diteruskan hingga maksimal. Parameter sudut pembengkokan ada dua yaitu sudut alfa (α) dan beta (β) seperti ditunjukkan pada Gambar 1:



Gambar 1. Parameter sudut pembengkokan[17]

Ketika proses pembengkokan pada benda kerja terjadi, maka terdapat dua daerah yang dipisah oleh garis netral (*Neutral Axis*, NA). Dua daerah tersebut selanjutnya terjadi tegangan tarik dan tegangan tekan seperti ditunjukkan pada Gambar 2:



Gambar 2. Skematik tegangan yang terjadi pada *positive bending*[4]

2.3 Air Gambut

Gambut didefinisikan sebagai material organik yang terbentuk dari dekomposisi tidak sempurna dari tumbuhan daerah basah dan dalam kondisi sangat lembab serta kekurangan oksigen. Air gambut merupakan air permukaan dari tanah bergambut dengan ciri mencolok karena warnanya merah kecoklatan, mengandung zat organik tinggi, bersifat asam, dan pH 2-5[21]. Pendapat lain mengatakan bahwa air gambut atau air rawa gambut adalah air permukaan dari daerah berawa atau dataran rendah, memiliki

intensitas warna yang tinggi, pH rendah (pH 3-5) dan berikatan kuat dengan logam[7].

2.4 Pengujian tarik

banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu material. Pada pengujian tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah besar secara *continue*. Bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. Tegangan akibat beban tarik diperoleh dengan membagi beban gaya dengan luas awal penampang lintang benda uji[22].

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

Keterangan:

σ : Tegangan Tarik (N/mm²)

F : Beban / Gaya (N)

A_0 : Luas Penampang Benda Uji (mm²)

Sedangkan perpanjangan yang dialami benda akibat penarikan, dikenal dengan istilah regangan yang diperoleh dari perbandingan perubahan panjang dibagi dengan panjang awal benda uji [22]

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (2)$$

Keterangan :

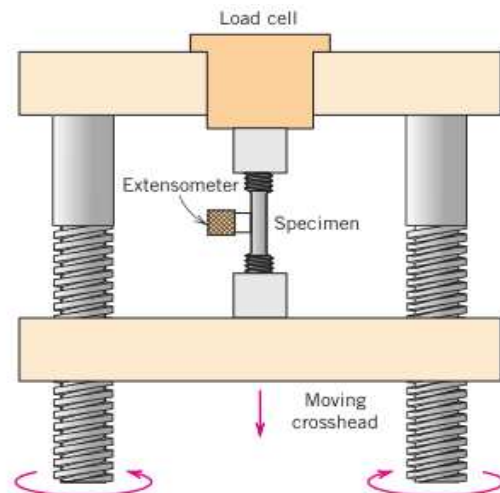
ε : Regangan (%)

ΔL : Pertambahan panjang (panjang akhir – panjang awal)

L : Panjang akhir benda uji (mm)

L_0 : Panjang awal benda uji (mm)

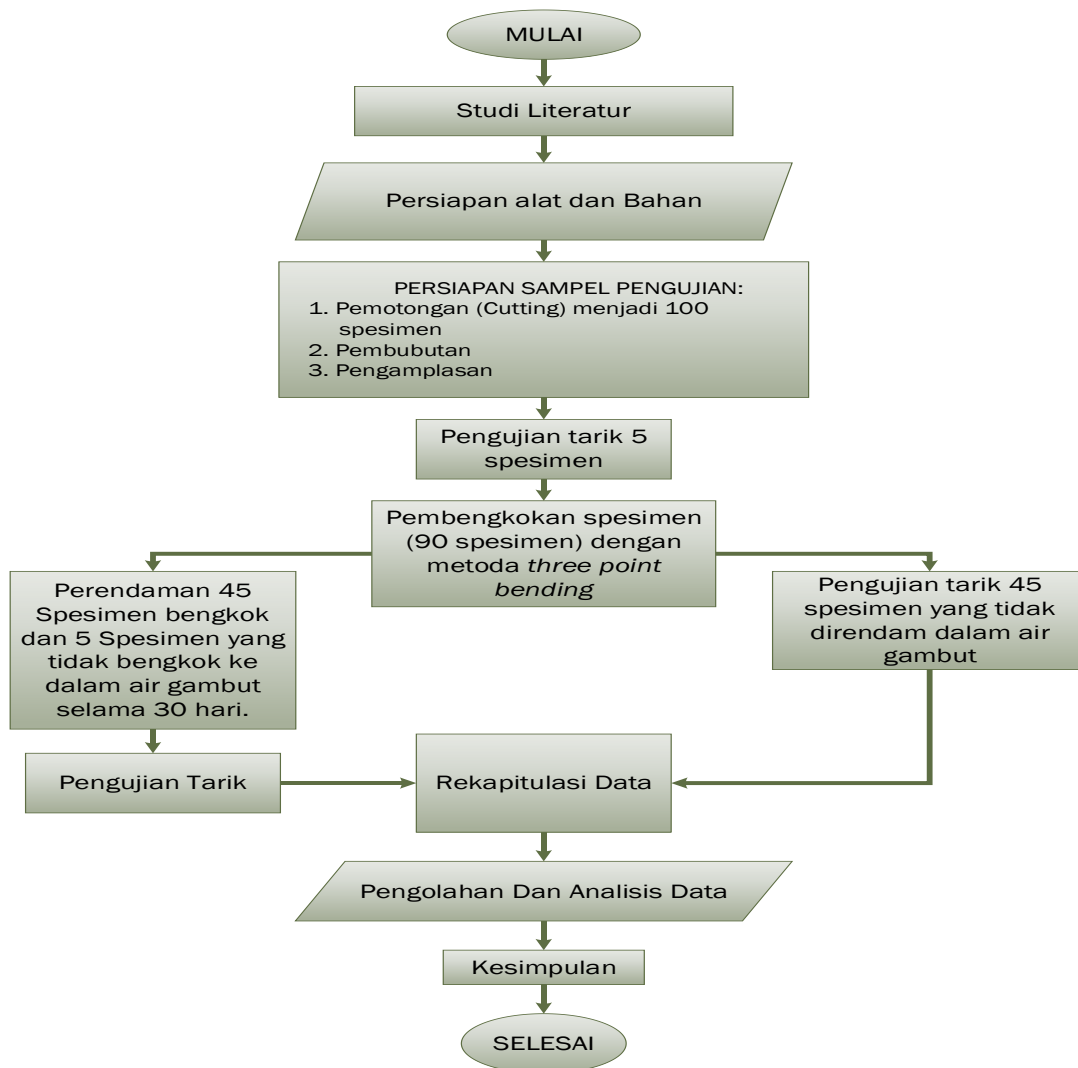
Dimensi benda uji (spesimen) telah di tentukan berdasarkan standar pengujian bahan yang dibuat oleh berbagai negara. Skematik mekanisme pengujian tarik ditunjukkan pada Gambar 3:



Gambar 3. Mekanisme pengujian tarik[5]

Data pertama kali yang dihasilkan dari mesin uji tarik adalah kurva tarik. Selanjutnya dari data-data tersebut dikonversikan menjadi kurva tegangan regangan teknik menggunakan persamaan 6.1 dan 6.2. Kurva tegangan regangan teknik (*Engineering Stress-Strain*) yang dihasilkan dari data pengujian tarik bisa untuk mengetahui 5 macam sifat-sifat mekanik, antara lain kekuatan tarik, *elongation*, modulus elastisitas, ketangguhan, dan *modulus of resilience*.

3. Metode



Gambar 4. Alur proses penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Pada penelitian yang akan dilakukan, terdapat dua kelompok peralatan yang akan digunakan yaitu mesin perkakas produksi dan peralatan penunjang pengujian.

a. Mesin Perkakas Produksi

1. Mesin Gerinda Potong

Mesin Gerinda potong berfungsi untuk memotong baja tulangan beton yang telah dipesan di toko hingga menjadi potongan-potongan spesimen pengujian. Panjang

nominal spesimen pengujian adalah ± 200 mm.

2. Mesin Bubut Konvensional

Mesin Bubut berfungsi untuk membentuk potongan baja struktur tulangan beton menjadi spesimen uji sesuai standar ASTM E8M. Disamping itu mesin bubut juga digunakan untuk keperluan lain dalam menunjang pembuatan peralatan penelitian.

3. Mesin Freis Konvensional

Mesin freis berfungsi untuk membuat celah dudukan *punch roller* pada batang

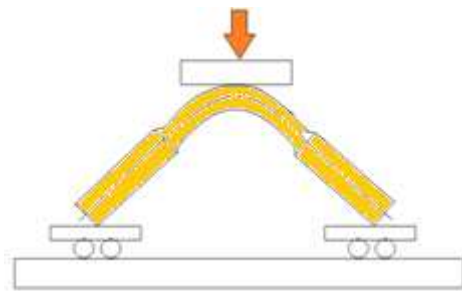
penekan, meratakan permukaan pada batang penekan, dan alur penyatel pada pengukur sudut.

4. Mesin *Drill* duduk

Mesin *drill* berfungsi untuk membuat dudukan lubang poros *punch roller* pada batang penekan, lubang penyatel *bevel protractor* pada pengukur sudut, lubang poros *punch roller* untuk dudukan alat ukur sudut dan pembuatan pin penahan pada spesimen uji tarik.

5. Alat pelurus spesimen

Berfungsi untuk meluruskan spesimen dengan cara membalikkan arah vektor gaya saat pembengkokan. Skematik pelurusan spesimen ditunjukkan pada Gambar 5:



Gambar 5. Skematik pelurusan spesimen

7. Isolasi

Berfungsi mengisolasi bagian spesimen yang tidak diinginkan bersentuhan dalam air gambut.

b. Peralatan Pengujian

1. *Universal testing machine*

Penggunaan *Universal Testing Machine* mendominasi pada proses penelitian ini. Fungsi *Universal testing machine* adalah untuk membengkokkan spesimen dengan sudut tertentu dan melakukan pengujian tarik untuk mengetahui sifat-sifat mekanik.

2. Timbangan Digital

Alat ini berfungsi sebagai pengukur berat spesimen sebelum dan setelah

dikorosikan ke dalam air gambut selama satu bulan.

5. Busur baja (*Bevel protractor*)

Alat ini berfungsi untuk mengukur sudut pembengkokan ketika spesimen tersebut ditekuk. Sembilan buah variasi sudut pembengkokan yang diinginkan mulai dari sudut (α) 20° , 40° , 60° , 80° , 100° , 120° , 140° , 160° , dan 180° di ukur dengan alat ini.

6. Kertas lakmus

Digunakan untuk mengukur pH air gambut yang akan digunakan untuk merendam spesimen. Nilai pH yang diinginkan harus memenuhi karakteristik air gambut.

c. Bahan

Bahan atau material sampel yang digunakan adalah baja struktur tulangan beton $\text{Ø}12$ mm BJTp 50 hasil produksi dari PT. Krakatau Steel yang dikenal cukup memiliki kredibilitas dalam mengeluarkan produk dengan spesifikasi yang terjaga kekonsistensinya. Baja struktur ini banyak dijual di Pekanbaru dan digunakan pada berbagai konstruksi bangunan.

Pada penelitian ini tidak semua peralatan yang digunakan sudah ada atau dibeli. Terdapat beberapa peralatan yang dibuat sendiri dengan merakit bahan-bahan mentah.

2.2 Pengelompokan sampel pengujian

Berikut pembagian pengelompokan sampel pengujian:

1. Baja struktur tulangan beton yang belum dibengkokkan berada dalam air gambut.
2. Baja struktur tulangan beton yang belum dibengkokkan tidak berada dalam air gambut.

3. Baja struktur tulangan beton yang telah dibengkokkan berada dalam air gambut.
4. Baja struktur tulangan beton yang telah dibengkokkan tidak berada dalam air gambut.

Pembengkokan dilakukan dengan sudut bervariasi, yaitu mulai dari sudut (α) 20°, 40°, 60°, 80°, 100°, 120°, 140°, 160°, 180° kemudian diluruskan kembali dan dilakukan pengujian tarik untuk memperoleh sifat mekanik. Jumlah spesimen uji untuk masing-masing sudut bengkok dan yang tidak dibengkokkan adalah 5 spesimen uji, sehingga untuk satu kondisi pengujian adalah 45 spesimen uji. Kemudian 45 spesimen uji yang telah dibengkokkan dan 5 spesimen uji yang tidak dibengkokkan direndam dalam air gambut selama lebih kurang satu bulan. Sehingga jumlah spesimen yang dibengkokkan berjumlah 90 spesimen, dan yang tidak dibengkokkan sebanyak 10 spesimen. Total Spesimen yang akan diuji tarik adalah 100 spesimen.

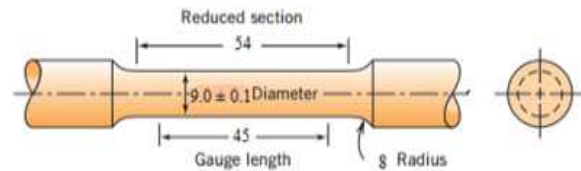
Perendaman spesimen selama satu bulan (30 hari) dalam air gambut telah dapat mewakili baja tersebut untuk terpengaruh sepenuhnya oleh kondisi lingkungan yaitu air gambut. Sedangkan pengujian 5 spesimen uji untuk satu sudut bengkok adalah dalam rangka memenuhi distribusi normal data yang diperoleh sebagai hasil pengujian.

2.3 Prosedur pengujian

Metode pengambilan data yang digunakan adalah teknik pengukuran tidak langsung dimana dibantu oleh seperangkat alat pengujian. Berikut akan dijelaskan tahap-tahap prosedur penelitian yang akan dikerjakan:

1. Baja struktur tulangan beton bangunan yang telah dibeli di toko ber-diameter Ø12 mm, selanjutnya dipotong dan dilakukan proses pemesinan (dibubut)

untuk mendapatkan ukuran spesimen uji sesuai standar yaitu ASTM E8M. Pada Gambar 6 berikut ditunjukkan parameter-parameter ukuran spesimen uji tarik ASTM E8M:



Gambar 6. Parameter ukuran Spesimen uji [1]

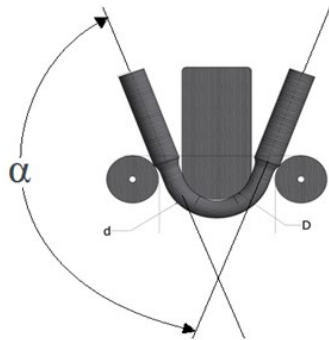
Spesimen uji yang berukuran diameter Ø12 mm, dibubut sampai diperoleh ukuran seperti tertera pada Gambar 3. Setelah dilakukan pembubutan selanjutnya permukaan spesimen uji tersebut diamplas sampai tidak terlihat lagi goresan akibat pahat bubut atau mencapai permukaan *polish*. Dari bentuk spesimen uji tersebut, maka data yang perlu diambil adalah diameter dan *gauge length* untuk pengolahan data uji tarik. Hasil akhir proses pembubutan seperti terlihat pada Gambar 7:



Gambar 7. Hasil akhir proses pembubutan 100 spesimen

2. Selanjutnya sebanyak 90 spesimen uji yang telah dibubut tersebut dilakukan pembengkokkan dengan metode *three point bending*, dimulai dari sudut alfa (α) 20°, 40°, 60°, 80°, 100°, 120°, 140°, 160°, dan 180°. Sudut-sudut tersebut adalah sudut yang terukur pada spesimen yang dibengkokkan. Jari-jari pembengkokkan adalah 16,5 mm berdasarkan acuan pada panjang *reduced section* (daerah pengaruh pembengkokkan). Cara mengukur sudut pembengkokkan pada penelitian ini adalah sudut yang terbentuk di

antara ujung spesimen terhadap garis sumbu awal (garis normal) spesimen, seperti ditunjukkan pada Gambar 8:



Gambar 8. Parameter sudut pembengkokan

Ketika *punch* menekan spesimen, maka alat ukur sudut dipasang di sisi samping spesimen untuk melihat besar sudut pembengkokan yang terjadi. Proses pembengkokan spesimen ditunjukkan pada Gambar 9:



Gambar 9. Proses pembengkokan dengan metode *three point bending*.

3. Selanjutnya yaitu persiapan perendaman spesimen. Permukaan kontak spesimen dengan air gambut adalah permukaan yang dibatasi oleh *reduction section* (seperti terlihat pada Gambar 10). Hal ini bertujuan untuk melihat pengaruh korosi hanya pada bagian yang mengalami pengaruh pembengkokan. Oleh sebab itu bagian yang tidak diinginkan bersentuhan dengan air gambut selanjutnya diisolasi seperti ditunjukkan Gambar 10:



Gambar 10. Pengisolasian spesimen

Selanjutnya sebanyak 45 spesimen uji yang telah dibengkokkan tersebut dan 5 spesimen yang tidak dibengkokkan, direndam di dalam air gambut selama empat minggu (satu bulan) seperti ditunjukkan Gambar 11:



Gambar 11. Proses perendaman

4. Spesimen yang telah dibengkokkan dan direndam dalam air gambut selanjutnya dibersihkan. Sebelum spesimen diluruskan, terlebih dahulu dilakukan penimbangan berat. Setelah proses penimbangan berat dilakukan, maka spesimen diluruskan dan dilakukan pengujian tarik.

2. Sebanyak 45 spesimen yang telah dibengkokkan dengan variasi sudut masing-masing, selanjutnya dilakukan pelurusan kembali dengan cara mekanisme arah gaya bertolak belakang dengan arah gaya saat pembengkokan.



(a) (b)

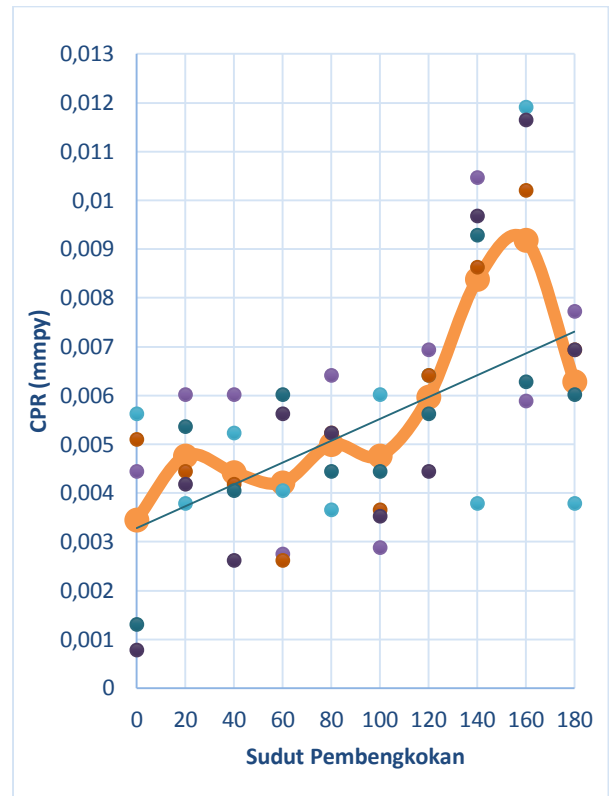
Gambar 12. (a) Hasil proses pelurusan, (b) Pengujian tarik

5 Setelah semua proses laboratorium dijalankan, maka semua data-data yang diperoleh dilakukan rekapitulasi untuk selanjutnya diolah. Data yang diperlukan dari setiap spesimen diambil dan di tarik nilai rata-rata untuk selanjutnya dibandingkan sehingga diperoleh kesimpulan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Perhitungan laju korosi

Sebanyak 50 spesimen uji tarik dilakukan perendaman selama 30 hari atau 720 jam di dalam air gambut. Nilai pH yang digunakan berkisar 3,5 – 4. Langkah selanjutnya setelah perendaman ialah spesimen dibersihkan dan diasah dengan amplas halus. Setelah proses pembersihan selesai, maka semua spesimen ditimbang. Hasil perhitungan laju korosi ditunjukkan pada Gambar 13 berikut:

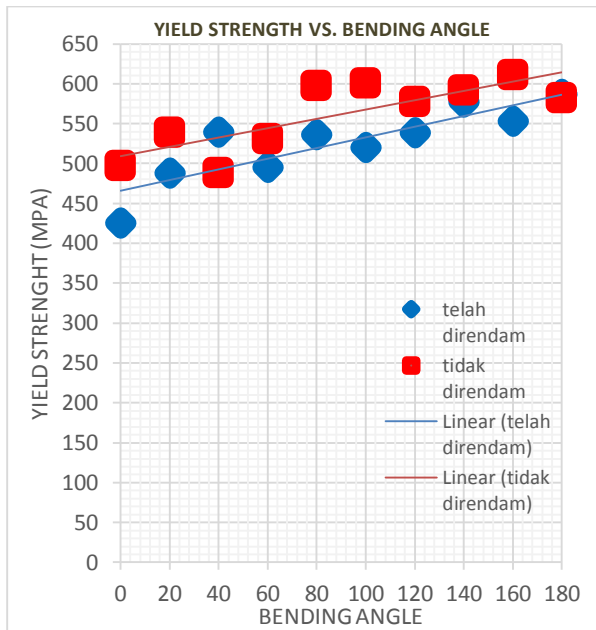


Gambar 13. Laju korosi baja tulangan yang telah direndam

Dari hasil pengujian maka bisa dilihat bahwa pada sudut-sudut pembengkokan tertentu laju korosi bervariasi terutama laju korosi tertinggi berada pada sudut pembengkokan 160° dengan nilai rata-rata mencapai 0,00919 mmpy. Akan tetapi jika dilihat secara keseluruhan bahwa terjadi *trend* peningkatan laju korosi seiring bertambah besarnya sudut pembengkokan.

3.2 Perbandingan kekuatan luluh

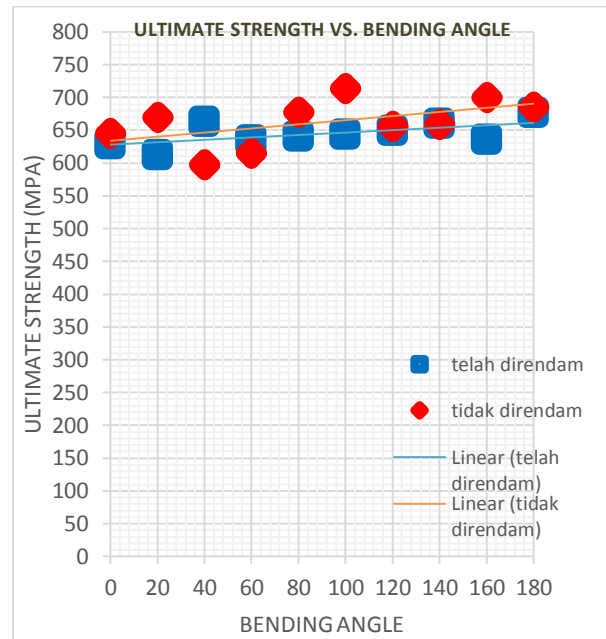
Nilai rata-rata kekuatan luluh dari setiap perlakuan disandingkan dengan sudut pembengkokan dan diperoleh seperti ditunjukkan pada Gambar 14 berikut:



Gambar 14. Perbandingan kekuatan luluh
 Pada Gambar 11 ditunjukkan perbandingan antara kekuatan luluh baja tulangan yang tidak direndam dengan yang sudah direndam dalam air gambut. Kekutan luluh baja tulangan yang telah direndam mengalami penurunan dibandingkan dengan kekuatan luluh baja tulangan yang tidak direndam kecuali pada sudut pembengkokan 40°. Penurunan terendah terletak pada sudut pembengkokan 0° (normal). Kenaikan kekuatan luluh tertinggi baja tulangan yang sudah direndam terletak pada sudut pembengkokan 180°. Presentase kenaikan pada sudut pembengkokan 180° sebesar 18,01% dengan nilai kekuatan tariknya sebesar 587,1286 MPa.

3.3 Perbandingan kekuatan tarik maksimum

Nilai rata-rata kekuatan tarik maksimum dari setiap perlakuan disandingkan dengan sudut pembengkokan dan diperoleh seperti ditunjukkan pada Gambar 15:

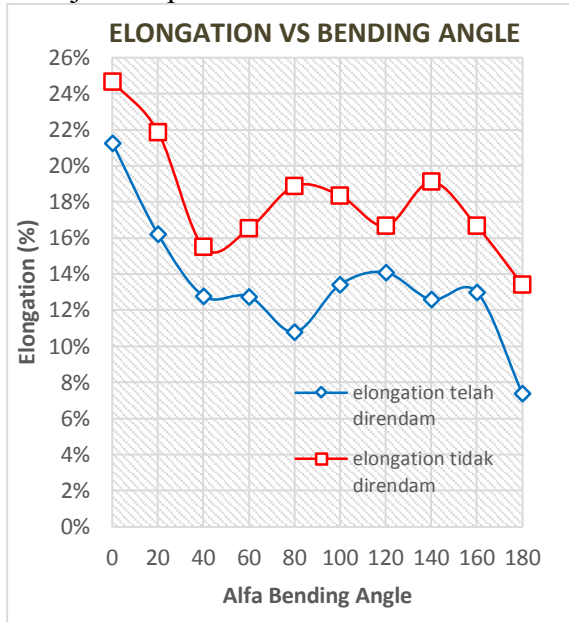


Gambar 15. Perbandingan kekuatan tarik maksimum

Pada Gambar 15 ditunjukkan hubungan antara kekuatan tarik maksimum terhadap sudut pembengkokan dari dua data baja tulangan yang direndam (garis biru) dengan baja tulangan yang tidak direndam (garis merah). Nilai kekuatan tarik maksimum baja tulangan yang sudah direndam ada yang menjadi puncak dan ada yang menjadi lembah tergantung sudut pembengkokan. Terlihat pada grafik baja tulangan yang tidak direndam bahwa ketiga puncak grafik pada sudut pembengkokan 20°, 100°, dan 160° mengalami penurunan sehingga garis biru cenderung horizontal. Sedangkan pada sudut pembengkokan 40°, nilai kekuatan tarik maksimum mengalami kenaikan dan membentuk puncak tersendiri. Penurunan kekuatan tarik maksimum terendah terletak pada sudut pembengkokan 20° dengan presentase sebesar 5,19%. Sedangkan kenaikan kekuatan tarik maksimum tertinggi terletak pada sudut pembengkokan 180° dengan presentase sebesar 4,76%. Nilai kekuatan tarik pada sudut pembengkokan 20° sebesar 612,5821 MPa dan nilai kekuatan tarik maksimum pada sudut pembengkokan 180° sebesar 676,866 MPa.

3.4 Perbandingan nilai *Elongation*

Nilai *elongation* yang dibutuhkan adalah nilai rata-rata dari kelima spesimen. Perbandingan nilai *elongation* dilihat dari data rata-rata *elongation* antara baja tulangan yang tidak direndam dengan yang sudah direndam dalam air gambut seperti ditunjukkan pada Gambar 16:



Gambar 16. Perbandingan nilai *elongation*

Pada Gambar 16 ditunjukkan hubungan antara presentase pertambahan panjang dengan variasi sudut pembengkokan. Nilai presentase pertambahan panjang baja tulangan yang sudah direndam dalam air gambut bervariasi tergantung besarnya sudut pembengkokan. Dimulai dari sudut pembengkokan 0° (normal) hingga sudut pembengkokan 180° nilai *elongation* baja tulangan yang sudah direndam berada di bawah kelompok baja tulangan yang tidak direndam. Penurunan yang cukup curam terjadi hingga sudut pembengkokan 40° dan kemudian dilanjutkan pada sudut pembengkokan 80° . Selisih tren penurunan antara sudut pembengkokan 100° sampai sudut pembengkokan 160° tidak begitu jauh sebagaimana terlihat bentuk bukit-lembah pada grafik. Selanjutnya penurunan kembali terjadi pada sudut pembengkokan 180° .

4. Simpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Kekuatan luluh baja tulangan beton yang tidak dibengkokkan dan direndam dalam air gambut mengalami penurunan sebesar 14,47%.
2. Semakin besar sudut pembengkokan maka semakin meningkatkan laju korosi baja tulangan di lingkungan air gambut, dibuktikan pada sudut pembengkokan 160° menghasilkan laju korosi 0,01126 mmpy.
3. Baja struktur tulangan beton setelah mengalami pembengkokan dan pelurusan kembali mengalami perubahan beberapa sifat mekanik antara lain meningkatnya kekuatan tarik dan menurunnya nilai *elongation*.
4. Peningkatan kekuatan tarik tertinggi baja tulangan yang sudah mengalami pembengkokan terletak pada kekuatan luluh yaitu pada sudut (α) 160° meningkat sebesar 22,84% dengan nilai rata-rata 611,1171 MPa.
5. Kenaikan kekuatan tarik tertinggi untuk baja tulangan yang telah direndam dalam air gambut terletak pada kekuatan luluh yaitu pada sudut pembengkokan (α) 180° sebesar 18,01% dengan nilai rata-rata 587,1286 MPa.
6. Nilai *elongation* mengalami penurunan akibat pembengkokan. Penurunan *elongation* tertinggi untuk masing-masing perlakuan terletak pada sudut pembengkokan (α) 180° . Baja tulangan yang tidak direndam menurun sejauh 45,59% dan baja tulangan yang telah direndam menurun sejauh 70,05%.

Daftar pustaka

- [1] Annual Books of ASTM Standards. Metals Test Methods and Analytical Procedures. USA. Section Three, Volume 03.01. 2004.
- [2] Aswin, Muhammad. 2008. Pengaruh Pembengkokan Tulangan Baja Serta Penambahan Serat Bendrat Terhadap

- Kapasitas Penampang Dan Daktilitas Balok Beton Bertulang. USU Institutional Repository.
- [3] Balitbang Riau. 2001. Laporan Akhir Pengembangan Purigatro Provinsi Riau.
- [4] Clifford, Michael, Richard Brooks, Alan Howe, Andrew Kennedy, Stewart McWilliam.. An Introduction to Mechanical Engineering: Part 1. London: Hodder Education, An Hachette UK Company. 2009
- [5] Callister, William D., "Materials Science and Engineering An Introduction". New York: John Wiley & Sons, Inc. 2009
- [6] Dalil, M., Warman Fatra 2010, "Pengaruh Air Gambut Terhadap Kekuatan Lelah Baja Struktur", Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian Universitas Riau
- [7] Elfiana, Zulfikar 2013, "Penurunan Konsentrasi Organik Air Gambut Secara AOP (Advanced Oxidation Processes) Dengan Fotokimia Sinar UV dan UV-Peroksidasi", Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumase
- [8] Lorenzon, Dieter, G.E. 1987. Metalurgi Mekanik, Edisi Ketiga. Jakarta: Erlangga.
- [9] Fitria, Dewi, Suprihanto Notodarmojo. 2007. Penurunan Warna dan Kandungan Zat Organik Air Gambut dengan Cara Two Stage Coagulation. Program Studi Teknik Lingkungan ITB,.
- [10] Fontana, M. G. Corrosion Engineering, 3rd Edition. New York: McGraw-Hill Book Co, 1987
- [11] Hadi, Syamsul. 2007. Pengaruh Sudut Bengkok dan Diameter Spesimen Terhadap Kekuatan Tarik Baja Konstruksi Beton. Department of Mechanical Engineering Merdeka University Malang.
- [12] Suchy, Ivana. Handbook of Die Design. New York: McGraw-Hill Book Co, 2006
- [13] Kurc, A, M. Kciuk, dan M. Basiaga. 2010. Influence of Cold Rolling on the Corrosion Resistance of Austenitic Steel. International OCSCO World Press.
- [14] Kusnaedi. 2002. Mengolah Air Gambut dan Air Kotor Untuk Air Minum. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.
- [15] Muhsinin, Muhammad Nanang, Budi Agung Kurniawan. 2012. Pengaruh Polutan Terhadap Karakteristik dan Laju Korosi pada Baja AISI 1045 dan Stainless Steel 304 di Lingkungan Muara Sungai. JURNAL TEKNIK POMITS Vol. 1, No.1
- [16] PPLH UNRI. 2002. UKL dan UPL Pemantauan Daerah Aliran Sungai Siak, Universitas Riau, Pekanbaru.
- [17] Reche, D, J. Besson, T. Sturel, X. Lemoine, A.F. Gourgues. 2012. Analysis of the air-bending test using finite-element simulation: Application to steel sheets. International Journal of Mechanical Sciences 57: 43–53.
- [18] Riwandi. 2003. Indikator Stabilitas Gambut Berdasarkan Analisis Kehilangan Karbon Organik, Sifat Fisiko Kimia dan Komposisi Bahan Gambut. Jurnal Penelitian UNIB: Vol. IX, No. 1, Halaman 25-36.
- [19] Soboyejo, Wole, "Mechanical Properties of Engineered Materials". New York: Marcel Dekker, 2002.
- [20] SNI 03-2847-2002, SNI 07-2052-2002, Baja Tulangan Beton

- [21] Wianto, Totok, Ninis Hadi Haryanti, "Analisis Pengaruh Air Gambut dan Aquades Terhadap Kuat Tekan Pada Material Semen". Banjar Baru, J. Sains MIPA, 2007.
- [22] Shigley, J.E., Mischke, C.R., 2006, "Mechanical Engineering Design," Sixth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York