



EFEK KOROSI BAJA TULANGAN TERHADAP KINERJA STRUKTUR TIPIKAL PERTOKOAN DI BANDA ACEH

Muhammad Habibie

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

md_habibie@mhs.unsyiah.ac.id

Muttaqin Hasan

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

muttaqin@unsyiah.ac.id

Syarizal Fonna

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, Indonesia

syarizal.fonna@unsyiah.ac.id

Abstrak

Korosi umumnya merugikan materi dan mengakibatkan korban jiwa apabila terjadi pada bangunan yang dijadikan sebagai pusat kegiatan manusia. Bangunan pertokoan Gampong Merduati merupakan salah satu bangunan terdampak korosi akibat air tsunami yang terjadi pada 2004 silam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh korosi baja tulangan terhadap kinerja struktur bangunan dengan melakukan assessment lapangan. Mutu beton diuji menggunakan hammer test dan tingkat korosi digunakan potential mapping. Struktur bangunan dibuat dua model yaitu model kondisi awal dan kondisi eksisting kemudian dihitung strukturnya dengan software SAP2000. Metode pembebanan digunakan metode push over kemudian dilakukan analisis apakah perlu dilakukan perkuatan struktur terhadap elemen beton bertulang. Hasil penelitian menunjukkan keseluruhan retak yang terjadi mempengaruhi kapasitas struktur bangunan tetapi beban yang bekerja masih dalam batas izin kapasitas struktur yang tersedia, korosi kolom K1 (30x30 cm) lantai I dan pada balok BL1 (30/50 cm) lantai II berada pada level korosi tinggi, hasil analisis pushover menunjukkan kapasitas dan kekakuan struktur kondisi awal lebih besar daripada kondisi eksisting, level kinerja struktur berada pada level Immediate Occupancy, secara struktur kolom lantai I tidak memerlukan perkuatan dimana kolom masih mempunyai kekuatan tersedia lebih besar daripada kekuatan perlu tetapi secara korosi perlu diberikan epoxy resin agar korosi yang terjadi tidak semakin parah.

Kata Kunci : Korosi baja tulangan, Assessment lapangan, Analisis Pushover, dan Metode Perkuatan Struktur.

Abstract

Corrosion is generally detrimental to materials and results in casualties when it occurs in buildings that are used as centers of human activity. The Gampong Merduati shopping building is one of the buildings affected by corrosion due to the tsunami water that occurred in 2004. This study aims to determine the effect of reinforcing steel corrosion on the performance of building structures by conducting field assessments. The quality of the concrete is tested using a hammer test and the level of corrosion is used by potential mapping. Two models of the building structure were made, namely the initial condition model and the existing condition model, then the structure was calculated using the SAP2000 software. The loading method uses the push over method and then analyzes whether it is necessary to strengthen the structure of the reinforced concrete elements. The results showed that all the cracks that occurred affected the capacity of the building structure but the working load was still within the allowable limits of the available structural capacity, corrosion of the K1 column (30x30 cm) on the first floor and on the BL1 beam (30/50 cm) on the second floor were at high corrosion levels, the results of the pushover analysis show that the capacity and stiffness of the initial condition structure are greater than the existing conditions, the performance level of the structure is at the Immediate Occupancy level, structurally the first floor columns do not require

reinforcement where the column still has available strength greater than the required strength but it needs to be corroded epoxy resin so that corrosion does not get worse.

Keywords: Corrosion of reinforcing steel, Field Assessment, Pushover Analysis, and Structural Reinforcement Methods.

PENDAHULUAN

Korosi umumnya dapat merugikan dan membahayakan materi bahkan dapat mengakibatkan korban jiwa, khususnya apabila korosi terjadi pada struktur bangunan yang dijadikan sebagai pusat aktivitas kegiatan manusia. Korosi atau pengkaratan merupakan suatu proses yang menyebabkan material logam terdegradasi yang diakibatkan oleh reaksi elektro kimia dengan senyawa lain yang ikut bereaksi di lingkungan material tersebut berada. Korosi yang terjadi pada beton bertulang dapat mengurangi umur layan bangunan dan dapat mengurangi kapasitas dari struktur beton bertulang. Adapun hubungan antara korosi terhadap berkurangnya kapasitas struktur beton bertulang diakibatkan oleh korosi pada baja tulangan mengurangi diameter tulangan sehingga luas tulangan menjadi lebih kecil dari luas tulangan awal. Struktur beton bertulang dapat mengalami korosi terutama untuk struktur yang tidak terlindung, dekat dengan garis pantai ataupun pernah terendam air laut pada saat terjadinya tsunami.

Adapun tujuan daripada penelitian ini adalah untuk mengetahui level keparahan korosi baja tulangan yang terjadi pada bangunan tipikal pertokoan Gampong Merduati dengan menggunakan metode potensial *mapping*, mengetahui perbandingan kurva kapasitas dari analisis *pushover* pada bangunan tipikal pertokoan Gampong Merduati pada kondisi awal dengan kondisi eksisting, mengetahui perbandingan *performance point* dan level kinerja bangunan tipikal pertokoan Gampong Merduati dengan metode ATC-40, mengetahui kekuatan tersedia dari kolom yang terkorosi sehingga diperlukan perkuatan atau tidak, dan memberikan rekomendasi metode perbaikan struktur yang tepat dan efisien pada bangunan tipikal pertokoan Gampong Merduati apabila diperlukan perkuatan struktur.

KAJIAN PUSTAKA

A. Baja Tulangan di dalam Beton

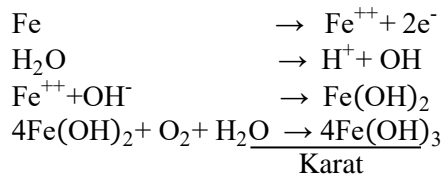
Dalam asumsi perencanaan dan analisis struktur beton bertulang bahwa lekatan (bond) batang baja tulangan dengan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi pergelinciran atau pergeseran (slip). Umumnya baja tulangan di dalam beton berada dalam lingkungan basa kuat dengan nilai $\text{pH} \pm 12,5$. Keadaan ini terjadi karena beton mengandung 20-30% Kalsium Dihidrosida ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Lingkungan basa kuat ini memberikan perlindungan terhadap baja tulangan di dalam beton dari serangan korosi karena baja tulangan di dalam lingkungan basa kuat menjadi pasif.¹

¹ F. Fahirah, "Korosi Pada Beton Bertulang Dan Pencegahannya," *SMARTek* 5, no. 3 (2012).

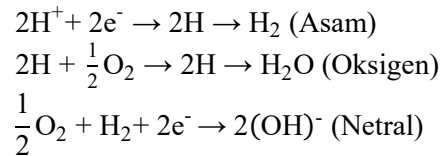
B. Korosi Baja Tulangan

Pada proses korosi baja tulangan menghasilkan suatu senyawa baru yaitu karat ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Perubahan baja menjadi karat akan menyebabkan penambahan volume kurang lebih 600% dan akan menyebabkan ekspansi beton dan keretakan.² Secara umum reaksi tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut:

Reaksi Anodik :



Reaksi Katodik :



C. Pencegahan Korosi pada Beton Bertulang

Salah satu pencegahan korosi adalah mengusahakan beton yang kompak dan rapat serta homogen. Dengan parameter slump test beton, George Dreux membuat tabel hubungan antara kekentalan beton dan cara pemampatan dengan parameter slump test seperti terlihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hubungan Antara Kekentalan Beton

No	Slump test (cm)	Kekentalan Beton	Cara Pemampatan
1	0 – 2	Sangat kental	Getaran tinggi
2	3 – 5	Kental	Getaran agak tinggi
3	6 – 9	Plastis	Getaran normal
4	10 – 13	encer	Ditusuk-tusuk dan dipukul-pukul
5	Lebih dari 13	Sangat encer sampai cair	Agak ditusuk-tusuk dan dipukul-pukul

Sumber : Fahirah F.³

D. Site Assesment

Pekerjaan *assessment* di lapangan diawali dengan pengumpulan dan pengkajin *As Built Drawing*, pengukuran dimensi komponen struktur, pengecekan susunan diameter tulangan dan pengujian kuat tekan beton.⁴ Pekerjaan *assessment* dan desain perbaikan/perkuatan struktur beton bertulang ini didasarkan kode ACI 318-19: 2019 (*Building code requirements for structural concrete*), ACI 562-19: 2019 (*Code requirement for assesment, repair and rehabilitation of existing concrete structures and commentary*), ASTM C805/C805M-18: 2018

² Agus Purwanto, "Korosi Baja Tulangan Serta Penggunaan Aditif Untuk Proteksinya, Jurnal Gema Teknik," *Jurnal Gema Teknik* 16, no. 1 (2003).

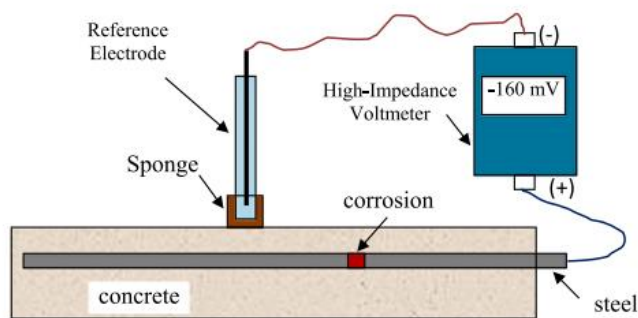
³ Fahirah, "Korosi Pada Beton Bertulang Dan Pencegahannya."

⁴ A. Muyasir, M. Hasan, dan M. Afifuddin, "Shear Failure of Building Floor Beams Due to December 7, 2016 Pidie Jaya Earthquake," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1087, no. 1 (2021), <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1087/1/012023>.

(*Standard test method for rebound number of hardened concrete*)⁵, ASTM C597-16: 2016 (*Standard test method for pulse velocity through concrete*), ASTM C39/39M-18: 2018 (*Standard test method for compressive strength of cylindrical concrete specimens*), ASTM C876-15: 2015 (*Standard test method for corrosion potentials of uncoated reinforcing steel in concrete*)⁶, RILEM TCP-18 (*Measurement of hardened concrete carbonation depth*), ACI 440.2R-08: 2008 (*Guide for the design and construction of externally bonded FRP systems for strengthening concrete structures*), ASCE/SEI 41-17 (*Seismic evaluation and retrofit of existing buildings*).⁷

E. *Potential Mapping*

Merujuk pada Laporan Akhir Pekerjaan *Assessment At Blending Silo & Clinker Silo Area Half-Cell Potential Mapping* salah satu metode pengujian korosi tanpa merusak beton dan banyak digunakan untuk mendeteksi indikasi terjadinya korosi pada baja tulangan di dalam beton. Gambar 1 memperlihatkan skema metode pengukuran dari half-cell potential mapping yang digunakan sehingga dapat diprediksi lokasi terjadinya korosi pada beton bertulang.



Gambar 1. Skema Metode Pengukuran Half-Cell Potential Mapping

Sumber : R. Andriman, dkk.⁸

Tabel 2. memberikan kriteria dalam menentukan level resiko korosi yang terjadi pada baja tulangan. ASTM C876 adalah standar yang digunakan untuk menginterpretasikan data nilai potensial korosi.

⁵ ASTM C805/C805M-18, *Standard test method for rebound number of hardened concrete* (West Conshohocken: ASTM International, 2018).

⁶ ASTM C876-15, *Standard test method for corrosion potentials of uncoated reinforcing steel in concrete* (West Conshohocken: ASTM International, 2016).

⁷ Muttaqin Hasan dkk., "Crack and Strength Assessment of Reinforced Concrete Cement Plant Blending Silo Structure," *Materials Today: Proceedings*, 3rd International Congress on Materials & Structural Stability, 58 (2022), <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.171>.

⁸ Ramzi Adriman dkk., "Improving Half-Cell Potential Survey Through Computational Inverse Analysis For Quantitative Corrosion Profiling," *Case Studies in Construction Materials* 16 (2022), <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00854>.

Tabel 2. Kriteria Korosi Menurut ASTM C876

Elektrode Referensi (mV)				Resiko Korosi
Cu/CuSO ₄	Ag/AgCl	Standar Hidrogen	Calomel	
> (-200)	> (-100)	> (+120)	> (-80)	Resiko Korosi Rendah
(-200) s.d (-350)	(-100) s.d. (-250)	(+120) s.d. (-30)	(-80) s.d. (-230)	Resiko korosi sedang
< (-350)	< (-250)	< (-30)	< (-230)	Resiko korosi tinggi
< (-500)	< (-400)	< (-180)	< (-380)	Resiko korSosi berat

Sumber : R. Andriman, dkk.⁹

F. Pembebanan Sturktur

Pembebanan yang diinput pada model struktur berupa beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Merujuk pada SNI 1727 beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang. Beban hidup adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung. Beban gempa adalah semua beban statik ekuivalen yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang menirukan pengaruh dan gerakan tanah akibat gempa tersebut.¹⁰

G. Kombinasi Pembebanan

Berdasarkan SNI 1726 Pasal 4.2, faktor-faktor dan kombinasi beban untuk beban mati nominal, beban hidup nominal dan beban gempa nominal yang harus ditinjau adalah sebagai berikut:¹¹

$$U = 1,4 D \quad (2.1)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \quad (2.2)$$

$$U = 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ atau } R) + (L \text{ atau } 0,5W) \quad (2.3)$$

$$U = 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (L_r \text{ atau } R) \quad (2.4)$$

$$U = 0,9 D + 1,0 W \quad (2.5)$$

$$U = 1,2 D + E + L \quad (2.6)$$

$$U = 0,9 D + E \quad (2.7)$$

⁹ Adriman dkk.

¹⁰ Badan Standarisasi Nasional, *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727-2013 : Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain* (Jakarta, 2013).

¹¹ Badan Standarisasi Nasional, *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2019 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunana Gedung dan Non Gedung* (Jakarta, 2019).

Keterangan :

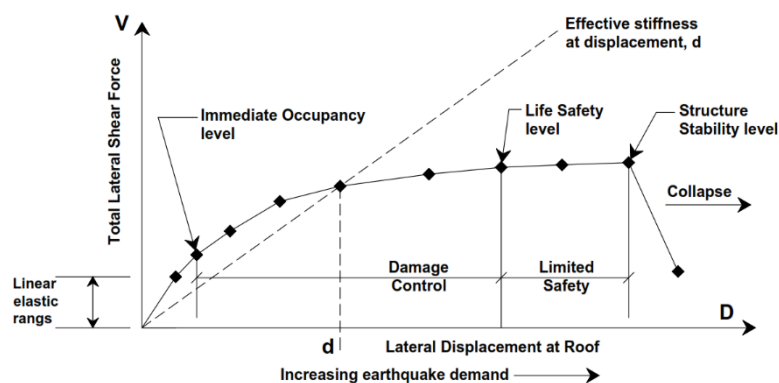
- U = beban ultimit ; R = beban hujan ;
D = beban mati ; W = beban angin ;
L = beban hidup ; E = beban gempa ;
Lr = beban hidup atap ;

H. Analisis *Pushover*

Menurut SNI 1726, analisis statik beban dorong (*pushover*) adalah suatu analisis nonlinier statik, yang dalam analisis pengaruh gempa rencana terhadap struktur bangunan gedung dianggap sebagai beban statik pada pusat massa masing-masing lantai, yang nilainya ditingkatkan secara berangsur-angsur sampai melampaui pembebanan sehingga menyebabkan terjadinya pelelehan (sendi plastis) pertama di dalam struktur bangunan gedung, kemudian dengan peningkatan beban lebih lanjut mengalami perubahan bentuk pasca-elastik yang besar sampai mencapai target peralihan yang diharapkan atau sampai mencapai kondisi plastis.¹²

I. Level Kinerja Menurut ACT-40

Menurut ATC-40 ada beberapa level kinerja, dimana tingkatan kinerja digambarkan kurva hubungan antara perpindahan lateral dan besar gaya yang bekerja atau kurva kapasitas. Kurva kapasitas menggambarkan plot dari total gaya geser dasar akibat gempa (V) pada struktur, untuk berbagai kenaikan pembebanan dan perpindahan lateral gedung pada atap pada tingkat gaya lateral tertentu.¹³ Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Tipikal Kurva Kapasitas Pada Berbagai Tingkat Kinerja Struktur

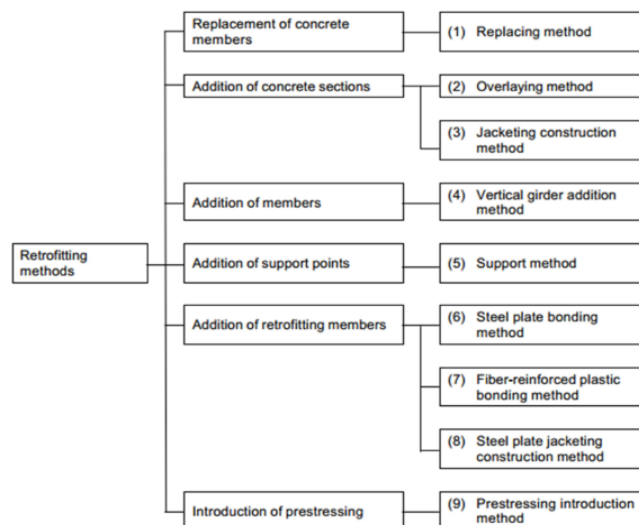
Sumber : ATC- 40 (1996)

¹² Badan Standarisasi Nasional, *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2002 : Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung* (Jakarta, 2002).

¹³ ATC-40, *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I, Seismic Safety Commission* (State of California: Seismic Safety Commission, 1996).

J. Metode Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang

Dalam Laporan Akhir Pekerjaan *Assessment At Blending Silo & Clinker Silo Area* disebutkan beberapa metode perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengatasi *crack* dengan injeksi retak dengan metode *low pressure injection* dengan spesifikasi material *epoxy resin*. Sedangkan untuk perbaikan defleksi dengan memasang *steel beam* sesuai perhitungan kebutuhan maupun proteksi permukaan beton dengan *coating* sebagai upaya menghambat proses karbonasi dan *chloride penetration* ke dalam beton. Beberapa metode perkuatan struktur beton bertulang dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Metode perbaikan dan perkuatan struktur beton bertulang

Sumber : Laporan Akhir Pekerjaan *Assessment At Blending Silo & Clinker Silo Area*

METODE PENELITIAN

Objek Penelitian

Objek yang dijadikan penelitian pada penulisan ini adalah Bangunan Tipikal Pertokoan yang terletak di Gampong Merduati, Kelurahan Bandar Baru, Kecamatan Kuta Raja, Kota Banda Aceh Aceh, Provinsi Aceh. Bangunan tersebut memiliki 2 (dua) tingkatan/lantai dengan tinggi total bangunan yaitu 6,2 m.

Data Objek Penelitian

Pada penelitian ini data yang diperlukan adalah gambar denah Tipikal Pertokoan Gampong Merduati yang didapat dari hasil pengukuran lapangan, data kuat tekan beton yang diperoleh dari pengujian *hammer test* dan data korosi baja tulangan yang diperoleh dengan metode *potential mapping*.

Program dan Software yang digunakan

Pada penelitian ini digunakan beberapa program dan *software* yang tujuannya untuk membantu dan mempermudah dalam proses pelaksanaan dan penyelesaian masalah penelitian.

- 1) *SAP2000 V22*, program ini akan digunakan sebagai alat permodelan struktur bangunan dan analisis dari struktur bangunan.
- 2) *Microsoft Excel 2016*, program ini akan digunakan untuk menghitung pembebanan struktur serta menganalisis data hasil *output* dari program *SAP2000 V22*.
- 3) *AutoCad 2022*, program ini akan digunakan untuk penggambaran gedung (denah gedung, denah balok dan ringbalk, denah kolom, denah plat lantai dan atap/dak)

Program dan Software yang digunakan

Tahapan penelitian yang dilakukan selama penelitian ini adalah sebagai berikut

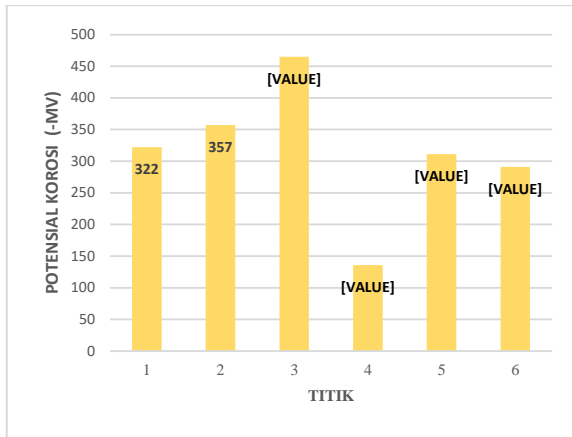
- 1) Studi literatur
- 2) Pengumpulan data
- 3) Pemodelan 3D
 - Dasar kolom diasumsikan jepit (tidak melakukan analisis struktur bawah)
 - Kolom, balok, dan ringbalk dimodelkan sebagai *frame*
 - Plat lantai dan atap/dak dimodelkan sebagai *Shell-Thin*
- 4) Perhitungan pembebanan
- 5) Analisis *static pushover*
- 6) Hasil analisis
 - Level kinerja dari bangunan yang diteliti berdasarkan kondisi eksisting.
- 7) Metode perkuatan

HASIL DAN PEMBAHASAN

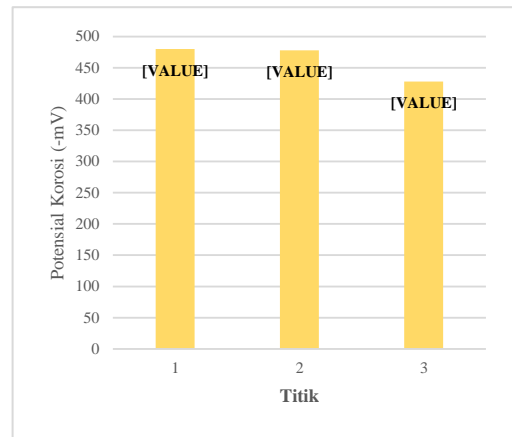
Hasil Pengujian Korosi

Hasil pengujian *potential mapping* pada area bagian bawah (titik 1 dan 2) kolom K1 (30x30) cm didapat distribusi nilai potensial antara (-357) dan (-322) mV, pada area bagian tengah (titik 3 dan 4) kolom K1 (30x30) cm didapat distribusi nilai potensial antara (-465) dan (-136) mV, dan pada area bagian atas (titik 5 dan 6) kolom K1 (30x30) cm didapat distribusi nilai potensial antara (-311) dan (-291) mV. Berdasarkan kriteria *ASTM C876*, nilai potensial mapping pada kolom K1 (30x30) cm baik pada bagian bawah, tengah dan atas memiliki level korosi menengah sampai dengan Tinggi. Gambar 4 menunjukkan grafik sebaran nilai potensial korosi pada kolom K1 (30x30) cm.

Hasil pengujian potensial *mapping* pada area plat PL1 ($t=20$ cm) lantai II (titik 1, 2, dan 3) didapat distribusi nilai potensial antara (-428), (-478), dan (-480) mV. Berdasarkan kriteria *ASTM C876*, nilai potensial *mapping* pada plat PL1 ($t=20$ cm) lantai II memiliki level korosi tinggi. Gambar 5 menunjukkan grafik sebaran nilai potensial korosi pada plat PL1 ($t=20$ cm).



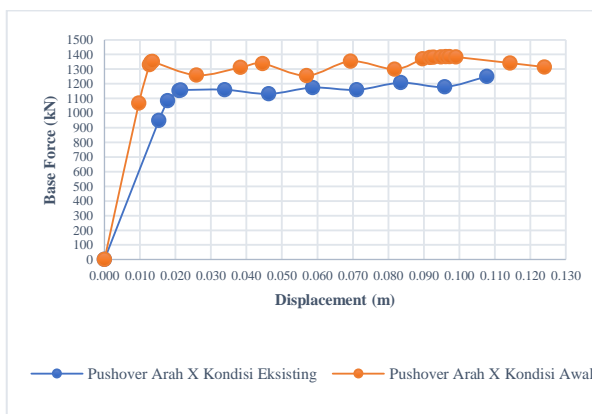
Gambar 4. Sebaran nilai potensial korosi kolom K1



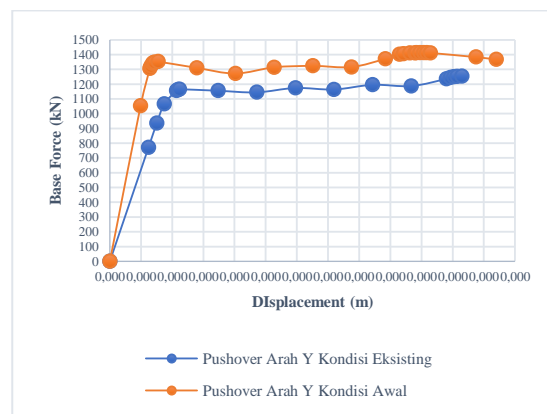
Gambar 5. Sebaran nilai potensial korosi plat PL1

Hasil Analisis *Pushover*

Dari Gambar 6 dan 7 dapat dilihat bahwa kurva *pushover* pada kondisi awal lebih kaku dibandingkan dengan kondisi eksisting, terjadinya penurunan kekakuan struktur bangunan diakibat oleh korosi baja tulangan yang terjadi pada kolom dan juga berdampak pada kapasitas strukturnya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa perilaku kondisi awal lebih baik dalam menahan beban gempa daripada kondisi eksisting.



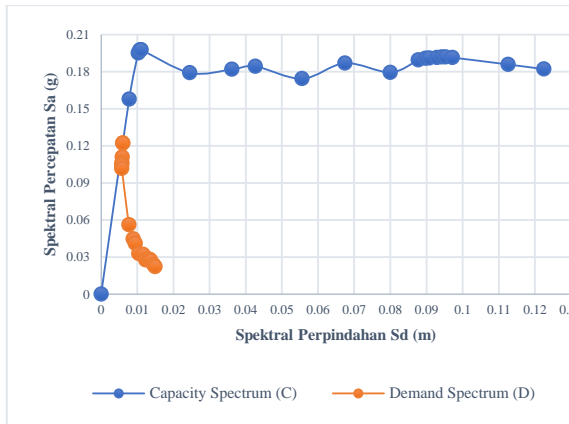
Gambar 6. Kurva kapasitas arah X (*Pushover X*)



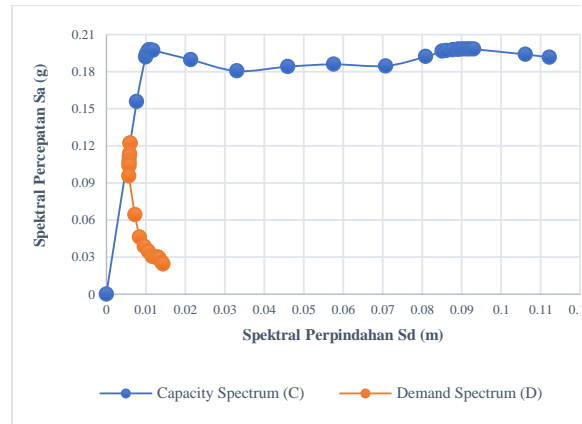
Gambar 7. Kurva kapasitas arah Y (*Pushover Y*)

Performance Point

Hasil kurva *performance point* pada arah x dan arah y dari Bangunan Tipikal Pertokoan Gampong Merduati dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9 dibawah ini :



Gambar 8. Kurva *performnace point* Arah X



Gambar 9. Kurva *performnace point* Arah Y

Level Kinerja

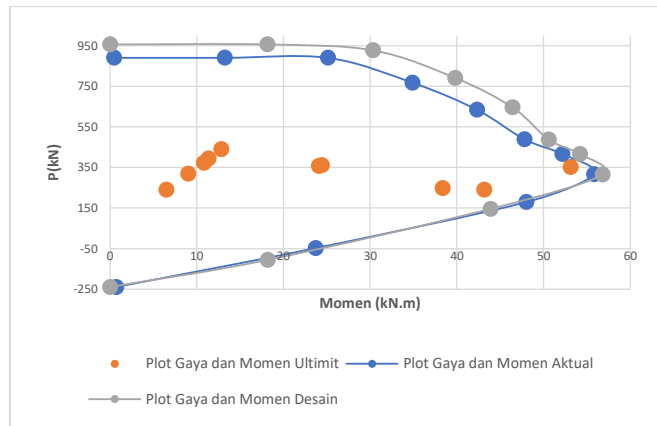
Tabel 3. Level Kinerja

<i>Maximum total drift ratio</i>		<i>Maximum inelasctic ratio</i>	
Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y
0,00121	0,00125	0,00035	0,00034

Berdasarkan *ATC-40 Table 11-2* nilai *Maximum Total Drift Ratio* < 0,01 dan nilai *Maximum inelasctic ratio* < 0,005 masuk kedalam kategori tingkat kinerja struktur *SP-I Immediate Occupancy (IO)*.

Hasil Analisis Struktur

Kolom yang mengalami pengurangan luas tulangan akibat korosi yaitu kolom K1 (30x30 cm). Diagram interaksi kekuatan kolom diplot berdasarkan hubungan beban aksial tekan dan momen yang bekerja pada kolom (ultimit), besarnya kekuatan tersedia (aktual) serta besarnya kekuatan desain. Diagram interaksi kekuatan kolom diperlihatkan pada Gambar 10.



Gambar 10 memperlihatkan diagram interaksi kolom K1 (30x30 cm) yang mana masih memiliki kekuatan tersedia (aktual) lebih besar dari kekuatan perlu (ultimit) sehingga tidak perlu dilakukan perkuatan struktur.

Perbaikan Struktur

Berdasarkan diagram interaksi kekuatan kolom dan besarnya kekuatan perlu menunjukkan bahwa kolom yang terkorosi yaitu K1 (30x30 cm) mempunyai kekuatan tersedia yang lebih besar dibandingkan dengan kekuatan perlu sehingga kolom masih cukup kuat dan mampu memikul beban yang bekerja sebagaimana disyaratkan dalam SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2019. Oleh karena itu, pada kolom tersebut tidak perlu dilakukan perkuatan struktur hanya saja perlu dilakukan perbaikan struktur injeksi *epoxy resin* dengan mengisinya ke dalam beton-beton yang telah mengalami retak sekaligus memperbaiki kerusakan struktur tersebut dan mencegah bertambah parahnya korosi yang terjadi.

KESIMPULAN

Hasil potential mapping pada K1 (30x30 cm) dan plat PL1 ($t=20$ cm) keseluruhan berada pada level korosi menengah sampai dengan tinggi. Analisis *pushover* menunjukkan pada kondisi awal keseluruhan analisis telah mencapai titik kontrol *displacement* sedangkan pada kondisi eksisting tidak tercapai, hal demikian menunjukkan kapasitas dan kekakuan struktur kondisi awal lebih besar dari kondisi eksisting. Nilai *performance point* untuk kondisi bangunan tipikal pertokoan Gampong Merduati saat ini, untuk arah x $S_a = 0,12$; $S_d = 0,004640$ dan arah Y $S_a = 0,12$; $S_d = 0,004889$. *Maximum total drift ratio* dan *Maximum inelastic ratio* dalam arah x adalah 0,000748 dan 0,001722 sedangkan dalam arah y adalah 0,000789 dan 0,001211. Berdasarkan ATC 40 pasal 4.4.3.1 kesemua nilai tersebut menunjukkan bahwa kinerja struktur bangunan berada pada level *Immediate Occupancy* yaitu bangunan aman saat terjadi gempa, risiko korban jiwa dan kegagalan struktur tidak terlalu berarti, gedung tidak mengalami kerusakan berarti dan dapat segera difungsikan kembali. Berdasarkan diagram interaksi kekuatan

kolom dan besarnya kekuatan perlu menunjukkan kolom K1 (30x30 cm) mempunyai kekuatan tersedia yang lebih besar dibandingkan dengan kekuatan perlu sehingga semua kolom masih mampu memikul beban yang bekerja sebagaimana disyaratkan dalam SNI 1727-2013 dan SNI 1726-2019. Berdasarkan hasil dari analisis pushover dan nilai yang didapat dari performance point maka struktur bangunan tipikal pertokoan Gampong Merduati tidak perlu dilakukan perbaikan, hanya saja beton yang sudah terkelupas pada bagian kaki kolom diberikan *epoxy resin* agar tidak memperparah korosi baja tulangan.

SARAN

Pada penelitian ini, analisis dan pengujian tulangan terkorosi hanya dilakukan pada kolom lantai I, sebaiknya juga dilakukan pada kolom lantai II. Hal ini dikarenakan bisa jadi korosi tulangan telah menjalar hingga ke kolom yang di atasnya. Perlu pemodelan lebih lanjut pada gedung dengan tulangan terkorosi tidak hanya pada kolom lantai I melainkan pada kolom lantai II. 3. Perlu dilakukan pengujian *Ultrasonic Pulse Velocity* (UPV) dimana pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kepadatan beton dengan menggunakan cepat rambat gelombang yang ditembakkan kedalam beton dan juga dilakukan pengujian karbonasi yang dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh beton telah mengalami karbonasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriman, Ramzi, Israr Bin M. Ibrahim, Syifaul Huzni, Syarizal Fonna, dan Ahmad Kamal Ariffin. "Improving Half-Cell Potential Survey Through Computational Inverse Analysis For Quantitative Corrosion Profiling." *Case Studies in Construction Materials* 16 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00854>.
- ASTM C805/C805M-18. *Standard test method for rebound number of hardened concrete*. West Conshohocken: ASTM International, 2018.
- ASTM C876-15. *Standard test method for corrosion potentials of uncoated reinforcing steel in concrete*. West Conshohocken: ASTM International, 2016.
- ATC-40. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings, Volume I, Seismic Safety Commission*. State of California: Seismic Safety Commission, 1996.
- Badan Standarisasi Nasional. *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2002: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung*. Jakarta, 2002.
- . *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta, 2019.
- . *Standar Nasional Indonesia (SNI) 1727-2013: Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta, 2013.
- Fahirah, F. "Korosi Pada Beton Bertulang Dan Pencegahannya." *SMARTek* 5, no. 3 (2012).
- Hasan, Muttaqin, Azzaki Mubarak, Rijalul Fikri, dan Mahlil. "Crack and Strength Assessment of Reinforced Concrete Cement Plant Blending Silo Structure." *Materials Today*:

Muhammad Habibie, Muttaqin Hasan, Syarizal Fonna: Efek Korosi Baja Tulangan Terhadap Kinerja Struktur Tipikal Pertokoan di Banda Aceh

Proceedings, 3rd International Congress on Materials & Structural Stability, 58 (2022).
<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.171>.

Muyasir, A., M. Hasan, dan M. Afifuddin. "Shear Failure of Building Floor Beams Due to December 7, 2016 Pidie Jaya Earthquake." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 1087, no. 1 (2021). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1087/1/012023>.

Purwanto, Agus. "Korosi Baja Tulangan Serta Penggunaan Aditif Untuk Proteksinya, Jurnal Gema Teknik." *Jurnal Gema Teknik* 16, no. 1 (2003).