

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kuat Tarik Besi Rebar

2.1.1 Pengertian Kuat Tarik Besi Rebar

Kuat tarik adalah kemampuan material untuk menahan gaya tarik tanpa mengalami deformasi permanen. Ini menggambarkan seberapa banyak beban tarik yang dapat diterima material sebelum gagal, dan merupakan salah satu sifat mekanik yang esensial dalam berbagai aplikasi Teknik dan konstruksi. Kuat tarik biasanya diukur dalam unit tekanan, seperti megapascal (Mpa). Menurut Lee (2011) kuat tarik merupakan gaya maksimum yang dapat ditahan oleh material sebelum mengalami kegagalan saat dikenakan beban tarik. Ini merupakan karakteristik yang sangat penting dalam desain struktur. Sedangkan Menurut Gordon, (2010) menjelaskan bahwa kuat tarik adalah ukuran dari kekuatan material dalam menahan gaya tarik. Material dengan kuat tarik tinggi cenderung lebih tahan terhadap beban yang diterapkan. Taib et.al (2017) mendefinisikan kuat tarik sebagai kemampuan material untuk menahan gaya tarik tanpa mengalami deformasi plastis atau kerusakan, yang sangat penting dalam aplikasi konstruksi.

Dari definisi-definisi di atas, dapat di simpulkan bahwa kuat tarik adalah kemampuan material untuk menahan gaya tarik yang diterapkan tanpa mengalami deformasi permanen atau kegagalan. Kuat tarik merupakan aspek krusial dalam merancang dan membangun struktur beton bertulang. Dengan memahami dan mempertimbangkan kuat tarik dapat merancang struktur yang tidak hanya aman tetapi juga efisien dalam menghadapi beban yang diberikan. Kombinasi antara beton dan tulangan baja menciptakan solusi yang efektif untuk memenuhi kebutuhan struktural dalam berbagai aplikasi.

2.1.2 Pentingnya Kuat Tarik Pada Struktur

Kuat tarik rebar sangat penting dalam desain struktur beton bertulang, karena rebar berfungsi untuk menahan gaya tarik yang muncul akibat beban eksternal. Rebar adalah Batangan atau jaringan baja yang digunakan untuk memperkuat struktur beton. Tujuan utama penggunaan rebar adalah untuk meningkatkan kemampuan beton dalam menahan gaya tarik dan memperkuat

struktur secara keseluruhan. Menurut Ahmad (2012) rebar adalah batangan baja yang ditempatkan di dalam beton untuk memberikan kekuatan tarik dan meningkatkan daktilitas struktur. Mulyono (2019) mendefinisikan bahwa rebar adalah tulangan baja yang disisipkan dalam beton untuk meningkatkan kemampuan struktur dalam menahan beban tarik, tekan, dan lentur.

Dengan demikian, penggunaan rebar dalam beton bertulang tidak hanya meningkatkan kekuatan tarik, tetapi juga memastikan kestabilan dan daya tahan struktur terhadap berbagai jenis beban yang mungkin terjadi. Beton adalah material komposit yang terdiri dari campuran semen, air, agregat (pasir dan kerikil), dan aditif tertentu. Menurut Neville (2012) beton adalah campuran semen, air, agregat halus, dan agregat kasar yang mengeras menjadi bahan bangunan yang kuat dan tahan lama. Beton memiliki sifat yang kuat dalam menahan beban tekanan, tetapi memiliki kekuatan tarik yang relatif rendah. Oleh karena itu, untuk meningkatkan kemampuannya, digunakan rebar sebagai tulangan. Kombinasi antara beton dan rebar menciptakan struktur yang mampu menahan berbagai jenis beban, memberikan stabilitas, dan meningkatkan daya tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan. Beton bertulang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, termasuk gedung, jembatan dan infrastruktur lainnya, berkat kemampuannya untuk memberikan kekuatan dan ketahanan yang diperlukan dalam desain struktur.

Kuat tarik adalah salah satu aspek penting dalam desain dan analisis struktur, terutama dalam beton bertulang. Berikut adalah beberapa alasan mengapa kuat tarik sangat penting pada struktur yaitu :

- 1) Menahan Beban Eksternal : struktur sering kali mengalami gaya tarik akibat beban eksternal, seperti beban angin, gempa, dan beban hidup. Kuat tarik yang memadai memastikan bahwa struktur dapat menahan gaya-gaya tersebut tanpa mengalami kerusakan.
- 2) Memperkuat Struktur Beton : beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, tetapi rendah dalam menahan gaya tarik. Oleh karena itu, penggunaan rebar (tulangan baja) yang memiliki kuat tarik tinggi sangat penting untuk meningkatkan kemampuan beton dalam menahan beban tarik dan memberikan kekuatan tambahan pada struktur.

- 3) Mencegah Retak dan Kegagalan : kuat tarik yang memadai dapat mencegah terjadinya retakan pada beton yang dapat mengurangi integritas struktural. Hal ini penting untuk menjaga keamanan dan ketahanan struktur dalam jangka panjang.
- 4) Menjaga Daktilitas : struktur yang dirancang dengan mengedepankan kuat tarik mampu mendistribusikan beban secara lebih merata, sehingga meningkatkan daktilitas. Daktilitas adalah kemampuan struktur untuk mengalami deformasi tanpa patah, yang penting dalam menghadapi beban dinamis seperti gempa.
- 5) Faktor Keamanan : dalam perancangan struktur, mempertimbangkan kuat tarik memberikan faktor keamanan tambahan. Hal ini penting untuk memastikan bahwa struktur dapat berfungsi dengan baik dan aman dalam berbagai kondisi.
- 6) Kinerja Jangka Panjang : struktur yang memiliki kuat tarik yang baik cenderung memiliki umur layanan yang lebih lama dan memerlukan lebih sedikit pemeliharaan. Ini mengurangi biaya jangka panjang dan meningkatkan efisiensi sumber daya.

2.1.3 Standar Pengujian Kuat Tarik Besi Rebar

Pengujian kuat tarik pada rebar (tulangan baja) sangat penting untuk memastikan kualitas dan daya dukung material yang digunakan dalam konstruksi beton bertulang. Salah satu standar yang digunakan di Indonesia adalah SNI 2052:2017. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai standar ini yaitu :

- 1) SNI 2052:2017
 - a. SNI 2052:2017 – Spesifikasi Baja Tulangan untuk Beton Bertulang.
 - b. Tujuan standar ini menetapkan persyaratan teknis dan metodologi pengujian untuk baja tulangan yang digunakan dalam beton bertulang, termasuk pengujian kuat tarik.
- 2) Metodologi Pengujian
 - a. Persiapan Sampel : sampel rebar yang akan diuji harus diambil dari produksi yang selesai dan memenuhi spesifikasi yang ditetapkan.
 - b. Alat Uji : pengujian biasanya dilakukan menggunakan mesin uji tarik yang dapat mengukur gaya dan elongasi pada material.

- c. Prosedur Pengujian :
 - a) Sampel rebar dipasang didalam mesin uji tarik.
 - b) Gaya tarik diterapkan secara bertahap hingga sampel mencapai titik patah.
 - c) Data mengenai gaya maksimum (kuat tarik) dan elongasi dicatat.
- 3) Parameter yang Diukur
 - a. Kuat Tarik : besar gaya yang diperlukan untuk mematahkan rebar, dinyatakan dalam megapascal (Mpa).
 - b. Elongasi : persentase perubahan [anjang rebar dari panjang awal sebelum patah, yang menunjukkan kemampuan material untuk mengalami deformasi sebelum gagal.
- 4) Signifikansi Pengujian :
 - a. Kualitas Material : menguji kuat tarik rebar memastikan bahwa material memenuhi standar yang diperlukan untuk aplikasi struktural.
 - b. Keamanan : material yang diuji dan memenuhi spesifikasi akan memberikan jaminan terhadap keselamatan dan kinerja struktur bangunan.

2.1.4 Jenis Tulangan Besi

Ada 2 (dua) jenis tulangan besi yang digunakan dalam konstruksi, termasuk :

1. Besi Beton Polos (*plain rebar*)

Besi beton ini memiliki permukaan yang mulus dan licin. Penampang-Nyapun berbentuk bundar mulus. Besi beton kurang memiliki daya ikat dengan coran. Besi beton polos lebih mudah di temukan dan dijual secara eceran. Besi beton polos bersifat lentur dan mudah dibengkokkan serta memiliki ketahanan tekan minimal 240 Mpa. Harganya lebih murah dibandingkan besi beton ulir. Besi beton polos biasanya digunakan untuk membungkus dan mengikat beberapa batang besi beton ulir dalam satu konstruksi beton.



Gambar 2.1 Besi Beton polos

2. Besi Beton Ulir (*deformed rebar*)

Besi beton ulir memiliki tonjolan-tonjolan seperti sirip pada sepanjang permukaannya, sehingga memiliki daya ikat tinggi dengan coran beton. Bentuk sirip-sirip ini berbeda untuk setiap produsennya. Besi beton ini hanya dijual dalam volume besar oleh distributor kepada kontraktor. Besi beton ulir kurang lentur dan sulit dibengkokkan sehingga sulit pemasangannya. Daya tahan tekan minimal besi beton ulir adalah 400Mpa.



Gambar 2.2 Besi Beton Ulir

Biasanya besi beton memiliki panjang standar 12 meter diameter besi beton yang umum digunakan adalah 8 mm dan 10 mm. Namun yang terjadi dilapangan, besi beton yang ada memiliki penampang yang sedikit lebih kecil dari yang tertera pada tulisan marking pada permukaan besi beton. Jika masih dalam batas toleransi 0,1 mm, maka besi beton tersebut masih masuk kedalam standar SNI.

Jumlah penggunaan dan ukuran diameter besi beton adalah berbanding lurus dengan dimensi coran beton. Hal ini distandarisasi dalam SNI 2052:2017 tentang baja tulangan beton yang dipakai pada konstruksi beton. Semakin besar dimensi konstruksi beton, makin besar pulak diameter dan jumlah besi beton yang dipergunakan. Besi beton merupakan besi yang digunakan untuk penulangan konstruksi beton atau yang lebih dikenal sebagai beton bertulang. Beton bertulang yang mengandung batang tulangan dan direncanakan berdasarkan anggapan bahwa bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya.

Beton bertulang bersifat unik dimana dua jenis bahan yaitu besi tulangan dan beton dipakai secara bersamaan. Tulangan yang menyediakan gaya tarik yang tidak di miliki beton dan mampu menahan gaya tekan.

Tulangan polos (BJTD) jarang digunakan kecuali untuk membungkus tulangan longitudinal (sengkang atau spiral) yang diberi kait pada ujungnya, terutama pada kolom. Besi ulir atau besi tulangan beton sirip adalah batang besi dengan bentuk permukaan khusus berbentuk sirip melintang (puntir/sirip ikan) atau rusuk memanjang (sirip teratur /bambu) dengan pola tertentu, atau batang tulangan yang di pilin pada proses produksinya.

Tulangan ulir, yang diberi ulir melalui proses rol pada permukaanya (polanya berbeda tergantung dari pabrik pembuatnya) untuk mendapatkan ikatan (bonding) yang lebih baik antara tulangan dan beton yang digunakan pada hampir semua aplikasi dibandingkan dengan tulangan polos dengan luas penampang sama. Bentuk ulir berupa sirip meningkatkan daya lekat guna menahan gerakan dari batang secara relatif terhadap beton.

2.2 Perekat Chemical Injection

2.2.1 Pengertian Chemical Injection Pada Kolom Tunggal

Perekat chemical injection pada kolom tunggal merujuk pada penggunaan bahan kimia khusus yang disuntikkan ke dalam kolom tunggal untuk memperkuat ikatan antara material di dalam struktur tersebut. Proses ini umumnya dilakukan dalam proyek konstruksi , dimana bahan perekat yang berbasis kimia digunakan untuk memperbaiki, memperkuat, atau merekatkan elemen structural, seperti beton atau baja, agar kolom tersebut memiliki kekuatan dan stabilitas yang lebih baik.

Menurut Benson, (2010) chemical injection adalah strategi yang digunakan dalam rekayasa sipil untuk memperbaiki dan memperkuat struktur yang mengalami kerusakan dengan menyuntikkan bahan kimia ke dalam retakan atau celah. Sedangkan Menurut Wang et.al, (2018) chemical injection melibatkan injeksi bahan kimia ke dalam material untuk memperbaiki kerusakan, meningkatkan daya tahan, dan memberikan perlindungan terhadap elemen eksternal. Proses ini tidak hanya meningkatkan kekuatan struktural tetapi juga mencegah kerusakan lebih lanjut akibat lingkungan yang agresif, seperti kelembapan dan bahan kimia korosif.

Penggunaan chemical injection dalam kolom tunggal juga memungkinkan penetrasi yang baik ke dalam celah yang sulit di jangkau, sehingga memberikan hasil yang lebih efektif dalam perbaikan dan penguatan. Dengan melakukan injeksi secara tepat, dapat di capai peningkatan kekuatan banding dan geser kolom, yang penting untuk menjaga integritas struktural selama masa pakai.

Dalam praktiknya, pemilihan jenis perekat yang tepat, seperti epoxy atau resin polimer, sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal, tergantung pada kondisi lingkungan dan spesifikasi proyek. Dengan demikian, chemical injection menjadi salah satu metode yang efektif dalam rehabilitas dan perbaikan struktur, memberikan solusi inovatif untuk tantangan yang di hadapi dalam konstruksi modern.

2.2.2 Jenis – Jenis Perekat Chemical Injection

Perekat chemical injecton merupakan jenis perekat cair yang diaplikasikan dengan cara diinjeksikan atau disuntikkan ke dalam celah, retakan, atau rongga pada suatu material. Beberapa jenis-jenis perekat yang termasuk dalam kategori chemical injection antara lain :

- 1. Perekat epoxy** adalah bahan adhesif yang terdiri dari dua komponen utama: resin epoxy dan pengeras (hardener). Ketika kedua komponen ini dicampurkan, mereka mengalami reaksi kimia yang menghasilkan material keras yang sangat kuat dan tahan lama. Perekat ini sering digunakan dalam berbagai aplikasi industri, konstruksi, dan kerajinan.

a. Komponen Utama

- a) Resin Epoxy: Merupakan bagian yang memberikan sifat adhesif.

Resin ini bersifat cair dan memiliki viskositas yang bervariasi, tergantung pada jenis epoxy yang digunakan.

- b) Pengeras: Zat ini dicampurkan dengan resin untuk memicu proses pengerasan. Jenis pengeras dapat bervariasi, dan pemilihannya dapat mempengaruhi waktu pengeringan dan sifat akhir dari epoxy.

b. Sifat-sifat Perekat Epoxy

- a) Kekuatan Adhesi: Epoxy memiliki daya rekat yang sangat tinggi, bahkan lebih kuat dibandingkan dengan banyak jenis perekat lainnya. Ini membuatnya ideal untuk aplikasi yang membutuhkan kekuatan struktural.
- b) Ketahanan Terhadap Bahan Kimia: Epoxy tahan terhadap pelarut, minyak, dan bahan kimia lainnya, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi industri.
- c) Tahan Suhu: Beberapa formulasi epoxy dapat menahan suhu tinggi, sehingga cocok untuk penggunaan di lingkungan yang ekstrem.
- d) Kedap Air: Epoxy memiliki sifat kedap air, membuatnya efektif untuk penggunaan di luar ruangan atau di area lembap.
- e) Fleksibilitas: Meskipun epoxy umumnya keras setelah mengering, beberapa jenis dapat menawarkan sedikit fleksibilitas, mengurangi risiko retak.

c. Penggunaan Umum

- a) Industri Konstruksi: Digunakan untuk menyambungkan berbagai material seperti kayu, beton, dan logam. Banyak digunakan dalam proyek konstruksi karena kekuatannya.
- b) Perbaikan dan Pemeliharaan: Efektif untuk memperbaiki barang-barang yang patah atau retak, seperti perabotan kayu atau komponen mesin.
- c) Kerajinan dan DIY: Banyak digunakan dalam proyek kerajinan tangan, seperti pembuatan perhiasan, seni resin, dan lainnya.
- d) Elektronik: Digunakan untuk merekatkan komponen elektronik dan sebagai pelindung terhadap kelembapan dan kerusakan fisik.

d. Cara Penggunaan Perekat Epoxy

- a) Persiapan Permukaan: Pastikan permukaan yang akan direkatkan bersih, kering, dan bebas dari debu atau minyak.
- b) Pencampuran: Campurkan resin dan pengeras sesuai dengan rasio yang dianjurkan pada kemasan. Pastikan untuk mencampur hingga merata.
- c) Aplikasi: Oleskan campuran pada salah satu atau kedua permukaan yang ingin direkatkan. Gunakan spatula atau alat lain untuk meratakannya.
- d) Pengeringan: Biarkan perekat mengering sesuai waktu yang tertera pada kemasan. Proses pengeringan biasanya memakan waktu beberapa jam hingga sehari, tergantung pada jenis epoxy.
- e) Penyelesaian: Setelah mengering, epoxy dapat diampelas atau dipotong untuk mendapatkan hasil akhir yang diinginkan..

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Sugiman, (2000). Penelitian ini mengeksplorasi pengaruh rasio resin dan hardener pada epoxy yang diperkuat dengan filler nano-CaCO₃ terhadap kekuatan mekanik, khususnya kekuatan bending dan kekuatan geser. Dengan menggunakan rasio resin/hardener yang bervariasi (1:1, 1:0,75, 1:0,5, dan 1:0,4) dan filler nano-CaCO₃ sebesar 3%, spesimen diuji setelah direndam dalam air destilasi pada suhu 45°C selama 60 hari. Kekuatan Bending: Penelitian menemukan bahwa kekuatan bending tertinggi dicapai pada rasio 1:0,5, baik dalam kondisi kering maupun basah. Sementara itu, rasio 1:1 menghasilkan sifat yang lebih lembek, dan rasio 1:0,4 menunjukkan penurunan yang signifikan dalam kekuatan.

Kekuatan Geser : Kekuatan geser menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya rasio epoxy/hardener. Namun, hasil terbaik dalam kondisi basah diperoleh pada rasio 1:0,5 dan 1:0,75. Sebaliknya, rasio 1:1 tidak cocok untuk kondisi basah karena mengalami penyerapan air yang tinggi, yang dapat mengurangi kekuatan sambungan. Penyerapan Air : Rasio 1:1 memiliki tingkat penyerapan air tertinggi, yang berdampak negatif pada kekuatan material.

2. **Resin polimer** adalah senyawa organik yang memiliki struktur polimer dan dapat mengeras menjadi bahan padat saat mengalami proses curing (pengerasan). Resin ini sering digunakan sebagai bahan perekat, pelapisan, dan komposit. Menurut Akhter dan Parvez (2012) menyatakan bahwa resin polimer adalah material yang dapat mengalir dalam bentuk cair dan kemudian mengeras menjadi bentuk padat, digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari konstruksi hingga produk konsumen, berkat sifat-sifat fisik dan kimia yang unik.

a. Sifat-Sifat Resin Polimer

- a) Ketahanan Terhadap Cuaca dan Bahan Kimia : banyak resin polimer yang tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan dan paparan bahan kimia.
- b) Kekuatan Mekanik : resin polimer sering kali memiliki kekuatan tarik dan kompresi yang baik.
- c) Fleksibilitas : beberapa jenis resin, seperti polyurethane, menawarkan fleksibilitas yang baik, membuatnya ideal untuk aplikasi yang memerlukan pergerakan.
- d) Kemampuan Mengisi : resin polimer dapat mengisi celah dan retakan, membantu memperkuat struktur.

b. Aplikasi Resin Polimer

- a) Konstruksi : digunakan dalam pelapisan tanah, penguatan, dan perbaikan struktur.
- b) Industri Manufaktur : sebagai bahan baku untuk produk komposit dan laminasi.
- c) Otomotif : sebagai perekat dan pelindung untuk berbagai komponen kendaraan.
- d) Perabotan dan Dekorasi : dalam pembuatan furnitur dan elemen dekoratif.

Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Suhendra, (2021). Penelitian ini mengeksplorasi pengaruh rasio resin dan hardener pada polyster yang diperkuat dengan filter serat alami terhadap sifat mekanik, khususnya kekuatan Tarik dan kekuatan impak. Dengan menggunakan rasio

resin/hardener yang bervariasi (1:1, 1:0,75, 1:0,5 dan 1:0,4) dan filter serat alami sebesar 10%, specimen diuji setelah direndam dalam air destilasi pada suhu 50°C selama 30 hari.

Kekuatan Tarik : Penelitian menemukan bahwa kekuatan Tarik tertinggi dicapai pada rasio 1:0,5, baik dalam kondisi kering maupun basah. Sementara itu, rasio 1:1 menghasilkan sifat yang lebih rapuh, dan rasio 1:0,4 menunjukkan penurunan yang signifikan dalam kekuatan Tarik. **Kekuatan Impak :** Kekuatan impak menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya rasio resin/hardener.

Namun, hasil terbaik dalam kondisi basah diperoleh pada rasio 1:0,5 dan 1:0,75. Sebaliknya, rasio 1:1 tidak cocok untuk kondisi basah karena mengalami penyerapan air yang tinggi, yang dapat mengurangi kekuatan sambungan. **Penyerapan Air :** Rasio 1:1 memiliki tingkat penyerapan air tertinggi, yang berdampak negative pada kekuatan material. Penyerapan yang tinggi ini menyebabkan penurunan kinerja mekanik, terutama pada aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap kelembapan.

2.2.3 Keunggulan Chemical Injection Pada Kolom Tunggal

Chemical injection adalah metode yang efektif dan inovatif dalam perbaikan dan penguatan kolom tunggal pada struktur bangunan. Metode ini memiliki beberapa keunggulan, antara lain :

1. Meningkatkan Kekuatan Struktural : Chemical injection dapat secara signifikan meningkatkan kekuatan banding dan geser kolom, sehingga kolom lebih mampu menahan beban dan tekanan yang diberikan.
2. Perbaikan Retakan yang Efektif : Metode ini memungkinkan pengisian dan perbaikan retakan atau celah yang sulit dijangkau, memperpanjang masa pakai struktur secara efektif.
3. Ketahanan terhadap Lingkungan : Bahan kimia yang digunakan dalam chemical injection memiliki ketahanan tinggi terhadap bahan kimia, kelembapan, dan kondisi lingkungan ekstrem, melindungi kolom dari kersakan lebih lanjut.
4. Proses Injeksi yang Cepat : Chemical injection merupakan metode yang cepat dan efisien untuk perbaikan, mengurangi waktu yang diperlukan

untuk rehabilitas struktur dibandingkan dengan metode konvensional.

5. Fleksibilitas dalam Aplikasi : Metode ini dapat digunakan pada berbagai jenis material, termasuk beton dan baja, serta dalam berbagai kondisi kerusakan, menjadikannya solusi yang serbaguna.
6. Mencegah Penetrasi Air : Dengan mengisi celah dan retakan, chemical injection mencegah penetrasi air yang dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut, seperti korosi pada elemen baja.
7. Solusi Biaya Efektif : Dengan mengurangi kebutuhan untuk penggantian atau perbaikan besar, metode ini dapat menjadi solusi yang lebih ekonomis dalam jangka panjang.
8. Meningkatkan Estetika : proses ini tidak hanya meningkatkan kekuatan tetapi juga dapat memperbaiki penampilan visual kolom, tergantung pada jenis bahan yang digunakan.

2.2.4 Proses Aplikasi Chemical Injection Pada Kolom Tunggal

Proses aplikasi chemical injection pada kolom tunggal adalah metode yang digunakan untuk memperbaiki dan memperkuat struktur kolom dengan cara menyuntikkan bahan kimia ke dalam celah atau retakan. Berikut beberapa proses aplikasi chemical injection pada kolom tunggal, antara lain :

1. Persiapan Area Kerja : Mulailah dengan membersihkan area kolom yang akan diperbaiki, termasuk menghilangkan debu, kotoran, dan material yang longgar. Pastikan permukaan bersih untuk memastikan daya rekat yang optimal.
2. Inspeksi Kolom : Lakukan inspeksi menyeluruh pada kolom untuk mengidentifikasi lokasi retakan atau celah yang perlu diperbaiki. Tentukan jenis dan ukuran retakan untuk menentukan metode injeksi yang tepat.
3. Pemilihan Bahan : Pilih jenis bahan kimia yang sesuai, seperti epoxy atau resin polimer, berdasarkan kondisi kerusakan dan kebutuhan.
4. Pembuatan Lubang Injeksi : Buat lubang injeksi pada kolom di lokasi yang strategis, biasanya pada bagian retakan atau celah. Lubang ini berfungsi sebagai saluran untuk menyuntikkan bahan kimia.
5. Injeksi Bahan Kimia : gunakan alat injeksi yang sesuai untuk menyuntikkan bahan kimia ke dalam lubang yang telah dibuat. Pastikan

bahan kimia mengalir dengan baik ke seluruh area yang membutuhkan perbaikan.

6. Pengisian dan Pemadatan : setelah injeksi, biarkan bahan kimia mengisi celah dan retakan secara merata. Pastikan tidak ada gelembung udara yang terperangkap.
7. Proses Pengerasan : biarkan bahan kimia mengering atau mengeras sesuai dengan waktu curing yang ditentukan oleh produsen. Proses ini sangat penting untuk memastikan hasil yang optimal.
8. Inpeksi Akhir : setelah proses curing selesai, lakukan inpeksi akhir untuk memastikan bahwa semua retakan telah terisi dengan baik dan kolom telah diperkuat sesuai dengan spesifikasi.
9. Pemeliharaan dan Monitoring : setelah aplikasi, lakukan pemantauan berkala pada kolom untuk memastikan tidak ada kerusakan tambahan dan performa struktur tetap optimal.

2.3 Ramset Reo502

2.3.1 Pengertian Ramset Reo502

Ramset Reo502 adalah perekat epoxy dua komponen yang dirancang khusus untuk aplikasi structural dan perbaikan pada berbagai material, terutama beton baja. Produk ini menawarkan kekuatan rekat yang tinggi dan ketahanan terhadap bahan kimia, suhu, dan kelembapan. Menurut Johnson, (2021) mengatakan bahwa Ramset Reo502 merupakan pilihan sangat baik untuk proyek rehabilitas, serta memberikan hasil yang tahan lama dan kuat. Sedangkan Menurut Graham, (2011) Ramset Reo502 menyatakan bahwa Ramset Reo502 menunjukkan ketahanan yang luar biasa terhadap kelembapan dan bahan kimia. Hal ini membuatnya cocok untuk penggunaan di lingkungan yang menantang, seperti area yang sering terpapar air atau zat korosif. Ketahanan ini sangat penting dalam menjaga performa dan daya tahan struktur, terutama dalam aplikasi luar ruangan atau di industri yang memerlukan perlindungan ekstra terhadap elemen-elemen berbahaya.

Dengan kombinasi dari kekuatan rekat yang tinggi dan ketahanan terhadap kondisi esktrrem, Ramset Reo502 menjadi solusi yang efektif untuk perbaikan dan penguatan struktur. Penggunaan produk ini dapat mengurangi resiko kerusakan

lebih lanjut dan meningkatkan keamanan serta stabilitas bangunan, sehingga sangat direkomendasikan oleh profesional di bidang konstruksi dan rekayasa sipil.

Dalam konteks kolom tunggal atau elemen struktural lainnya, Ramset Reo502 digunakan untuk memperkuat hubungan antara rebar (tulangan besi) dan beton dengan cara menyuntikkan perekat ini ke dalam lubang yang telah disiapkan di beton. Bahan epoxy ini kemudian akan mengeras, mengikat rebar dengan kuat, dan meningkatkan kekuatan tarik dari sambungan tersebut.

Penggunaan **Ramset Reo502** sering dilakukan dalam proyek rekonstruksi, penguatan struktur yang sudah ada, atau dalam situasi di mana penambahan tulangan besi diperlukan pada struktur yang telah dibangun. Kelebihan utama dari perekat epoxy ini adalah kemampuannya memberikan daya rekat yang konsisten dan tinggi pada berbagai kondisi, termasuk kondisi beton yang lembab. Selain itu, Ramset Reo502 juga mampu menahan beban dinamis, sehingga sangat ideal untuk aplikasi pada struktur yang terkena getaran atau beban siklikal.



Gambar 2.3 Ramset REO502

Sumber : *Chemical Epoxy Ramset 2022*

2.3.2 Ciri-Ciri Ramset Reo502

Ramset Reo502 adalah produk perekat yang dikenal karena kemampuannya dalam memberikan solusi efektif untuk berbagai aplikasi konstruksi dan perbaikan. Produk ini dirancang dengan teknologi tinggi untuk memenuhi kebutuhan industri yang semakin kompleks. Berikut adalah ciri-ciri utama dari Ramset Reo502 yang membedakannya dari produk lain yaitu :

1. **Kekuatan Rekat Tinggi** : Ramset Reo502 menawarkan kekuatan tarik dan geser yang sangat baik, menjadikannya ideal untuk aplikasi dimana integritas struktural sangat penting. Kekuatan rekat ini memastikan bahwa

elemen yang diperbaiki atau direkatkan dapat menahan beban tanpa resiko kerusakan.

2. Waktu Pengerasan yang Efisien : Dengan waktu kerja antara 30 menit hingga 60 menit dan waktu curing awal 6 hingga 8 jam, Ramset Reo502 memungkinkan penggunaan untuk melakukan perbaikan dengan cepat dan efisien. Curing penuh biasanya dicapai dalam 24 jam, yang memungkinkan struktur kembali berfungsi dalam waktu singkat.
3. Ketahanan Terhadap Bahan Kimia : Produk ini tahan terhadap berbagai jenis pelarut, minyak, dan bahan kimia lainnya, membuatnya cocok untuk aplikasi di lingkungan yang mungkin terpapar zat berbahaya. Ketahanan ini sangat penting untuk menjaga keawetan dan performa pada jangka panjang dari sambungan yang direkatkan.
4. Fleksibilitas Aplikasi : Ramset Reo502 dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk penguatan struktur, perbaikan retakan pada beton, serta pengisian celah atau sambungan antara elemen struktural. Fleksibilitas ini menjadikannya pilihan yang populer di kalangan kontraktor dan insinyur.
5. Kemudahan Penggunaan : perekat ini dirancang agar mudah dicampur dan diterapkan. Setelah mencampurkan komponen resin dan hardener, pengguna dapat dengan mudah menyuntikkan atau mengaplikasikan produk ini ke area yang diperlukan, memastikan penetrasi yang baik ke dalam celah atau retakan.
6. Suhu Aplikasi yang Luas : Ramset Reo502 dapat diaplikasikan dalam rentang suhu yang bervariasi, biasanya antara 10°C hingga 30°C, sehingga cocok untuk digunakan dalam berbagai kondisi cuaca.

2.3.3 Fungsi Utama Ramset Reo502

Fungsi utama dari **Ramset Reo502** adalah sebagai perekat berbasis epoxy untuk memperkuat ikatan antara tulangan besi (rebar) dan beton. Fungsi ini mencakup:

1. Meningkatkan kekuatan tarik pada sambungan antara rebar dan beton, sehingga tulangan dapat menahan beban yang lebih besar.
2. Memperbaiki daya rekat tulangan pada beton, khususnya pada area di mana dibutuhkan penguatan tambahan atau rekonstruksi.

3. Menambah ketahanan struktur terhadap beban dinamis dan getaran, yang sering terjadi pada bangunan yang terkena beban berulang atau perubahan suhu.
4. Melindungi rebar dari korosi, karena sifat epoxy yang tahan terhadap kelembapan dan kondisi lingkungan yang agresif.
5. Memperbaiki dan memperkuat struktur yang sudah ada, terutama pada proyek perbaikan atau rehabilitasi beton yang mengalami penurunan daya dukung.

2.3.4 Penerapan Ramset Reo502 Pada Struktur Beton dan Keandalan

Ramset REO502 adalah sistem pengikat yang digunakan dalam konstruksi untuk menghubungkan komponen beton. Penerapannya pada struktur beton sangat penting untuk menjamin kekuatan dan stabilitas bangunan. Berikut adalah beberapa aspek penerapan dan keandalannya:

- 1) **Beton** adalah bahan komposit yang terbentuk dari campuran beberapa komponen utama, yaitu:
 - a) **Semen**: Bahan pengikat yang mengikat agregat dan memberikan kekuatan pada beton.
 - b) **Air**: Diperlukan untuk mengaktifkan reaksi kimia dengan semen, yang disebut hidrasi.
 - c) **Agregat Halus**: Biasanya berupa pasir, yang berfungsi sebagai pengisi dan memberikan stabilitas.
 - d) **Agregat Kasar**: Biasanya berupa kerikil atau batu pecah, yang memberikan kekuatan dan volume pada campuran.
- 2) **Proses Pembuatan Beton**
 - a) **Pengukuran**: Semua komponen diukur sesuai dengan proporsi yang diinginkan.
 - b) **Pencampuran**: Semua bahan dicampur hingga merata, baik menggunakan mixer manual maupun mesin.
 - c) **Penuangan**: Campuran beton dituangkan ke dalam cetakan sesuai dengan bentuk yang diinginkan.
 - d) **Pengerasan**: Setelah dicetak, beton harus dibiarkan mengeras selama beberapa waktu, biasanya 24 jam untuk proses awal, dan hingga 28

hari untuk mencapai kekuatan maksimal.

3) **Keunggulan Beton**

- a) **Kekuatan Tinggi:** Beton memiliki daya tahan yang sangat baik terhadap beban tekan, membuatnya ideal untuk berbagai struktur, seperti gedung bertingkat dan jembatan.
- b) **Ketahanan Terhadap Cuaca:** Beton tahan terhadap berbagai kondisi cuaca, baik panas maupun dingin, sehingga cocok untuk penggunaan luar ruangan.
- c) **Fleksibilitas Desain:** Beton dapat dicetak dalam berbagai bentuk dan ukuran, memungkinkan arsitek dan insinyur untuk berkreasi.
- d) **Daya Tahan:** Beton tidak mudah terdegradasi dan tahan terhadap banyak bahan kimia, menjadikannya pilihan yang baik untuk lingkungan yang keras.
- e) **Biaya yang Relatif Rendah:** Meskipun ada biaya awal untuk pembuatan, beton cenderung membutuhkan sedikit perawatan dan memiliki umur panjang.

4) **Penggunaan Beton**

Beton digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk :

- a) **Fondasi Bangunan:** Menyediakan dasar yang kuat untuk semua jenis bangunan.
- b) **Jalan dan Jembatan:** Memastikan infrastruktur transportasi yang tahan lama dan aman.
- c) **Dinding dan Lantai:** Digunakan dalam konstruksi rumah dan gedung untuk memberi kekuatan struktural.
- d) **Elemen Arsitektur:** Termasuk patung, tiang, dan dekorasi lainnya.

2.4 **Penelitian Terdahulu**

1. Kajian Eksperimental Kuat Tekan Beton Benda Uji Silinder Dikekang dengan Bahan Carbon Fiber Wrap oleh Immanuel Panusunan Tua Panggabean dan Valentana Ardian Tarigan (2019) bertujuan untuk mengamati pengaruh kekangan carbon fiber wrap terhadap kuat tekan beton serta pola dan mekanisme keruntuhan yang terjadi. Dalam penelitian ini, 15 benda uji silinder dibagi menjadi dua kelompok: 5 tanpa kekangan

dan 10 dengan kekangan carbon fiber wrap, di mana 5 menggunakan arah serat standar dan 5 berlawanan. Hasil menunjukkan bahwa benda uji tanpa kekangan memiliki kuat tekan rata-rata 39,36 Mpa, sedangkan yang menggunakan carbon fiber wrap tipe 1 (arah serat standar) meningkat menjadi 60,67 Mpa (kenaikan 54%), dan tipe 2 (arah serat berlawanan) mencapai 45,95 Mpa (kenaikan 17%). Model keruntuhan menunjukkan bahwa benda uji tanpa kekangan mengikuti model standar, sedangkan benda uji terkekang mengalami keruntuhan yang berbeda, dengan beton gagal sebelum serat carbon putus akibat beban. Penelitian ini menekankan bahwa penggunaan carbon fiber wrap secara signifikan meningkatkan kuat tekan beton dan pentingnya arah serat dalam efektivitas kekangan.

Tabel 2.1 Hasil Uji Kuat Tekan (fc) Benda Uji

Uraian	Nomor Benda Uji				
	I (Mpa)	II (Mpa)	III (Mpa)	IV (Mpa)	V (Mpa)
Benda uji tidak di kekang	31.81	42.44	42.45	41.81	38.27
Benda uji di kekang <i>carbon fiber wrap tipe 1</i>	54.01	60.61	64.54	63.52	60.66
Benda uji di kekang <i>carbon fiber wrap tipe 2</i>	40.2	45.01	51.38	47.45	45.69

Sumber : Panggabean, I.P.T, & Tarigan, V.A (2019)

Tabel 2.1 menunjukkan bahwa benda uji yang tidak diberi kekangan memiliki kuat tekan (fc) yang berkisar antara 31,81 Mpa hingga 42,45 Mpa. Sementara itu, benda uji yang diberi kekangan menggunakan Carbon Fiber Wrap tipe 1 dengan pengikatan searah standar pemasangan menunjukkan kuat tekan antara 54,01 Mpa hingga 64,54 Mpa. Untuk benda uji yang dikekang dengan Carbon Fiber Wrap tipe 2 dengan pengikatan tegak lurus terhadap standar pemasangan, kuat tekan yang tercatat berada dalam rentang 40,20 Mpa hingga 51,38 Mpa.

Tabel 2.2 Hasil Kuat Tekan Rata-Rata (fc) Benda Uji

Uraian	Nomor Benda Uji					Rata-Rata
	I (Mpa)	II (Mpa)	III (Mpa)	IV (Mpa)	V (Mpa)	(Mpa)
Benda uji tidak dikekang	31.81	42.44	42.45	41.81	38.27	39.36
Benda uji dikekang <i>carbon fiber wrap tipe 1</i>	54.01	60.61	64.54	63.52	60.66	60.67
Benda uji dikekang <i>carbon fiber wrap tipe 2</i>	40.2	45.01	51.38	47.45	45.69	45.95

Sumber : Panggabean, I. P. T., & Tarigan, V. A. (2019)

Tabel 2.2 menunjukkan bahwa benda uji tanpa kekangan memiliki kuat tekan rata-rata f_c sebesar 39,36 Mpa. Sementara itu, benda uji yang diberi kekangan dengan Carbon Fiber Wrap tipe 1 dengan pengikatan searah standar pemasangan menghasilkan kuat tekan rata-rata 60,67 Mpa. Benda uji yang dikekang menggunakan Carbon Fiber Wrap tipe 2 dengan pengikatan tegak lurus terhadap standar pemasangan mencatatkan kuat tekan rata-rata 45,95 Mpa.

Tabel 2.3. Kenaikan Kuat Tekan Rata-rata (fc) Benda Uji

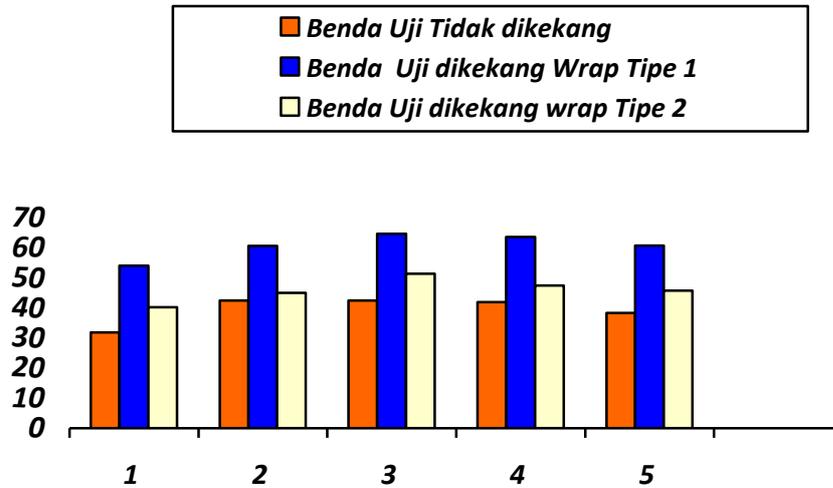
Uraian	Rata-Rata	Kenaikan Kuat Tekan %
Benda uji tidak dikekang	39.36	
Benda uji dikekang Carbon Fiber Wrap tipe 1	60.67	54
Benda uji dikekang Carbon Fiber Wrap Tipe 2	45.95	17

Sumber : Panggabean, I. P. T., & Tarigan, V. A. (2019).

Tabel 2.3 menunjukkan bahwa benda uji yang diberi kekangan menggunakan Carbon Fiber Wrap Tipe 1 dengan pengikatan sesuai standar pemasangan mengalami peningkatan kuat tekan sebesar 54% dibandingkan dengan benda uji tanpa kekangan. Sementara itu, benda uji yang dikekang dengan Carbon Fiber Wrap Tipe 2 dengan pengikatan tegak lurus terhadap standar

pemasangan mencatatkan peningkatan kuat tekan sebesar 17%.

Grafik 2.1 Diagram Kuat Tekan Beton



Sumber : Panggabean, I. P. T., & Tarigan, V. A. (2019)

2. Penelitian ini, yang dilakukan oleh Saputra, P. A. E., & Ginting, B. S. (2021). Mengevaluasi pengaruh kedalaman dan diameter rebar terhadap kekuatan tariknya menggunakan rebar T10 dan T13. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kedalaman penanaman rebar secara signifikan mempengaruhi kuat tarik, dengan rebar T10 menghasilkan nilai kuat tarik 40 Kn, 50 Kn, dan 55 Kn pada kedalaman 6 cm, 10 cm, dan 12 cm, masing-masing. Untuk rebar T13, nilai kuat tarik yang diperoleh adalah 35 Kn pada kedalaman 7 cm, 20 Kn pada 11 cm, dan 55 Kn pada 13 cm. Kegagalan yang terjadi bervariasi antara keruntuhan dan leleh pada rebar, menunjukkan bahwa semakin besar diameter rebar pada kedalaman yang sama, semakin tinggi juga kuat tarik yang dihasilkan.

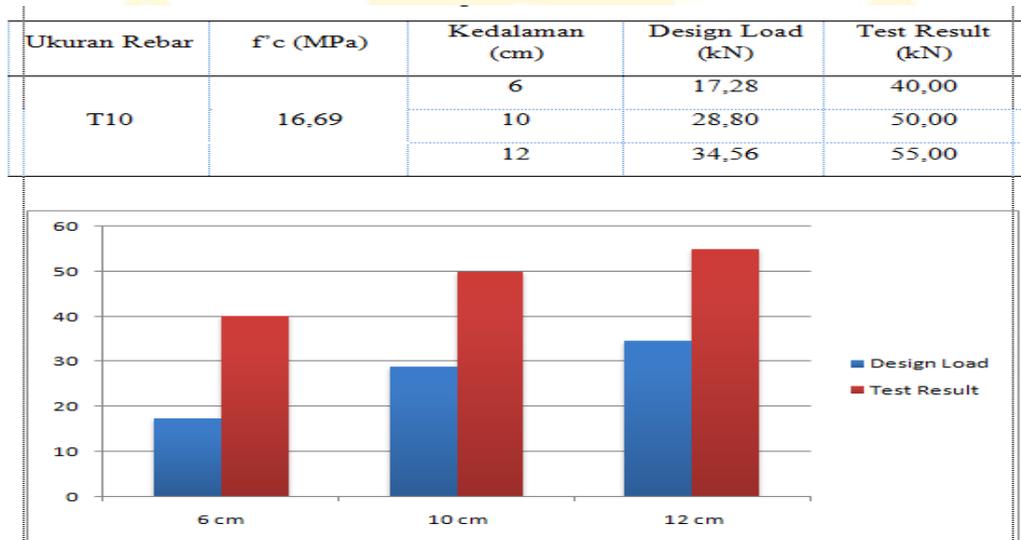
Tabel 2.4 Hasil Uji Tekan Beton

No	Sampel	Tanggal Cetak	Tanggal Uji	Mass a (Kg)	Umur (Hari)	Beban Tekan (Kn)	Luas Benda Uji	Hasil Pengujian f'c (Mpa)
1	I	30 Maret 2019	29 April 2019	11,75	>28	295	176,78	16,69
2	II	30 Maret 2019	29 April 2019	11,26	>28	280	176,78	15,84

Sumber : Saputra, P. A. E., & Ginting, B. S. (2021)

Pada Gambar 2.4 di atas, ditunjukkan hasil pengujian kuat tekan beton yang dilakukan menggunakan alat uji kuat tekan beton (*compression test*). Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kekuatan beton yang telah direncanakan berdasarkan spesifikasi mutu beton yang digunakan dalam penelitian ini.

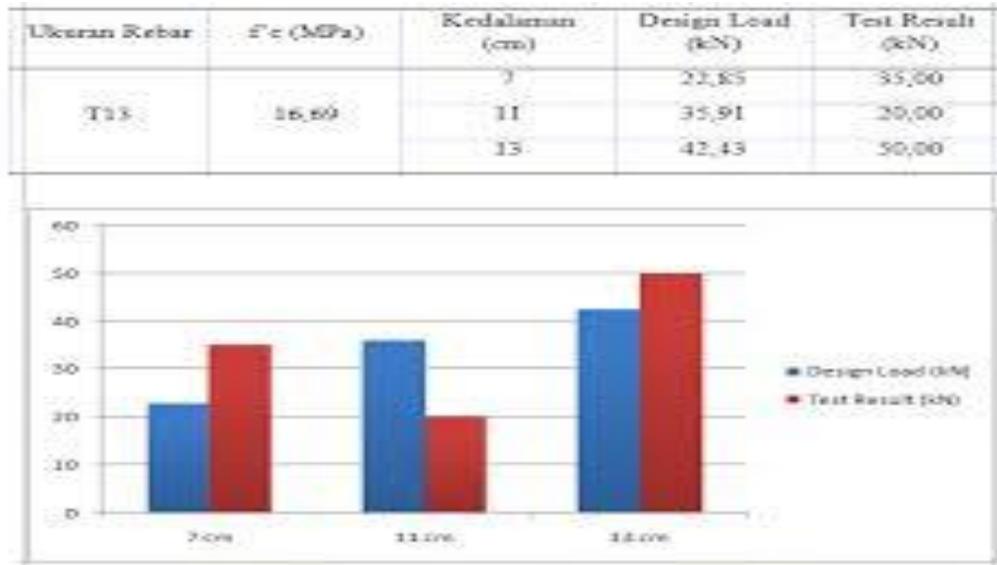
Grafik 2.2 Hasil (Grafik) kuat tarik rebar T10



Sumber : Saputra, P. A. E., & Ginting, B. S. (2021)

Grafik pada Gambar 2.2 di atas menunjukkan hasil pengujian kekuatan tarik rebar T10 pada kedalaman 6 cm, 10 cm, dan 12 cm. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pada kedalaman 6 cm, kekuatan tarik rebar T10 tercatat sebesar 40 Kn. Pada kedalaman 10 cm, nilai kekuatan tarik yang diperoleh mencapai 50 Kn, sementara pada kedalaman 12 cm, kekuatan tarik rebar tercatat sebesar 55 Kn.

Grafik 2.3 Hasil (Grafik) kuat tarik rebar T13



Sumber : Saputra, P. A. E., & Ginting, B. S. (2021)

Pada Gambar 2.3 di atas, ditampilkan grafik hasil pengujian kekuatan tarik rebar T13 pada kedalaman 7 cm, 11 cm, dan 13 cm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada kedalaman 7 cm, kekuatan tarik rebar T13 tercatat sebesar 35 Kn. Namun, pada kedalaman 11 cm, nilai kekuatan tarik mengalami penurunan menjadi 20 Kn, sebelum akhirnya kembali meningkat menjadi 55 Kn pada kedalaman 13 cm. Berdasarkan temuan ini, dapat disimpulkan bahwa kedalaman penanaman rebar mempengaruhi kekuatan tarik yang dihasilkan.

- Menurut penelitian yang dilakukan oleh, Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022). Pada penelitian tentang “Perbandingan Hasil Kajian Eksperimental Kuat Tarik Tulangan Sirip dan Polos Menggunakan Chemical Epoxy Adhesive Beton ITEWE”. Penelitian bertujuan untuk mengukur dan menganalisis daya rekat chemical epoxy adhesive concrete merek ITEWE NEO1 terhadap baja tulangan sirip (bertekstur) dan polos. Mengevaluasi bagaimana variasi diameter baja tulangan (D10, D13, dan D16) mempengaruhi daya rekat dan kekuatan tarik yang dihasilkan oleh epoxy tersebut. Juga meneliti spesifikasi serta pola kerusakan yang terjadi ketika epoxy diaplikasikan pada tulangan baja yang ditanam dalam beton eksisting.

Hasil dari penelitian tentang “Perbandingan hasil kajian eksperimental kuat tarik tulangan sirip dan polos menggunakan chemical epoxy adhesive beton itewe” dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.5. Hasil pengujian kuat tekan beton.

No	Benda Uji	Tanggal		Berat benda Uji (Kg)	Umur (Hari)	Beban tekan (Kn)	Beban tekan Kalibrasi (Kn)	Kuat tekan	
		Cetak	Uji					Saat pengujian	Estimasi
	Silinder 15 x 30							N/mm2	28 Hari N/mm2
1.	1	21/05/2022	21/06/2022	11,88	30	117	117,0	6,62	6,623
2.	2	21/05/2022	21/06/2022	12,10	30	127	127,0	7,19	7,189
3.	3	21/05/2022	21/06/2022	12,22	30	125	125,0	7,08	7,706

Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022)

Pengujian kualitas beton dilakukan dalam dua tahap untuk mengevaluasi kekuatan dan daya tahannya. Tahap pertama melibatkan pengujian kekuatan tekan (f'_c) pada sampel beton silinder yang telah berusia 30 hari, bertujuan untuk menentukan kemampuan beton dalam menahan beban tekan sesuai dengan standar yang berlaku. Tahap kedua, menggunakan metode hammer test, dilakukan pada beton yang telah mencapai usia 225 hari (sekitar 7,5 bulan). Uji ini dirancang untuk memberikan data tambahan mengenai perkembangan kualitas beton seiring waktu. Hasil dari kedua pengujian ini memberikan gambaran lengkap tentang performa material beton pada berbagai usia.

Tabel 2.6. Nilai hammer test pada sampel 1

Tipe	Sudut	Nilai Tegang	Umur Tegang	Tegang ($\frac{kg}{cm^2}$)	Keterangan
SI 0	25	140	> 28	4,00	Jumlah sampel 5
	25	140	> 28	4,00	Tegangan rata-rata 138
	25	130	> 28	64,00	Standard deviasi 4,47
	25	140	> 28	4,00	Tegangan beton Karakteristik 131
	25	140	> 28	4,00	Mutu Beton = f'_c

Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022)

Pada tabel 2.5 diatas menunjukkan hasil dari uji tekan beton pada sampel 1 yang dilakukan dengan menggunakan metode hammer test.

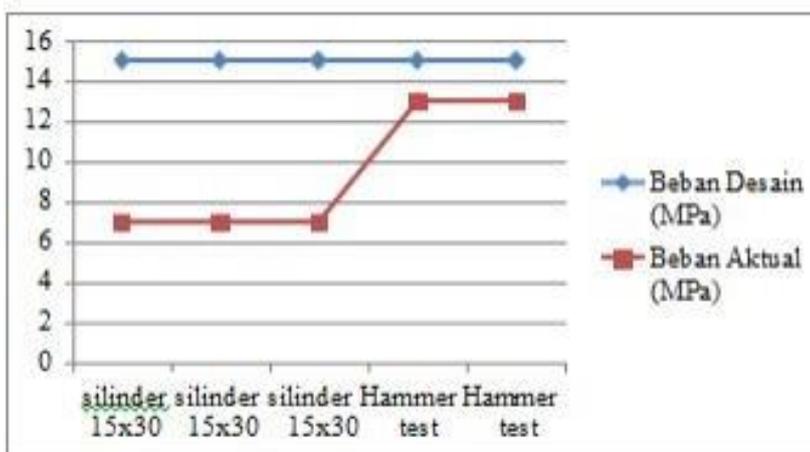
Tabel 2.7. Nilai hammer test pada sampel 2

Tip e	Sud ut	Nil ai	Tegang an	Um ur	Tega ng	(□□□ m) ²	Keterang an	
S2	0	2 6	158 > 28	158	27,04	Jumlah sampel	5	
		2 8	180 > 28	180	282,24	Tegangan rata-rata	16 3	
		2 6	158 > 28	158	27,04	Standard deviasi	17, 01	
		2 8	180 > 28	180	282,24	Tegangan beton Karakteristik	13 5	
		2 5	140 > 28	140	538,24	Mutu Beton = f'c	13	

Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022)

Pada tabel 2.6 diatas menunjukkan hasil dari uji tekan beton pada sampel 2 yang dilakukan dengan menggunakan metode hammer test. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kekuatan tekan rata-rata beton pada usia 30 hari mencapai 7 Mpa, berdasarkan pengujian silinder beton dalam nilai f'c. Ketika dilakukan pengujian tambahan menggunakan metode hammer test pada usia beton 225 hari (7,5 bulan), terjadi peningkatan mutu beton, dengan nilai kekuatan tekan mencapai 13 Mpa. Data ini menunjukkan adanya perkembangan signifikan dalam kualitas beton seiring waktu, yang juga divisualisasikan melalui grafik hasil pengujian mutu beton.

Grafik 2.4 Hasil (Grafik) beban desain dan beban aktual mutu beton.



Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022)

Hasil analisis menunjukkan perbandingan antara beban desain dan beban aktual dari mutu beton yang diuji. Beban desain adalah nilai yang direncanakan berdasarkan perhitungan awal untuk memenuhi spesifikasi teknis konstruksi, sedangkan beban aktual merupakan nilai hasil uji lapangan terhadap sampel beton. Pada usia 30 hari, uji tekan silinder menghasilkan nilai rata-rata kekuatan tekan sebesar 7 Mpa, yang menggambarkan performa awal material sesuai dengan proses curing standar. Setelah beton mencapai usia 225 hari, dilakukan pengujian tambahan menggunakan hammer test untuk mengevaluasi perkembangan mutu beton secara lebih lanjut. Nilai kekuatan tekan meningkat menjadi 13 Mpa, menunjukkan adanya perbaikan sifat mekanis beton seiring waktu. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa beton memiliki kemampuan untuk terus mengembangkan kekuatannya setelah periode curing awal, tergantung pada faktor seperti campuran material, proporsi air-semen, dan kondisi lingkungan selama proses pengerasan. Peningkatan mutu beton ini penting dalam perencanaan dan implementasi konstruksi, karena memberikan gambaran lebih realistis mengenai kemampuan beton untuk menahan beban jangka panjang. Grafik hasil pengujian memvisualisasikan peningkatan ini, memungkinkan analisis yang lebih mudah terkait kesesuaian antara desain dan performa aktual beton di lapangan.

Tabel 2.8 Estimasi beban tarik dan hasil uji tarik

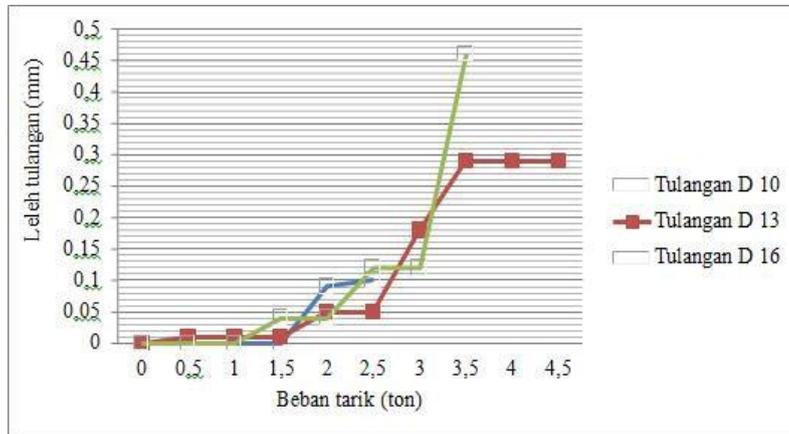
Ukuran Tulangan (diameter)	Mutu beton (Mpa)	diameter lubang (mm)	panjang penyaluran (mm)	Beban rencan (TON)	beban uji (TON)
10	13	12	50	1	2,5
10	13	12	75	1,5	4
10	13	12	100	2	4,5
13	13	16	65	1,8	4,5
13	13	16	97,5	2,6	5,5
13	13	16	130	3,5	5
16	13	20	80	2,7	3,5
16	13	20	120	4	7
16	13	20	160	5,3	7

Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022).

Estimasi beban tarik dan hasil uji tarik merupakan langkah penting dalam menganalisis kekuatan dan daya rekat material pada beton bertulang. Estimasi beban tarik dilakukan terlebih dahulu berdasarkan perhitungan teoritis yang mempertimbangkan faktor-faktor seperti diameter tulangan baja, panjang

penyaluran, dan karakteristik material beton serta epoxy yang digunakan. Nilai estimasi ini menjadi acuan awal untuk memprediksi performa sistem tulangan dalam menahan beban tarik.

Grafik 2.5 Hasil Beban Tarik (ton).



Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022).

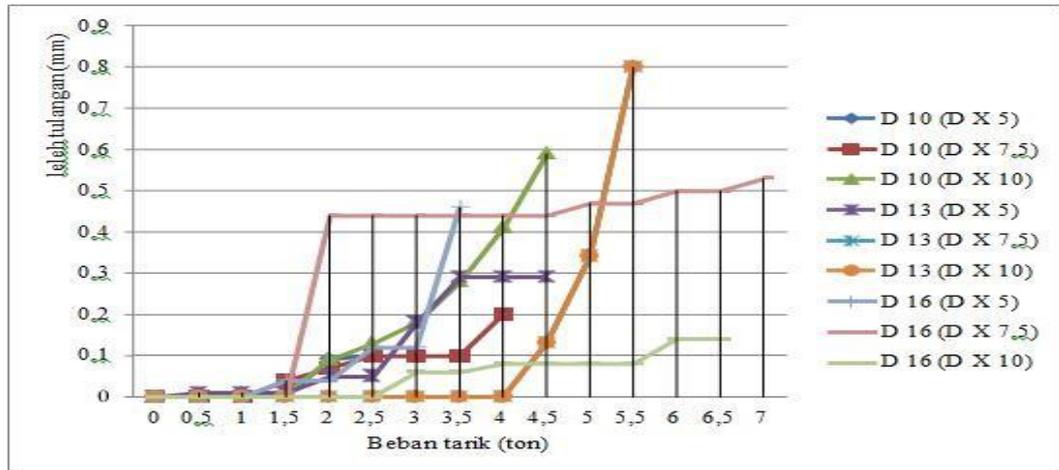
Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pada tahap awal, pengujian kuat tekan beton silinder pada umur 30 hari menghasilkan nilai rata-rata kekuatan tekan sebesar 7 Mpa, yang merupakan indikator kekuatan awal beton setelah proses curing. Nilai ini diperoleh dengan menguji sampel beton silinder yang telah mencapai umur 30 hari, yang merupakan waktu standar untuk mengukur kekuatan beton dalam tahap perawatan awal. Nilai kekuatan tekan ini menunjukkan bahwa beton telah mencapai sebagian besar kekuatan yang direncanakan, namun belum sepenuhnya berkembang.

Selanjutnya, setelah beton berumur 225 hari (sekitar 7,5 bulan), pengujian tambahan dilakukan menggunakan metode hammer test, yang memberikan informasi lebih lanjut tentang kekuatan beton seiring berjalannya waktu. Hasil pengujian pada umur 225 hari menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada mutu beton, dengan nilai kekuatan tekan yang tercatat mencapai 13 Mpa. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa beton mengalami pengerasan lebih lanjut seiring berjalannya waktu, yang dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kelembapan, suhu, dan kondisi lingkungan selama periode curing.

Peningkatan mutu beton ini sangat penting untuk mengetahui potensi jangka panjang beton dalam kondisi konstruksi nyata, karena meskipun beton mungkin mencapai sebagian besar kekuatannya dalam 30 hari, namun kualitas

beton terus berkembang seiring waktu. Grafik yang memvisualisasikan hasil pengujian mutu beton menunjukkan tren peningkatan yang jelas, yang membantu dalam memahami bagaimana beton berperilaku seiring dengan bertambahnya umur dan bagaimana perubahan ini dapat mempengaruhi kinerja struktural dalam aplikasi nyata.

Grafik 2.6 Hasil (Grafik) Perubahan Tulangan, Beton dan Chemical



Grafik 4. 2 Grafik perubahan tulangan, beton dan chemical

Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022).

Grafik 2.6 menunjukkan perubahan yang terjadi pada tulangan baja, beton, dan chemical epoxy ITEWE NEO1, yang digunakan untuk menilai kekuatan daya rekat serta pola kerusakan yang terjadi pada beton yang diberi perlakuan tersebut. Dalam penelitian ini, penulis mengelompokkan hasil uji menjadi tiga kategori utama berdasarkan ukuran diameter tulangan (D10, D13, dan D16) dan panjang penyaluran yang bervariasi. Penggolongan ini penting untuk memahami pengaruh variasi diameter tulangan dan panjang penyaluran terhadap kinerja epoxy serta interaksi material dalam sistem perkuatan beton.

Penggolongan pertama adalah tulangan baja dengan diameter D10, D13, dan D16 yang memiliki panjang penyaluran dikalikan dengan faktor 5 ($D \times 5$). Penggolongan ini mewakili pengujian pada sistem tulangan dengan penyaluran yang relatif pendek, yang memungkinkan pengujian kemampuan daya rekat epoxy pada kondisi dengan penetrasi yang lebih dangkal.

Penggolongan kedua adalah dengan panjang penyaluran dikalikan 7,5 ($D \times 7,5$), yang memberikan gambaran tentang bagaimana daya rekat epoxy bekerja ketika panjang penyaluran sedikit lebih panjang, sehingga memberikan area

kontak yang lebih luas antara epoxy dan tulangan baja. Penggolongan ini penting untuk mengevaluasi kinerja epoxy dalam penguatan struktur dengan penyaluran tulangan yang lebih dalam, yang mungkin terjadi dalam desain konstruksi yang lebih kompleks.

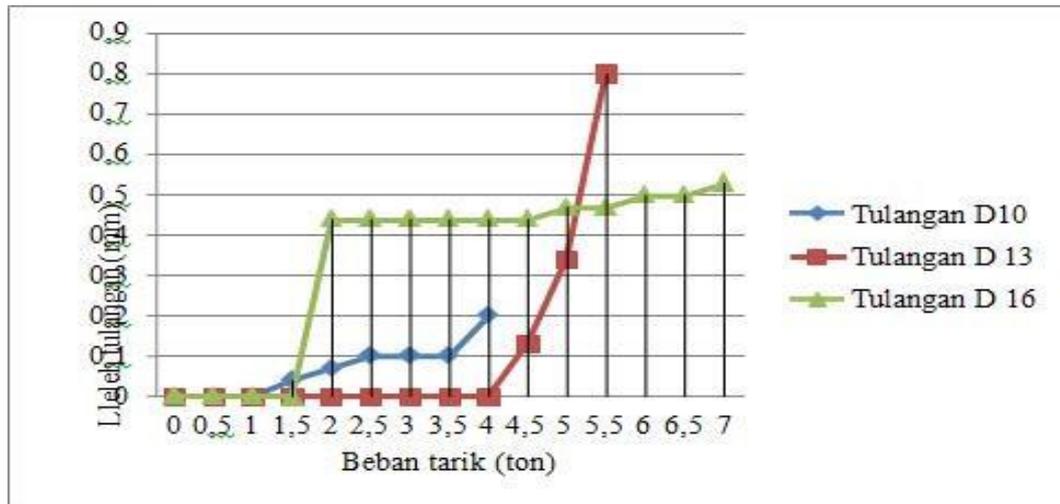
Penggolongan ketiga adalah panjang penyaluran yang dikalikan dengan 10 ($D \times 10$). Pada kelompok ini, tulangan baja memiliki penetrasi paling dalam ke dalam beton, yang berfungsi untuk mengukur kinerja daya rekat epoxy pada kondisi paling ekstrem, di mana lebih banyak material yang terlibat dalam proses penguatan struktural. Dengan penggolongan ini, penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi pola kerusakan yang terjadi pada beton dan epoxy, serta memberikan wawasan tentang bagaimana ketahanan sistem ini berfungsi ketika tulangan baja berukuran lebih besar dan penyalurannya lebih panjang.

Setiap penggolongan memberikan pemahaman mendalam mengenai hubungan antara ukuran dan panjang penyaluran tulangan baja, serta dampaknya terhadap efektivitas epoxy sebagai material pengikat dalam memperkuat struktur beton. Dengan cara ini, penelitian ini tidak hanya mengukur kekuatan tarik dan daya rekat, tetapi juga mengevaluasi pola kerusakan yang terjadi pada kedua material tersebut, yang sangat penting untuk perencanaan konstruksi dan evaluasi keandalan sistem perkuatan.

1. Diameter 10, 13, 16 (D x 5)

Penggolongan pertama dalam penelitian ini mengkategorikan tulangan baja berdasarkan ukuran diameter dan panjang penyaluran. Pada kategori ini, diameter tulangan yang diuji adalah D10, D13, dan D16, dengan panjang penyaluran dihitung berdasarkan faktor pengali lima ($D \times 5$). Panjang penyaluran ini mengacu pada kedalaman penetrasi tulangan baja ke dalam beton yang diukur dari permukaan beton hingga ujung tulangan yang terhubung dengan material pengikat, dalam hal ini adalah chemical epoxy ITEWE NEO1.

Grafik 2.7 Hasil (Grafik) perubahan yang terjadi pada tulangan



Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022)

Grafik 2.7 menggambarkan perubahan yang terjadi pada sistem tulangan baja, beton, dan chemical epoxy ITEWE NEO1 dengan panjang penyaluran yang dikalikan dengan faktor 5 ($D \times 5$). Hasil pengujian pada tabel 4.7 menunjukkan bahwa variasi diameter tulangan (D10, D13, dan D16) dengan panjang penyaluran $D \times 5$ menghasilkan perbedaan signifikan dalam hal beban tarik yang dapat ditahan serta pola kerusakan yang terjadi pada sistem tersebut.

Pada tulangan dengan diameter D13, tercatat beban tarik tertinggi mencapai 4,5 ton, menunjukkan bahwa tulangan dengan diameter tersebut memiliki kapasitas tarik yang lebih besar dibandingkan dengan diameter lainnya, yakni D10 dan D16. Ini mengindikasikan bahwa tulangan D13 memberikan keseimbangan yang lebih baik antara kekuatan tarik dan daya rekat dengan chemical epoxy ITEWE NEO1, sehingga mampu menahan beban lebih besar sebelum terjadi kerusakan.

2. Diameter 10, 13, 16 ($D \times 10$)

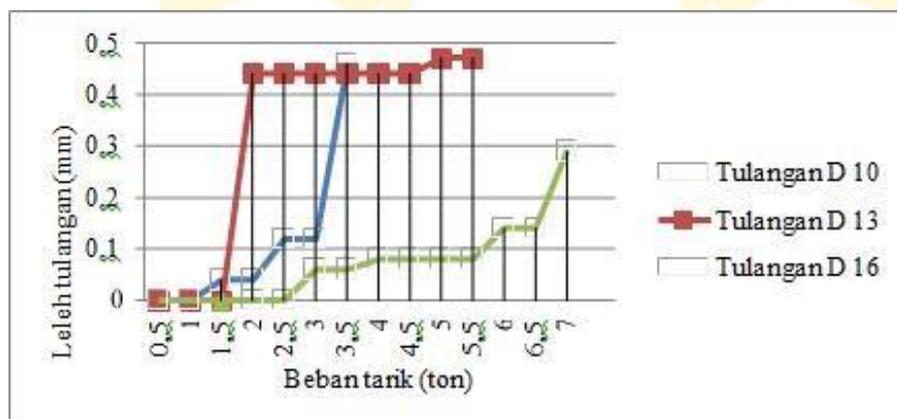
Penggolongan kedua dalam penelitian ini menguji pengaruh panjang penyaluran tulangan baja yang dihitung dengan faktor sepuluh ($D \times 10$). Dalam kategori ini, tiga variasi diameter tulangan yang digunakan adalah D10, D13, dan D16. Penggolongan ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana panjang penyaluran yang lebih dalam mempengaruhi daya rekat chemical epoxy ITEWE NEO1 serta kekuatan tarik yang dihasilkan.

Panjang penyaluran yang dihitung dengan faktor 10 ini memberikan gambaran yang lebih mendalam tentang hubungan antara tulangan dan beton, di mana panjang penyaluran yang lebih dalam memungkinkan adanya kontak yang lebih luas antara tulangan dan chemical epoxy. Hal ini memungkinkan interaksi yang lebih kuat antara kedua material, yang diharapkan dapat meningkatkan daya tahan dan kapasitas tarik sistem secara keseluruhan.

Dalam penggolongan ini, hasil pengujian pada tabel 4.9 menunjukkan perubahan yang signifikan pada tulangan, beton, dan chemical epoxy. Semakin besar diameter tulangan dan semakin dalam penyalurannya, semakin tinggi pula kapasitas tarik yang dapat ditahan oleh sistem tersebut. Namun, meskipun panjang penyaluran yang lebih dalam memungkinkan daya rekat yang lebih baik, tetap terjadi perubahan pada beton dan epoxy saat beban tertentu diterapkan. Misalnya, pada tulangan D16, dengan panjang penyaluran yang lebih dalam, beton dan epoxy menunjukkan kerusakan pada titik tertentu, yang menunjukkan batas kapasitas material.

Secara keseluruhan, penggolongan ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh panjang penyaluran terhadap kekuatan tarik dan daya rekat pada tulangan baja, serta pola kerusakan yang terjadi pada beton dan chemical epoxy ITEWE NEO1. Dengan hasil ini, dapat lebih mudah menentukan spesifikasi desain yang optimal dalam aplikasi konstruksi, berdasarkan ukuran tulangan dan panjang penyaluran yang sesuai untuk mencapai kinerja yang diinginkan.

Gambar 2.8 Hasil (Grafik) perubahan yang terjadi pada tulangan



Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022)

Grafik 2.8 menggambarkan perubahan yang terjadi pada sistem tulangan baja, beton, dan chemical epoxy ITEWE NEO1 dengan panjang penyaluran yang

dihitung dengan faktor 10 ($D \times 10$). Hasil yang tercatat pada tabel 4.9 menunjukkan variasi diameter tulangan (D10, D13, dan D16) dengan panjang penyaluran ini memberikan wawasan yang lebih dalam tentang kekuatan tarik dan pola keruntuhan sistem secara keseluruhan.

Pada tulangan dengan diameter D16, yang memiliki panjang penyaluran $D \times 10$, tercatat beban tarik tertinggi yang dapat ditahan adalah 7 ton. Ini menunjukkan bahwa tulangan D16 memiliki kapasitas tarik yang lebih besar dibandingkan dengan diameter yang lebih kecil, karena panjang penyaluran yang lebih dalam memberikan interaksi yang lebih baik antara tulangan baja dan chemical epoxy. Namun, meskipun tulangan D16 mampu menahan beban tinggi, terjadi titik leleh pada tulangan D13, yang menunjukkan deformasi sebesar 1,1 mm, menunjukkan bahwa tulangan tersebut mulai mengalami kerusakan struktural setelah mencapai batas beban tertentu.

Adapun pada tulangan D10, meskipun memiliki diameter yang lebih kecil, beban tarik yang dapat ditahan adalah 4,5 ton. Pada beban ini, beton mengalami kegagalan, yang berarti beton tidak lagi mampu mendukung beban tarik yang diberikan dan mulai retak atau hancur. Begitu juga pada tulangan D13, yang dapat menahan beban hingga 5 ton, tetapi beton mulai mengalami kerusakan pada titik ini.

Pada tulangan D16, meskipun mampu menahan beban hingga 7 ton, chemical epoxy ITEWE NEO1 mengalami kegagalan pada beban tersebut, di mana epoxy mulai gagal dalam mempertahankan daya rekatnya dengan tulangan. Pola keruntuhan pada kedua material—beton dan epoxy—terlihat jelas dalam pengujian ini, menunjukkan bahwa semakin besar diameter tulangan, semakin tinggi kapasitas tarik yang dapat ditahan, tetapi juga semakin besar potensi kegagalan pada material terkait.

Secara keseluruhan, pengujian ini memberikan gambaran komprehensif tentang bagaimana diameter tulangan dan panjang penyaluran memengaruhi performa sistem perkuatan beton bertulang. Meskipun tulangan dengan diameter lebih besar dapat menahan beban yang lebih tinggi, kegagalan tetap terjadi baik pada beton maupun pada epoxy, yang memberikan insight mengenai pentingnya keseimbangan antara ukuran tulangan, panjang penyaluran, dan daya rekat bahan

pengikat untuk memastikan kekuatan struktural yang optimal.

Tabel 2.9 Kuat Tarik Tulangan Sirip dan Polos Menggunakan Chemical Epoxy Adhesive Beton Itewe Neo1 Dengan Variasi Panjang Penyaluran

Kuat Tarik Tulangan Sirip Menggunakan Chemical Epoxy Adhesive Beton Itewe Neo1 Dengan Variasi Panjang Penyaluran	Kuat Tarik Tulangan Polos Menggunakan Chemical Epoxy Adhesive Beton Itewe
Pola Keruntuhan	Pola Keruntuhan
<p>Hasil analisis beban tarik yang Dilakukan terhadap tulangan berdasarkan observasi langsung terhadap objek, seperti terlihat pada dokumentasidokumentasi pengujian diatas menunjukan bahwa pola keruntuhan yang terjadi ada dua macam yaitu keruntuhan pada chemcial epoxy adhesive beton Itewe Neo1 terhadap tulangan sirip dan kerusakan epoxy adhesive beton Itewe Neo1 pada beton itu sendiri, dimana kerusakan chemcial epoxy adhesive beton Itewe Neo1 terhadap tulangan sirip dinilai dari chemical epoxy yang retak dan memisah dari tulangan sedangkan kerusakan epoxy adhesive beton Itewe Neo1 pada beton dinilai dari chemical yang retak dan memisah dari beton itu sendiri.</p>	<p>Dokumentasi dan gambar ilustrasi tersebut diatas, menunjukan pola kerusakan yang terjadi ada dua maca yaitu pola kerusakan pada chemical epoxy adesiv beton itewe neo1 dan kerusakan pada beton itu sendiri, pola kerusakan pada Itewe Neo terlihat pada beberapa tulangan seperti pada tulangan D10, D13, dan D16. Dimana kerusakan yang terlihat adalah chemical epoxy adesive beton itewe neo1 mengalami retakan dan mulai memisah dari beton dan tulangan, sedangkan pola kersukan pada beton adalah beton megalami retakan di sekeliling diameter lubang tualangan.</p>

Sumber : Tarigan, R. R., Darnianti, Laia, F. J. S., & Vernando, J. L. (2022)

Nilai kuat tarik atau daya rekat yang dihasilkan oleh chemical epoxy adhesive beton ITEWE NEO1 bervariasi tergantung pada diameter tulangan dan panjang penyaluran yang digunakan.

Berikut adalah hasil pengujian yang menunjukkan kapasitas tarik berdasarkan variasi diameter tulangan:

D10 × 5: 2,5 ton

D10 × 7,5: 4 ton

D10 × 10: 4,5 ton

D13 × 5: 4,5 ton

D13 × 7,5: 5,5 ton

D13 × 10: 5 ton

D16 × 5: 3,5 ton

D16 × 7,5: 7 ton

D16 × 10: 7 ton

Dari hasil pengujian tersebut, terlihat bahwa semakin besar diameter tulangan, semakin besar pula daya rekat yang dapat dihasilkan oleh chemical epoxy ITEWE NEO1. Ini berarti bahwa tulangan dengan diameter lebih besar memiliki kapasitas yang lebih tinggi dalam menahan gaya tarik yang diterapkan, karena area kontak antara epoxy dan tulangan juga lebih besar, memungkinkan ikatan yang lebih kuat antara kedua material.

Selain itu, pola kerusakan beton yang terjadi akibat daya rekat chemical epoxy adhesive ini dipengaruhi oleh diameter tulangan. Semakin besar diameter tulangan, semakin besar pula gaya yang diteruskan ke beton, yang menyebabkan retakan yang lebih besar pada beton. Pada tulangan dengan diameter lebih kecil, seperti D10, gaya tarik yang diterima lebih rendah, sehingga kerusakan pada beton relatif lebih sedikit. Namun, pada tulangan dengan diameter lebih besar, seperti D16, meskipun daya rekat yang dihasilkan lebih tinggi, beton cenderung mengalami kerusakan yang lebih besar, yang ditandai dengan retakan yang lebih luas akibat gaya tarik yang lebih besar.

Hal ini menunjukkan pentingnya memilih ukuran tulangan yang tepat sesuai dengan kebutuhan struktural dan tujuan perkuatan, agar daya rekat yang optimal antara tulangan dan beton dapat tercapai tanpa menyebabkan kerusakan berlebihan pada beton itu sendiri.