

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tes Tarik (*Pull Out Test*)

Tes Tarik atau *Pull Out Test* merupakan salah satu metode pengujian untuk mengukur kekuatan tarik sebuah elemen, seperti rebar (besi tulangan), yang ditanam dalam material beton atau substrat lainnya. Prinsip dasar dari tes tarik atau *pull out test* adalah menarik elemen dari beton dengan gaya aksial hingga terjadi kegagalan, baik pada material pengikatnya atau elemen itu sendiri. Hasil dari *Pull Out Test* membantu memastikan bahwa komponen yang digunakan dalam struktur mampu menahan beban tarik yang diharapkan dan sesuai dengan standar keselamatan. Sistem pengujian *Pull Out Test* sering digunakan untuk menguji beberapa hal, terutama terkait kekuatan tarik dari elemen yang ditanam dalam material lain.

2.1.1 Uji Kuat Tarik (*Tensile Strength test*)

Pengujian kuat tarik besi beton atau rebar ini diambil dari beberapa jurnal atau penelitian terdahulu, dan dalam jurnal atau penelitian tersebut penulis mengutip beberapa hal penting dan menggabungkannya, dalam hal untuk menjadi dasar penulis untuk melaksanakan penelitian ini, Pengujian kuat tarik besi berdasarkan studi literatur dapat dijelaskan melalui uraian berikut.

1. Saputra, P. A. E., & Ginting, B. S. (2021). pada penelitian tentang "Kajian Eksperimental Kuat Tarik rebar dengan Variasi Kedalaman dan Diameter", penelitian ini menggunakan metode uji kuat tarik (*tensile strenght test*) menggunakan perekat *adhesive*, Berikut ini merupakan alur penelitian yang dilaksanakan.
 - a. Persiapan alat dan bahan
 - b. pembuatan bekisting
 - c. pengecoran benda uji dan sampel
 - d. uji kuat tekan beton
 - e. pemasangan rebar
 - f. Uji tarik rebar (*pull out test*)

g. Pengumpulan data hasil pengujian

h. Pengambilan kesimpulan

Tabel 2. 1 Hasil pengujian kuat tekan beton

No	Sampel	Tanggal		Massa (Kg)	Umur (Hari)	Beban Tekan (kN)	Luas Benda Uji	Hasil pengujian f'c (Mpa)
		Cetak	Uji					
1	I	30 Maret 2019	29 April 2019	11,75	>28	295	176,786	16,69
		30 Maret 2019	29 April 2019					
2	II	30 Maret 2019	29 April 2019	11,26	>28	280	176,786	15,84

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

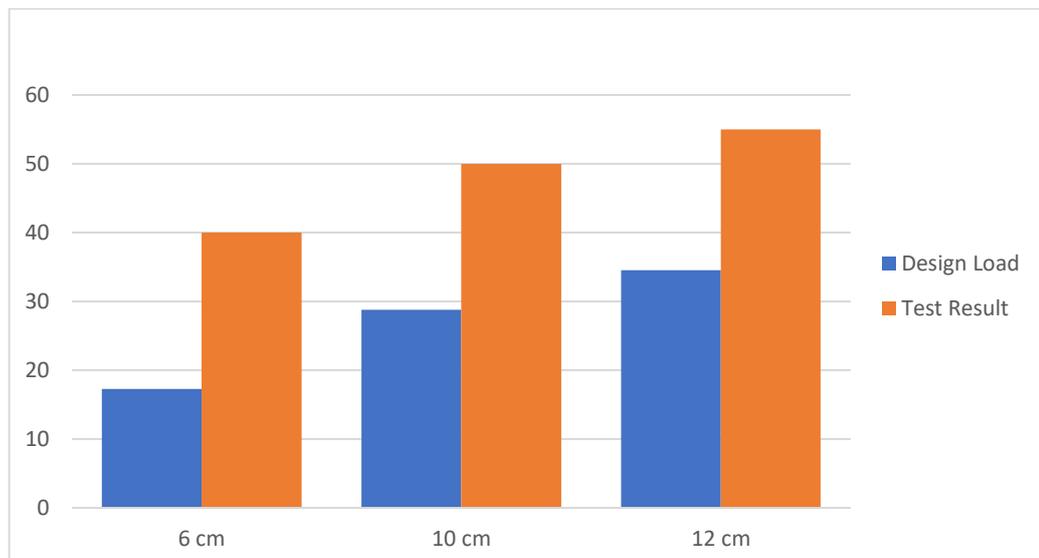
Tabel. 2.1 di atas merupakan hasil pengujian kuat tekan beton yang di uji menggunakan alat penguji kuat tekan beton (*compression test*) berdasarkan mutu beton yang di rencanakan dalam penelitian.

Tabel 2. 2 Data hasil uji kuat tarik rebar pada T10

Ukuran Rebar	f'c (Mpa)	Kedalaman (cm)	Design Load (kN)	Test Result (kN)
T 10	16,69	6	17,28	40,00
		10	28,80	50,00
		12	34,56	55,00

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

Tabel. 2.2 diatas merupakan data hasil pengujian kuat tarik rebar pada T 10 pada kedalaman 6 cm, 10 cm, dan 12 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian kuat tarik rebar T10 pada kedalaman 6 cm menghasilkan kekuatan tarik sebesar 40 kN, sedangkan pada kedalaman 10 cm diperoleh nilai 50 kN, dan pada kedalaman 12 cm tercatat kekuatan tarik sebesar 55 kN.



Gambar 2. 1 Diagram design load dengan test result pada T 10

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

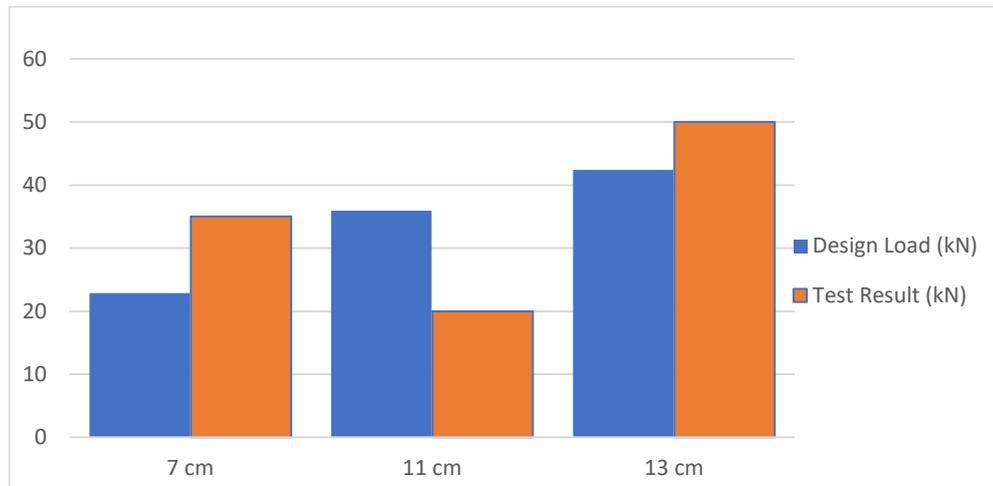
Gambar 2.2 di atas merupakan Diagram perbandingan design load dengan test result pada T 10 pada kedalaman 6 cm, 10 cm, dan 12 cm. Sesuai hasil penelitian yang terdapat pada Tabel. 2.2.

Tabel 2. 3 Data hasil uji kuat tarik rebar pada T13

Ukuran Rebar	f'_c (MPa)	Kedalaman (cm)	Design Load (kN)	Test Result (kN)
T 13	16,69	7	22,85	35,00
		11	35,92	20,00
		13	42,43	50,00

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

Tabel. 2.3 diatas merupakan data hasil pengujian kuat tarik rebar pada T 13 pada kedalaman 7 cm, 11 cm, dan 13 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengujian kuat tarik rebar T10 pada kedalaman 7 cm menghasilkan kekuatan tarik sebesar 35 kN, sedangkan pada kedalaman 11 cm diperoleh nilai 20 kN, dan pada kedalaman 13 cm tercatat kekuatan tarik sebesar 50 kN.



Gambar 2. 2 Diagram design load dengan test result pada T 13

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

Gambar 2.3 di atas merupakan Diagram perbandingan design load dengan test result pada T 13 pada kedalaman 7 cm, 11 cm, dan 13 cm. Berdasarkan hasil penelitian pada rebar T13, uji kekuatan tarik pada kedalaman 7 cm menghasilkan nilai 35 kN. Namun, pada kedalaman 11 cm, nilai kekuatan tarik turun menjadi 20 kN, dan kembali meningkat menjadi 55 kN pada kedalaman 13 cm. Dari hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa kedalaman penanaman rebar berpengaruh terhadap kekuatan tarik yang dihasilkan. Dalam hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa kedalaman mempengaruhi nilai kuat tarik rebar.

2. Tarigan, V. A., Sirait, A. R., Sihombing, M. A., & Sembiring, F. N. (2022).

Pada penelitian tentang “Eksperimental tarik baja tulangan pada beton variasi diameter dan panjang penyaluran menurut peraturan SNI 2847:2019” Penelitian ini bertujuan untuk Memahami kekuatan tarik dari baja tulangan polos dengan variasi diameter dan panjang penyaluran pada beton. Menganalisis kekuatan tarik baja tulangan sirip dengan berbagai variasi diameter dan panjang penyaluran. Mengidentifikasi perbedaan daya tahan beton terhadap kekuatan friksi yang dihasilkan antara baja tulangan polos dan baja tulangan sirip. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu :

- a. pembuatan benda uji silinder
- b. Pembuatan Benda uji eksperimen tarik

- c. Pengujian Tekan Beton
- d. Uji Tarik Beja Tulangan.

Hasil dari penelitian tentang “Eksperimental tarik baja tulangan pada beton variasi diameter dan panjang penyaluran menurut peraturan SNI 2847:2019” dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 2. 4 Uji Tarik Tulangan Beton Sirip

Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip	fc (Mpa)	Kedalaman (cm)	Hasil Test (kN)
D 10	7	10	9,81
		30	53,95
		50	68,67
D 13	7	10	14,71
		30	19,62
		50	68,67
D 16	7	10	68,67
		30	117,72
		50	147,15

Sumber : Tarigan, V. A., Sirait, A. R., Sihombing, M. A., & Sembiring, F. N. (2022).

Tabel 2. 5 Uji Tarik Tulangan Polos

Ukuran Tulangan	fc (Mpa)	Kedalaman (cm)	Test Load (kN)
Ø 8	7	10	4,9
		30	24,52
		50	24,52
Ø 10	7	10	24,52
		30	39,23
		50	44,13
Ø 12	7	10	24,52
		30	49,03
		50	73,55

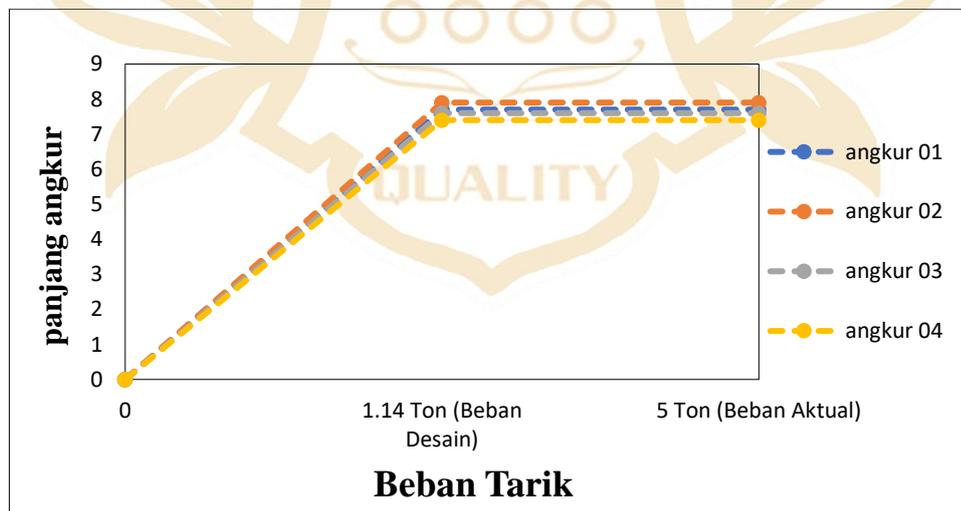
Sumber : Tarigan, V. A., Sirait, A. R., Sihombing, M. A., & Sembiring, F. N. (2022).

Tabel 2.4 Uji Tarik Tulangan Beton Sirip dan Tabel 2.5 Uji Tarik Tulangan Polos diatas merupakan hasil uji tarik pada penelitian “Eksperimental tarik baja

tulangan pada beton variasi diameter dan panjang penyaluran menurut peraturan SNI 2847:2019”. Variasi dalam pengujian ini mencakup penggunaan baja tulangan sirip dengan diameter 10 mm, 13 mm, dan 16 mm, serta baja tulangan polos dengan diameter 8 mm, 10 mm, dan 12 mm. Hasil uji menunjukkan bahwa semakin dalam pemasangan baja tulangan, semakin tinggi pula kekuatan tarik yang dibutuhkan. Selain itu, hasil pengujian juga memperlihatkan bahwa baja tulangan sirip memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibandingkan baja tulangan polos.

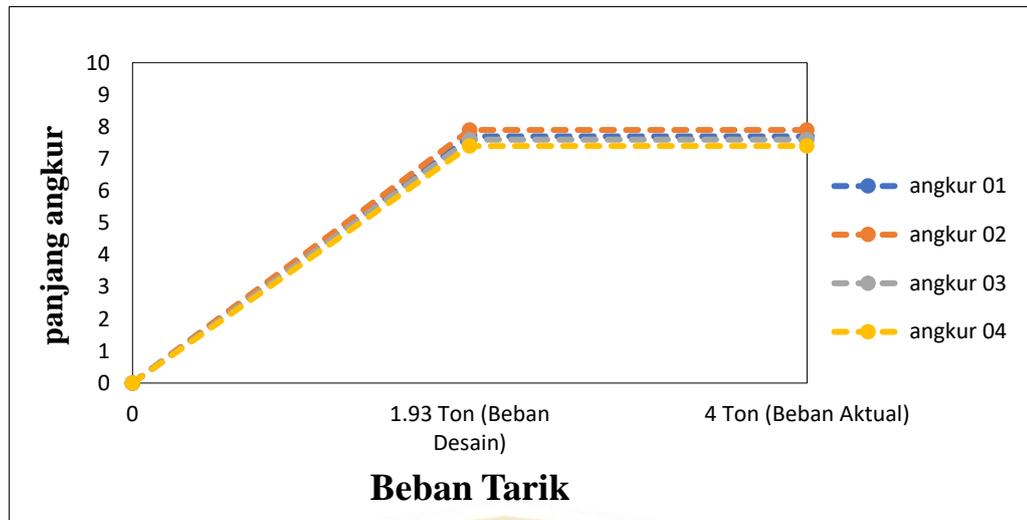
3. Pengujian kuat tarik *chemical anchor* oleh “Sibagariang Y, Sinaria Halawa (2020)” Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan beban tarik antara M10 dan M12 berdasarkan variasi jarak angkur dari beton dan jarak ke sisi tepi beton, menggunakan mutu beton $f'c$ 16.26 MPa. Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan dengan metode *loading test*, yaitu sebagai berikut.

- a. Desain benda uji
- b. Penentuan spesifikasi benda uji
- c. Estimasi beban tarik (*design load*)
- d. *Anchor pull-out test*



Gambar 2. 3 Grafik Beban
Sumber : Sibagariang Y, Sinaria Halawa 2020

Gambar 2.3 merupakan Grafik yang menunjukkan hasil uji beban tarik yang telah diterapkan pada *anchor*, berdasarkan berbagai variasi yang telah direncanakan dalam penelitian.



Gambar 2. 4 Grafik Beban

Sumber : Sibagariang Y, Sinaria Halawa 2020

Gambar 2.4 memiliki kemiripan dengan yang terdapat pada Gambar 2.3, di mana keduanya menunjukkan hasil uji pembebanan terhadap *anchor*. Grafik tersebut menggambarkan beban desain, beban aktual, serta perubahan panjang *anchor* yang terjadi selama pengujian.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi perbedaan beban tarik pada M10 dan M12 berdasarkan jarak angkur beton serta jarak ke sisi tepi beton, dengan menggunakan mutu $f'c$ 16,26 MPa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kualitatif melalui eksperimen yang dilakukan di Laboratorium Beton Teknik Sipil Universitas Quality. Diharapkan, penelitian ini dapat memberikan panduan bagi para pelaku konstruksi dalam memilih spesifikasi desain angkur yang paling sesuai untuk kebutuhan bangunan, serta memberikan manfaat dalam bidang konstruksi lainnya yang memerlukan pengendalian kualitas angkur.

2.1.2 Pengujian Pembebanan

Berikut adalah pengujian pembebanan terhadap tulangan dan *anchor* berdasarkan studi literatur. Dalam pengutipannya, penulis merangkum berbagai aspek seperti prosedur pengujian dan metode yang digunakan. Adapun ringkasan dari kutipan tersebut dapat dilihat pada uraian berikut:

1. Tarigan V. A, Imanuel P. T. P. (2019). Pada penelitian tentang “penggunaan *starter rebar* dengan *chemical epoxy* pada rekonstruksi dinding penahan tanah *cantilever*”.

Konstruksi dinding penahan tanah tipe *cantilever* menggunakan tulangan sebagai elemen utama dalam struktur. Penambahan tulangan kembali pada dinding penahan tanah dilakukan ketika diperlukan penguatan tambahan atau saat proses rekonstruksi struktur. Dalam penelitian ini, penggunaan *starter rebar* dikombinasikan dengan *chemical epoxy* sebagai metode perkuatan dalam rekonstruksi dinding penahan tanah. Penyelidikan kondisi tanah menjadi tahap penting karena tanah berperan sebagai beban yang memengaruhi stabilitas struktur. Parameter tanah yang diperoleh kemudian dikonversikan menjadi gaya lateral yang dapat menyebabkan momen guling dan geser pada dinding. Selain itu, massa tanah di belakang dinding juga berfungsi sebagai *counter weight* untuk menambah stabilitas. Pada penelitian ini, penulangan kembali untuk dinding penahan tanah tipe *cantilever* menggunakan D19-170 sebagai tulangan utama pada zona tarik, D16-170 pada zona tekan, serta tulangan bagi menggunakan D13-170.

Metode pengujian dilakukan melalui beberapa tahapan sebagai berikut. Tahap awal dimulai dengan survei lokasi untuk memahami kondisi area pengujian. Selanjutnya, dilakukan pengambilan sampel tanah eksisting sebagai bahan analisis lebih lanjut. Sampel yang telah diperoleh kemudian diuji di laboratorium guna menentukan karakteristik fisik dan mekanisnya. Hasil pengujian ini digunakan untuk menetapkan parameter kekuatan tanah yang menjadi dasar dalam analisis stabilitas. Setelah itu, dilakukan perhitungan terhadap stabilitas struktur, termasuk analisis terhadap potensi terjadinya pergeseran dan guling. Tahap akhir dari metode ini adalah pelaksanaan uji tarik terhadap rebar guna mengevaluasi daya lekat dan kekuatan tariknya dalam kondisi yang telah ditentukan.

2. Panggabean, I. P. T., & Siregar, C. H. (2019). Pada penelitian tentang “Kajian eksperimental keruntuhan tekan benda uji beton *self compacting concrete*” Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari beton jenis *Self Compacting Concrete* (SCC), yaitu beton inovatif yang tidak memerlukan proses pemadatan dengan getaran. Beton ini memiliki

kemampuan untuk mengalir dengan sendirinya dan mengisi seluruh bekisting hingga tercapai pemadatan yang optimal. Model-model keruntuhan beton sangat penting untuk dianalisis karena memberikan wawasan yang menarik. Penelitian ini menguji berbagai model keruntuhan beton yang dibentuk dengan beberapa variasi campuran beton, antara lain variasi kadar air (standar, -6%, -12%, +4%, +8%), variasi tinggi benda uji (16 cm, 13 cm, 9 cm, 7 cm, 6 cm), serta variasi umur rencana. Berdasarkan hasil percobaan, pola keruntuhan yang paling sering ditemukan adalah retakan sejajar dengan sumbu tegak, diikuti dengan model keruntuhan kerucut dan geser. Model keruntuhan yang paling jarang terjadi adalah jenis keruntuhan kerucut dan belah.

Pada penelitian ini menyatakan bahwa, Hasil pengujian pada benda uji dengan variasi kadar air, tinggi benda uji, dan umur beton menunjukkan pola keruntuhan yang sesuai dengan ketentuan dalam SNI 1974:2011. Dan juga Penelitian ini mengungkapkan bahwa variasi kadar air menghasilkan model keruntuhan yang mencakup kelima model yang diatur dalam peraturan. Sementara itu, variasi tinggi benda uji dan umur beton menunjukkan dua pola keruntuhan, yaitu keruntuhan kerucut dan geser, serta keruntuhan sejajar kolom. Secara keseluruhan, mekanisme keruntuhan yang diamati selama pengujian memenuhi kriteria yang ditetapkan untuk pengujian kuat tekan beton menggunakan benda uji berbentuk silinder.

3. Panggabean, I. P. T., Valentana, A. T. (2020). Pada penelitian tentang “Perkuatan Balok Konsol Terhadap Geser Menggunakan *Carbon Fiber Wrap*” Dalam penelitian ini dilakukan pendekatan analitis digunakan untuk menentukan ukuran benda uji dengan mempertimbangkan kriteria desain yang relevan. Proses penelitian diawali dengan mempersiapkan alat-alat pengujian, termasuk *Hydraulic Jack*, yang berfungsi untuk memberikan pembebanan secara bertahap. *Hydraulic Jack* memungkinkan penyesuaian beban secara presisi, sehingga respons balok terhadap gaya geser dapat diamati secara detail pada setiap tahap pengujian. Berikut adalah bagan alir penelitian yang dilakukan :

- a. Persiapan pembuatan model dengan analitis.
- b. Penyediaan bahan material beton dan campuran beton.
- c. Pembuatan benda uji silinder sebanyak dua buah dan model balok konsol sebanyak dua buah.
- d. Benda uji silinder di uji untuk nilai $f'c$.
- e. Dua mode balok konsol.
- f. Periksa benda uji secara visual baik atau tidak.
- g. Pengujian benda uji silinder di laboratorium beton, model balok konsol di uji dengan hydraulic jack.
- h. Pembuatan laporan dan analisis.
- i. Hasil.

Hasil pada penelitian penelitian menunjukkan bahwa balok konsol pendek dengan penampang berukuran 100 mm x 200 mm, yang awalnya didesain untuk menahan gaya geser, mengalami kegagalan pada mekanisme geser, termasuk pada bagian kolomnya. Setelah dilakukan penguatan menggunakan *Carbon Fiber Wrap*, balok konsol pendek mengalami peningkatan kekuatan geser sebesar 83% untuk Benda Uji 1 dengan tulangan Sengkang ϕ 6-150 dan kenaikan 85% untuk benda uji 2 dengan tulangan Sengkang ϕ 6-100.

2.2 Kimia Konstruksi

Masyarakat kuno telah mengembangkan berbagai teknik yang menjadi fondasi bagi lahirnya ilmu kimia dan cabang-cabangnya. Mereka telah mempraktikkan proses-proses seperti fermentasi untuk produksi bir dan anggur, pembuatan pewarna kosmetik dan lukisan, ekstraksi logam dari bijihnya, pembuatan keramik dan kaca, pengolahan susu menjadi keju, pencelupan kain dengan pewarna alami, serta pencampuran logam untuk menciptakan paduan seperti perunggu. Selain itu, mereka juga mengekstraksi bahan kimia dari tumbuhan untuk digunakan sebagai obat-obatan dan parfum. Namun, pada masa itu, pemahaman mereka mengenai sifat dan perubahan materi masih bersifat empiris dan belum didasarkan pada metode ilmiah. Mereka tidak mendokumentasikan proses tersebut dalam bentuk teori yang dapat diuji dan dikembangkan lebih lanjut. Oleh karena itu, ilmu kimia sebagai disiplin ilmiah belum terbentuk pada zaman

tersebut. Sejarah ilmu kimia mulai mendapatkan bentuknya ketika Robert Boyle (1627–1691) membedakan antara kimia dan alkimia dalam karyanya yang berjudul *The Sceptical Chymist* (1661). Baik kimia maupun alkimia mempelajari sifat dan perubahan materi, tetapi perbedaannya terletak pada metode yang digunakan. Alkimiawan cenderung menggunakan pendekatan spekulatif dan mistis, sementara kimiawan menerapkan metode ilmiah dalam memahami dan menjelaskan fenomena kimia. “Chemistry 2023”

Seiring waktu, ilmu kimia berkembang menjadi berbagai cabang, termasuk kimia konstruksi. Dalam bidang ini, para ilmuwan dan insinyur telah menciptakan berbagai teknologi yang meningkatkan kualitas, kekuatan, serta efisiensi dalam pekerjaan konstruksi. Bahan-bahan kimia konstruksi terus dikembangkan untuk meningkatkan daya tahan material, mempercepat proses pengerjaan, dan mengurangi dampak lingkungan. Dengan adanya inovasi ini, sektor konstruksi dapat menghasilkan bangunan yang lebih kokoh, efisien, dan berkelanjutan.

2.3 Semen

Semen merupakan senyawa yang sangat penting dalam produksi beton, berfungsi sebagai perekat agregat kasar dan halus serta bahan bangunan lainnya seperti batu bata. Penggunaan material semen dimulai sekitar zaman peradaban Yunani, Romawi, dan Mesir kuno. Banyak bangunan bersejarah yang masih berdiri hingga saat ini menjadi saksi penggunaan material semen sejak zaman dahulu. Saat itu, batu-batu besar direkatkan menggunakan bahan perekat alami seperti gipsum, batu kapur, batu gamping, abu vulkanik, dan *pozzolan*. Berkat teknologi ini, Anda bisa melihat bangunan ikonik seperti Candi Borobudur di Indonesia, Tembok Besar China, dan Piramida Mesir. Selain itu, material seperti aspal juga biasa digunakan untuk merekatkan bahan bangunan seperti pada peradaban Mahenjo dan Harappa di India serta arsitektur kuno Pulau Buton. "Syarif Hidayat (2009)"

Semen konon pertama kali ditemukan di Pozzuoli dekat Teluk Napoli di Italia pada masa Kekaisaran Romawi. Lem ini disebut *pozzola*. Awalnya semen terbuat dari campuran batu kapur dan abu vulkanik yang diaktivasi melalui proses pembakaran. Kata "semen" berasal dari bahasa Latin *caementum*, yang berarti "dipotong menjadi potongan-potongan kecil yang tidak beraturan". Campuran ini

populer pada saat itu, namun menurun seiring jatuhnya Kekaisaran Romawi dan menghilang hingga Abad Pertengahan (1100-1500 M). Pada abad ke-18, insinyur Inggris John Smeaton kembali mengembangkan perekat serupa, menggunakan campuran batu kapur dan tanah liat, untuk membangun Menara *Eddystone* di lepas pantai *Cornwall*. Penemuan ini kemudian dipatenkan oleh Joseph Aspdin pada tahun 1824 dan diberi nama semen Portland karena kemiripannya dengan warna tanah liat Pulau Portland. “Syarif Hidayat(2009)”

Dengan berkembangnya teknologi, berbagai perbaikan telah dilakukan terhadap semen Portland baik dari segi komposisi maupun penggunaannya. Semen portland didefinisikan sebagai bubuk halus yang diperoleh dengan menggiling klinker (hasil pembakaran campuran kapur, silika, alumina, dan besi oksida) dengan penambahan batu gipsium dalam jumlah yang sesuai. Ketika air ditambahkan ke dalam campuran ini, air akan mengeras dan dapat digunakan sebagai perekat hidrolis. Semen jika dicampur dengan air akan menjadi pasta, dan bila dicampur dengan pasir dan air akan menjadi mortar. Jika ditambahkan agregat kasar seperti kerikil disebut beton. Dalam campuran beton, air dan semen berfungsi sebagai bahan aktif, dan pasir dan kerikil berfungsi sebagai pengisi. “Kardiyono Tjokrodimuljo (2012)” Komponen-komponen yang membentuk Semen Portland antara lain adalah sebagai berikut :

1. *Trikalsium Silikat* (C_3S)
2. *Dikalsium Silikat* (C_2S)
3. *Trikalsium Aluminat* (C_3A)
4. *Tetrakalsium Aluminoforit* (C_4AF)



Gambar 2. 5 Semen Portland (<https://www.tunasniagakonstruksindo.com>)

Gambar 2.5 di atas menunjukkan produk semen portland yang telah diproduksi dan siap untuk digunakan dalam berbagai pekerjaan konstruksi.



Gambar 2. 6 Semen campur air/pasta semen (<https://www.centroc ceramic.com>)

Pasta semen, atau yang sering disebut sebagai acian seperti terlihat pada gambar 2.6 di atas, merupakan hasil campuran antara semen dan air. Salah satu fungsi pasta semen ini adalah memberikan tampilan halus pada permukaan dinding setelah pemasangan mortar.



Gambar 2. 7 Semen Campur Air Dan Pasir/Mortar (<https://www.griyasatria.co.id>)

Semen yang dicampur dengan air dan pasir dikenal sebagai mortar, yang memiliki konsistensi lebih padat dibandingkan pasta semen. Contoh penggunaan mortar dapat dilihat pada gambar 2.7 di atas. Secara umum, mortar digunakan untuk meratakan permukaan dinding dan merekatkan batu bata.



Gambar 2. 8 Semen Campur Air, Pasir Dan Kerikil/beton (<https://www.88bangunan.co.id>)

Gambar 2.8 di atas menunjukkan contoh adukan beton. Pembuatan adukan beton harus dilakukan dengan cermat, berbeda dengan pasta semen dan mortar, karena beton memiliki peran penting dalam keamanan struktur. Jika adukan beton tidak dibuat dengan benar, hal ini dapat memengaruhi kekuatan struktur bangunan. Komposisi utama oksida penyusun semen dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut :

Tabel 2. 6 Komposisi Oksida Utama Pembentuk Semen

Oksida	Komposisi (%)
CaO	60 – 65
SiO ₂	17 – 25
Al ₂ O ₃	3 – 8
Fe ₂ O ₃	0,5 – 6
MgO	0,5 – 4
SO ₃	1 – 2
K ₂ O, Na ₂ O	0,5 – 1

Sumber : Kardiyono Tjokrodimulyo 2007

Tabel 2.6 di atas menunjukkan komposisi utama oksida penyusun semen, dengan arti masing-masing simbol sebagai berikut: CaO (kalsium oksida), SiO₂ (silikon dioksida), Al₂O₃ (aluminium oksida), Fe₂O₃ (besi (III) oksida), MgO (magnesium oksida), SO₃ (sulfur trioksida), serta K₂O dan Na₂O (kalium oksida dan natrium oksida). Semen Portland terbagi menjadi lima kategori sesuai dengan tujuan penggunaannya Uddin, S. (2021). yaitu :

1. Semen Portland Type I

Semen Portland Tipe I, atau *Ordinary Portland Cement*, adalah jenis semen yang digunakan untuk berbagai macam konstruksi yang tidak memerlukan sifat khusus, seperti ketahanan terhadap sulfat atau panas hidrasi rendah. Semen ini mengandung sekitar 5% MgO dan 2,5-3% SO₃, dengan sifat-sifat yang berada di antara *moderate heat cement* dan *high early strength portland cement*.

2. Semen Portland Type II

Semen Portland Tipe II, atau *Moderate Heat Portland Cement*, digunakan untuk konstruksi yang memerlukan ketahanan terhadap sulfat dan panas hidrasi sedang, seperti di daerah pelabuhan dan bangunan sekitar pantai. Semen ini memiliki kandungan C₃A yang lebih rendah dibandingkan dengan Tipe I, sehingga lebih tahan terhadap lingkungan yang mengandung sulfat.

3. Semen Portland Type III

Semen Portland Tipe III, atau *High Early Strength Portland Cement*, dirancang untuk mencapai kekuatan awal yang tinggi dalam waktu singkat. Semen

ini cocok untuk proyek yang membutuhkan kekuatan tekan awal yang cepat, seperti pembangunan gedung bertingkat dan jalan raya. Kandungan C_3S yang lebih tinggi dalam semen ini menyebabkan proses pengerasan yang lebih cepat.

4. Semen Portland Type IV

Semen Portland Tipe IV, atau *Low Heat Portland Cement*, memiliki panas hidrasi rendah dan digunakan untuk bangunan dengan volume besar, seperti bendungan, untuk mengurangi risiko retak akibat panas selama proses pengerasan. Semen ini mengandung C_3S dan C_3A yang lebih rendah, sehingga pengeluaran kalor lebih rendah selama proses hidrasi.

5. Semen Portland Type V

Semen Portland Tipe V, atau *Sulfate Resistance Portland Cement*, memiliki ketahanan tinggi terhadap lingkungan dengan kadar sulfat tinggi, seperti daerah pesisir dan rawa-rawa. Semen ini mengandung C_3A yang lebih rendah dibandingkan dengan tipe lainnya, sehingga lebih tahan terhadap serangan sulfat.

2.3.1 Pengertian Beton

Beton adalah material komposit yang terdiri dari campuran semen portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan (*admixture*). Campuran ini, setelah melalui proses hidrasi, akan mengeras membentuk massa padat yang memiliki kekuatan tekan tinggi namun kekuatan tarik yang relatif rendah. Menurut SNI 2847:2019, definisi beton mencakup komponen-komponen tersebut yang bekerja bersama-sama untuk mencapai sifat mekanis yang diinginkan.

Beton merupakan bahan yang sangat penting dalam konstruksi bangunan, yang terdiri dari campuran agregat, air, semen, dan bahan tambahan atau admixture Setiawan, R., Lestari, F., & Pratiwi, D. (2017). Proses hidrasi semen yang terjadi karena adanya interaksi dengan air memungkinkan semen dan air saling mengikat butiran agregat, sehingga membentuk massa padat yang serupa batu. Secara umum, komposisi beton terdiri dari: Agregat sekitar 68%, semen sekitar 11%, air sekitar 17%, dan udara sekitar 4%. Setelah proses pengerasan, beton memiliki kemampuan untuk menahan beban tekan yang besar, namun daya tahan terhadap beban tarik cukup terbatas (Kusuma & Lestari, 2021).

2.4 Baja Tulangan

Sebelum menjadi tulangan baja, bahan dasarnya adalah besi, unsur kimia yang dilambangkan dengan Fe, berasal dari kata ferrum dalam bahasa Latin. Sejak sekitar 1500 SM, besi sudah dikenal dan dimanfaatkan di berbagai tempat di dunia. Karena tingkat kekerasannya yang rendah, besi terus dikembangkan, dan lahirlah baja. Baja pertama kali diperkenalkan oleh insinyur Inggris, Sir Henry Bessemer (lahir 19 Januari 1813 di Charlton, Hertfordshire, Inggris – meninggal 15 Maret 1898). Seiring perkembangannya, baja yang digunakan sebagai tulangan pada bangunan tersedia dalam dua jenis: tulangan polos (*plain bar*) dan tulangan ulir (*deformed bar*).

Saat baja digunakan sebagai tulangan dalam beton, struktur tersebut dikenal sebagai beton bertulang. Pada sistem ini, seluruh gaya tarik (100%) diserap oleh baja. Namun, baja memiliki kelemahan, yaitu mudah mengalami korosi dan kehilangan kekuatannya saat terkena panas tinggi. Baja yang tidak terlindungi akan cepat berkarat, dan kekuatannya menurun secara signifikan pada suhu tinggi. Untuk melindungi baja, tulangan beton dilapisi dengan beton. Tulangan baja ini dibuat dari billet baja melalui proses pengecoran kontinu, dengan komposisi kimia yang tercantum pada tabel berikut :

Tabel 2. 7 Komposisi Kimia Billet Baja Tuang Kontinyu (*Ladle Analysis*)

Kelas baja Tulangan	Kandungan Unsur Maksimum (%)					
	C	Si	Mn	P	S	C _{Eq} *
BjTP 280	-	-	-	0,050	0,050	-
BjTS 280	-	-	-	0,050	0,050	-
BjTS 420A	0,32	0,55	1,65	0,050	0,050	0,60
BjTS 420B	0,32	0,55	1,65	0,050	0,050	0,60
BjTS 520	0,35	0,55	1,65	0,050	0,050	0,625
BjTS 550	0,35	0,55	1,65	0,050	0,050	0,625
BjTS 700**	0,35	0,55	1,65	0,050	0,050	0,625

Sumber : SNI 2052 : 2017

Tabel 2.7 di atas berisi informasi mengenai kelas baja tulangan dan batas maksimum kandungan unsur-unsurnya sesuai dengan SNI 2052:2017. Catatan terkait tabel tersebut adalah sebagai berikut :

- Toleransi kadar karbon (C) pada baja tulangan beton diizinkan hingga 0,03% lebih tinggi.
- Karbon ekuivalen $C_{Eq} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Si}{24} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$
- BjTS 700 harus dilengkapi dengan unsur paduan tambahan sesuai kebutuhan yang tidak tercantum dalam tabel di atas, dan termasuk dalam kategori baja paduan.

Tabel 2. 8 Ukuran Baja Tulangan Beton Polos

No	Penamaan	Diameter Nominal (d)	luas peneampang Nominal (A)	Berat Nomonal per meter
0	-	Mm	Mm ²	Kg/m
1	p 6	6	28	0,222
2	p 8	8	50	0,395
3	p 10	10	79	0,617
4	p 12	12	113	0,888
5	p 14	14	154	1,208
6	p 16	16	201	1,578
7	p 19	19	284	2,226
8	p 22	22	380	2,984
9	p 25	25	491	3,853
10	p 28	28	616	4,843
11	p 32	32	804	6,313
12	p 36	36	1018	7,990
13	p 40	40	1257	9,865
14	p 50	50	1964	15,413

Sumber : SNI 2052:2017

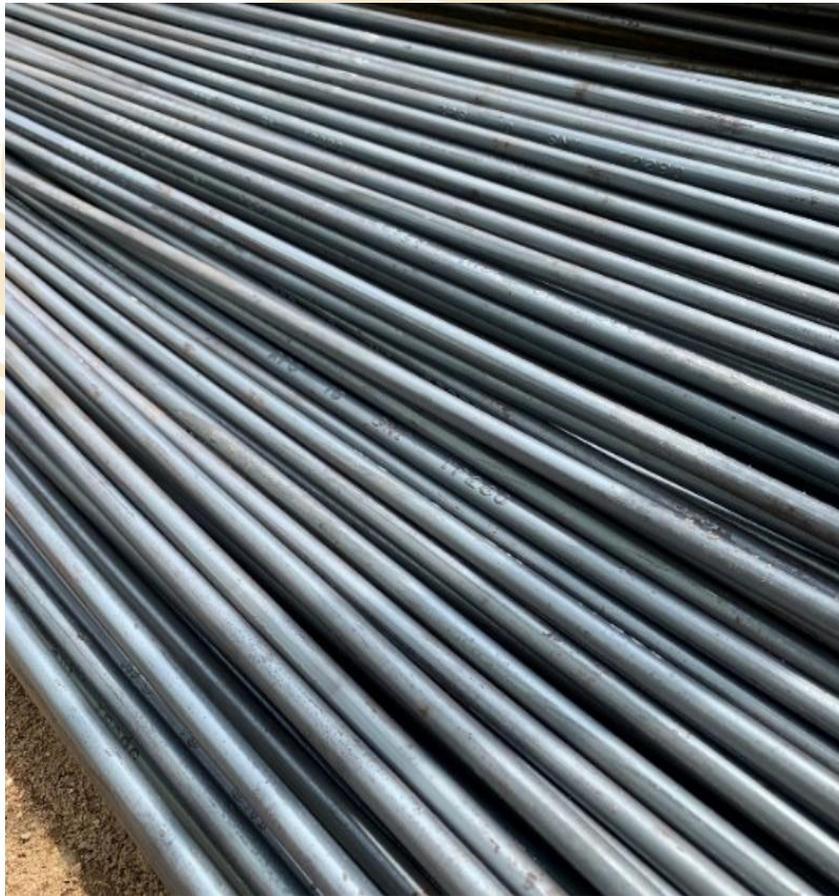
Tabel 2.8 di atas menunjukkan ukuran baja tulangan polos berdasarkan SNI 2052:2017. Dalam tabel tersebut terdapat informasi mengenai penamaan tulangan, diameter nominal, luas penampang nominal, dan berat nominal per meter. Metode untuk menghitung luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal, dan ukuran adalah sebagai berikut :

1. Luas Penampang Nominal (A)

$$A = 0,785 \times d^2 \quad (\text{mm}^2)$$

d = diameter nominal (mm)

2. Berat Nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854 \times d^2}{100}$ (kg/m)



Gambar 2. 9 Tulangan Polos (<https://tbalfatih.com>)

Gambar 2.9 di atas menunjukkan baja tulangan polos yang telah diproduksi dan siap digunakan dalam proyek konstruksi.

Tabel 2. 9 Ukuran Baja Tulangan Beton Sirip/Ulir

No	penaman	Diameter	Luas penampang	Tinggi sirip (H)		Jarak sirip	Lebar sirip	Berat nominal per meter
		Nominal (d)	Nominal (A)	Min	maks	Melintang (p) maks	Mem bujur (T) maks	
		mm	Mm ²	Mm	mm	mm		Kg/m
1	S 6	6	28	0,3	0,6	4,2	4,7	0,222
2	S 8	8	50	0,4	0,8	5,6	6,3	0,395
3	S 10	10	79	0,5	1,0	7,0	7,9	0,617
4	S 13	13	133	0,7	1,3	9,1	10,2	1,042
5	S 16	16	201	0,8	1,6	11,2	12,6	1,578
6	S 19	19	284	1,0	1,9	13,3	14,9	2,226
7	S 22	22	380	1,1	2,2	15,4	17,3	2,964
8	S 25	25	491	1,3	2,5	17,5	19,7	3,853
9	S 29	29	661	1,5	2,9	20,3	22,8	5,185
10	S 32	32	804	1,6	3,2	22,4	25,1	6,313
11	S 36	36	1018	1,8	3,6	25,2	28,3	7,990
12	S 40	40	1257	2,0	4,0	28,0	31,4	9,865
13	S 50	50	1964	2,5	5,0	35,0	39,3	15,413
14	S 54	54	2290	2,7	5,4	37,8	42,3	17,978
15	S 57	57	2552	2,9	5,7	39,9	46,6	20,031

Sumber : SNI 2052:2017

Tabel 2.9 di atas menyajikan informasi mengenai baja tulangan sirip atau ulir. Beberapa catatan terkait tabel tersebut berdasarkan SNI 2052:2017 dapat dilihat pada penjelasan berikut ini :

1. Luas penampang nominal, keliling nominal, berat nominal, dan ukuran sirip atau ulir dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$A = 0,7854 \times d^2 \text{ (mm}^2\text{)}$$

d = diameter nominal (mm)

2. Berat nominal = $\frac{0,785 \times 0,7854d^2}{100}$ 0,7 (kg/m)

3. Jarak sirip atau ulir melintang maksimum = 0,70 d

4. Tinggi sirip atau ulir minimum = 0,05 d

5. Tinggi sirip atau ulir maksimum = 0,10 d

6. Jumlah dua (2) sirip atau ulir membujur maksimum = 0,25 k

Keliling nominal (k)

$$K = 0,3142 \times d \text{ (mm)}$$

Dibawah ini salah satu gambar baja tulangan sirip atau ulir dapat dilihat pada Gambar 2.10 di bawah ini.



Gambar 2. 10 Tulangan sirip/ulir (<https://steemit.com>)

2.5 Campuran Beton *Ready Mix* dan Manual

Beton merupakan salah satu material konstruksi yang paling banyak digunakan dalam proyek pembangunan. Pemilihan metode pencampuran beton sangat mempengaruhi kualitas, efisiensi waktu, dan biaya proyek. Secara umum, terdapat tiga metode pencampuran beton, yaitu secara manual, menggunakan mesin molen, dan dengan beton *ready mix* yang diproduksi di *batching plant*.

1. Beton Manual

Beton manual merupakan metode pencampuran beton yang dilakukan secara langsung di lokasi proyek menggunakan alat sederhana dan tenaga manusia. Metode ini masih banyak digunakan dalam proyek konstruksi kecil hingga menengah, terutama pada pekerjaan yang tidak membutuhkan volume beton dalam jumlah besar atau di lokasi dengan akses terbatas terhadap peralatan berat.

Pembuatan beton manual dilakukan dengan mencampurkan bahan utama, yaitu semen, pasir, agregat kasar (kerikil atau batu pecah), dan air, sesuai dengan rasio yang telah ditentukan. Pencampuran dapat dilakukan dengan cara mengaduk secara manual menggunakan sekop dan cangkul atau menggunakan alat bantu seperti ember dan papan kayu. Dalam beberapa kasus, pencampuran dilakukan di atas permukaan datar yang telah disiapkan untuk memastikan semua bahan tercampur secara merata sebelum dituangkan ke dalam cetakan atau bekisting. Beton manual masih menjadi pilihan dalam proyek dengan volume kecil hingga menengah yang tidak membutuhkan kualitas beton yang sangat tinggi. Metode ini menawarkan fleksibilitas dan biaya yang lebih rendah, tetapi memiliki tantangan dalam hal kualitas dan efisiensi waktu. “Ginting, R., & Malau, W. (2020)”

2. Beton *Ready Mix*

Beton *ready mix* adalah beton yang diproduksi di *batching plant* menggunakan sistem komputerisasi yang memastikan komposisi bahan baku tetap konsisten. Beton ini kemudian dikirim dalam keadaan segar menggunakan truk *mixer* ke lokasi proyek dan siap untuk digunakan. Metode ini banyak digunakan dalam proyek konstruksi berskala besar karena menawarkan keunggulan dalam kualitas, efisiensi, dan kontrol mutu.

Proses Produksi Beton *Ready Mix*, Beton *ready mix* dibuat melalui beberapa tahapan yang diawasi dengan ketat, Penentuan Desain Campuran (*Mix Design*), Sebelum produksi, dilakukan perhitungan rasio bahan seperti semen, agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambahan (*admixture*) sesuai dengan kebutuhan proyek. Semua bahan dicampur dalam peralatan khusus dengan kontrol otomatis, memastikan komposisi beton yang homogen dan sesuai dengan standar mutu, setelah dicampur, beton segar diangkut menggunakan truk *mixer* yang terus berputar untuk mencegah pengendapan dan pengerasan sebelum sampai ke lokasi proyek. Keunggulan utama metode ini adalah kualitas yang lebih terjamin, proses kerja lebih cepat, dan konsistensi dalam pencampuran. Namun, tantangan seperti biaya yang lebih tinggi, ketergantungan pada penyedia, dan waktu pengerjaan yang terbatas perlu diperhitungkan dalam perencanaan proyek. “Ginting, R., & Malau, W. (2020)”

Tabel 2. 10 Perbedaan antara beton ready mix dan beton manual

Aspek	Beton <i>Ready Mix</i>	Beton Manual
Proses Pencampuran	Dicampur di <i>batching plant</i> dengan sistem otomatis	Dicampur secara manual di lokasi proyek dengan alat sederhana.
Kualitas Campuran	Homogen dan konsisten karena dikontrol dengan sistem komputer.	Bergantung pada keterampilan pekerja, dapat terjadi variasi kualitas.
<i>Workability</i>	<i>Workability</i> lebih tinggi karena dapat menggunakan <i>admixture</i> .	<i>Workability</i> lebih rendah, sering memerlukan lebih banyak air.
Waktu Pengerjaan	Cepat, langsung digunakan setelah tiba di lokasi.	Memakan waktu lebih lama karena harus mencampur di tempat.
Kuat Tekan Beton	28,983 MPa (umur 28 hari)	27,190 MPa (umur 28 hari)
Efisiensi Waktu	Lebih efisien, tidak perlu waktu pencampuran di lokasi.	Lebih lambat karena pencampuran dilakukan manual.
Biaya	Lebih mahal karena ada biaya pengiriman dan alat tambahan.	Lebih murah karena tidak memerlukan alat berat atau <i>batching plant</i> .
Fleksibilitas di Lokasi	Kurang fleksibel, harus segera digunakan setelah tiba.	Lebih fleksibel, dapat dicampur kapan saja sesuai kebutuhan proyek.
Ketergantungan pada Penyedia	Bergantung pada pihak penyedia <i>ready mix</i> dan jadwal pengiriman.	Tidak bergantung pada pihak luar, hanya mengandalkan bahan baku di lokasi.
Potensi Kesalahan Pencampuran	Rendah, karena sistem otomatis memastikan	Tinggi, karena pencampuran dilakukan manual tanpa alat pengukur yang presisi.

perbandingan bahan yang tepat.

Sumber : Ginting, R., & Malau, W. (2020)

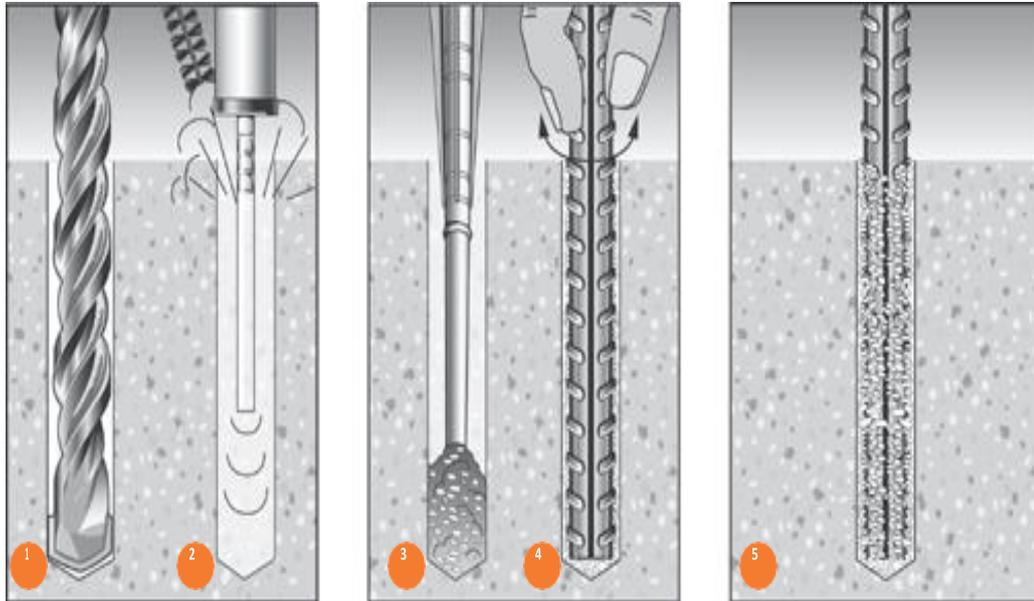
2.6 *Chemical Epoxy Base*

Chemical epoxy base adalah jenis bahan pengikat yang terbuat dari *resin epoksi* dan pengeras (*hardener*) yang dikombinasikan dalam proporsi tertentu. Bahan ini dikenal karena kekuatannya yang tinggi, daya rekat yang superior, dan ketahanan terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk kelembapan, suhu ekstrem, dan bahan kimia. Proses penyembuhannya melalui reaksi kimia antara resin dan pengeras membuatnya dapat membentuk ikatan yang sangat kuat dengan berbagai material, seperti logam, beton, dan plastik. *Chemical epoxy base* sering digunakan dalam aplikasi konstruksi dan industri, seperti untuk pengikatan struktur, perbaikan permukaan, dan penyambungan elemen struktural. Selain itu, sifatnya yang tahan lama menjadikannya pilihan ideal untuk penggunaan jangka panjang di berbagai aplikasi teknik sipil, terutama dalam proyek yang memerlukan ketahanan terhadap beban dinamis dan lingkungan yang keras. Salah satu jenis merek dalam *chemical epoxy base* adalah sebagai berikut.

2.6.1 **Ramset REO502**

Di tengah beragam produk *epoxy* yang tersedia di pasaran, Ramset REO502 muncul sebagai pilihan unggulan untuk aplikasi konstruksi yang menuntut performa tinggi. Produk ini bukan sekadar perekat biasa, Ramset REO502 adalah hasil dari riset mendalam tentang kebutuhan industri konstruksi modern. Ramset REO502 adalah *epoxy base* dua komponen yang dirancang khusus untuk mengatasi tantangan dalam penanaman berbagai jenis pengencang ke dalam material konstruksi. Seperti memasang baut angkur besar ke dalam blok beton padat atau menanamkan batang tulangan ke dalam struktur batu alam yang keras. Keunggulan Ramset REO502 terletak pada formulasinya yang unik. Produk ini tidak hanya menawarkan kekuatan ikatan yang luar biasa, tetapi juga memberikan fleksibilitas dalam aplikasi. Waktu pengeringannya yang dapat diatur memungkinkan para pekerja konstruksi untuk melakukan penyesuaian sebelum perekat mengeras

sepenuhnya. Ini sangat berharga dalam situasi di mana presisi adalah kunci. Berikut adalah langkah-langkah dalam pengaplikasian Ramset REO502 :



Gambar 2. 11 Mengaplikasikan Ramset REO502 (*chemical epoxy* Ramset 2022)

Gambar 2.11 memperlihatkan bagaimana cara dalam mengaplikasikan Ramset REO502, penjelasan dalam gambar tersebut adalah sebagai berikut :

1. Bor lubang dengan diameter dan kedalaman yang direkomendasikan.
2. Penting : Gunakan Sistem Pengeboran Tanpa Debu Ramset™ untuk memastikan lubang bersih. Cara lainnya, bersihkan debu dan kotoran dari lubang dengan sikat kawat kaku atau nilon dan blower dengan urutan sebagai berikut: tiup x 2, sikat x 2, tiup x 2, sikat x 2, tiup x 2.
3. Pasang nozel pencampur ke dalam kartrid dan keluarkan rekatkan sampai warnanya seragam abu-abu muda (2-3 tarikan pelatuk). Masukkan nosel pencampur ke dasar lubang. Isi lubang hingga 3/4 kedalaman lubang secara perlahan, pastikan tidak ada kantong udara yang terbentuk.
4. Masukkan Rebar ke dasar lubang sambil memutar.
5. Biarkan *Chemset Reo502 PLUS* mengering sesuai waktu pengaturan.



Gambar 2. 12 *Gun Injeksi (chemical epoxy Ramset 2022)*

Gambar 2.12 adalah gambar *Gun injeksi*, atau sering disebut pistol aplikator (*dispenser gun*), adalah alat yang digunakan untuk menyuntikkan bahan seperti epoxy atau perekat kimia dari tabung atau *cartridge* ke dalam lubang yang telah dibor, terutama dalam aplikasi seperti pemasangan rebar atau *anchor* dengan produk seperti Ramset REO 502.



Gambar 2. 13 Produk Reo502 (*chemical epoxy Ramset 2022*)

Gambar 2.13 diatas merupakan gambar produk Ramset REO502, Produk ini dirancang untuk memberikan daya rekat tinggi dan kinerja optimal dalam berbagai kondisi. Produk ini biasanya dikemas dalam tabung kembar (*dual cartridge*) dengan sistem pencampuran otomatis saat diaplikasikan menggunakan alat khusus (*dispenser gun*), Warna tabungnya umumnya kombinasi merah, hitam, dan abu-abu, dengan label yang mencantumkan nama produk dan informasi teknis, Terdapat *nozzle* pencampur yang memastikan *epoxy* dan *hardener* tercampur dengan baik sebelum diaplikasikan.

Karakter produk ini adalah Saat dikeluarkan dari tabung, komponen awalnya terdiri dari dua bagian, yaitu resin dan hardener, yang kemudian bercampur menjadi warna abu-abu atau kehijauan setelah mengeras, dan Setelah diaplikasikan dalam lubang beton dan mengering, REO502 membentuk ikatan kuat dengan rebar atau angkur yang ditanam.

Tabel di bawan ini merupakan Beban dasain rebar (tulangan) indikasi (kN) pada beton 30N/mm² dalam tabel tersebut memuat penjelasan tentang penggunaan diameter tulangan, kedalaman penanaman, beban geser, dan beban tarik. Dibawah ini adalah tabel beban desain pada rebar :

Tabel 2. 11 Beban Desain Rebar

Ukuran rebar	10	12	16	20	24	32
Lubang bor (mm)	14	16	20	25	32	40
Kedalaman (mm)						
70	16.5					
80	18.9					
90	21.2	25.5				
100	23.6	28.3				
110	26.0	31.1				
120	28.3	34.0	42.8			
125	29.5	35.4	43.6			
140	33.0	39.6	48.8			
150	35.4	42.5	52.3	65.3		
160	37.8	45.3	55.8	69.7		
170	40.1	48.1	59.2	74.1		
180	42.5	51.0	62.7	78.4	94.1	
190	44.8	53.8	66.2	82.8	99.3	
200	47.2	56.6	69.7	87.1	104.6	
210		59.5	73.2	91.5	109.8	
240		68.0	83.6	104.6	125.5	111.5
270			94.1	117.6	141.1	125.5
280			97.6	122.0	146.4	130.1
300			104.6	130.7	156.8	139.4
320			111.5	139.4	167.3	148.7
350				152.5	183.0	162.6
400				174.3	209.1	185.9
450					235.2	209.1
500					261.4	232.3
560						260.2
640						297.4

Sumber: *chemical epoxy* Ramset 2022

Menurut data teknis yang dirilis oleh Ramset (2022), REO502 menunjukkan performa yang mengesankan dalam berbagai kondisi. Produk ini mampu mempertahankan kekuatannya bahkan ketika diaplikasikan pada lubang basah, sebuah fitur yang sangat berharga dalam proyek konstruksi di daerah dengan curah hujan tinggi atau lingkungan lembab. Lebih dari sekadar perekat, Ramset REO502 juga berperan sebagai pelindung. Formulasinya yang tahan air dan tahan bahan kimia membantu melindungi pengencang yang tertanam dari korosi, memperpanjang umur struktur secara keseluruhan. Ini sangat penting dalam aplikasi seperti konstruksi dermaga atau struktur yang terpapar lingkungan agresif.

Yang membuat Ramset REO502 semakin menarik adalah versatilitasnya. Dari pemasangan railing tangga di gedung perkantoran hingga pengamanan peralatan berat di pabrik, dari penanaman baut jangkar untuk menara telekomunikasi hingga perbaikan struktur beton di jembatan tua, REO502 telah terbukti sebagai solusi yang dapat diandalkan. Namun, seperti halnya semua alat dalam konstruksi, efektivitas Ramset REO502 sangat bergantung pada aplikasi yang tepat. Pemahaman mendalam tentang karakteristik produk, persiapan permukaan yang baik, dan kepatuhan terhadap petunjuk penggunaan adalah kunci untuk memaksimalkan potensi perekat kimia ini. Dengan Ramset REO502, terlihat bagaimana inovasi dalam kimia material dapat memberikan dampak nyata pada dunia konstruksi. Produk ini bukan hanya tentang menempelkan satu benda ke benda lain melainkan tentang membangun fondasi yang kuat dan tahan lama untuk struktur bangunan dimasa depan.