MINGGU 6 STRUKTUR BANGUNAN DASAR

BETON

NDARU HARIO SUTAJI, M.T.

B E T O N

D E F I N I S I

- Beton didefinisikan sebagai bahan yang diperoleh dengan mencampurkan **agregat halus**, **agregat kasar**, **semen portland** dan **air** tanpa tambahan zat aditif (PBI, 1971). Tetapi belakangan ini definisi dari beton sudah semakin luas, dimana beton adalah bahan yang terbuat dari **berbagai macam** tipe semen, agregat dan juga bahan pozzolan, abu terbang, terak dapur tinggi, sulfur, serat dan lain-lain.
- Nilai kekuatan tekan dari beton diketahui dengan melakukan **pengujian kuat tekan** terhadap benda uji silinder (diameter 150 mm, tinggi 300 mm) yang dibebani dengan gaya tekan sampai benda uji hancur.
- Kuat hancur antara 20 dan 50 N/mm 2 pada **umur 28 hari** biasa diperoleh di lapangan bila pengawasan pekerjaannya baik
- Agregat adalah sekumpulan butir- butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Menurut Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

B E T O N

FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KEKUATAN BETON
BAHAN-BAHAN PENYUSUN BETON
METODE PENCAMPURAN
KEADAAN PADA SAAT PENGECORAN
PERAWATAN

PROPERTIES BETON

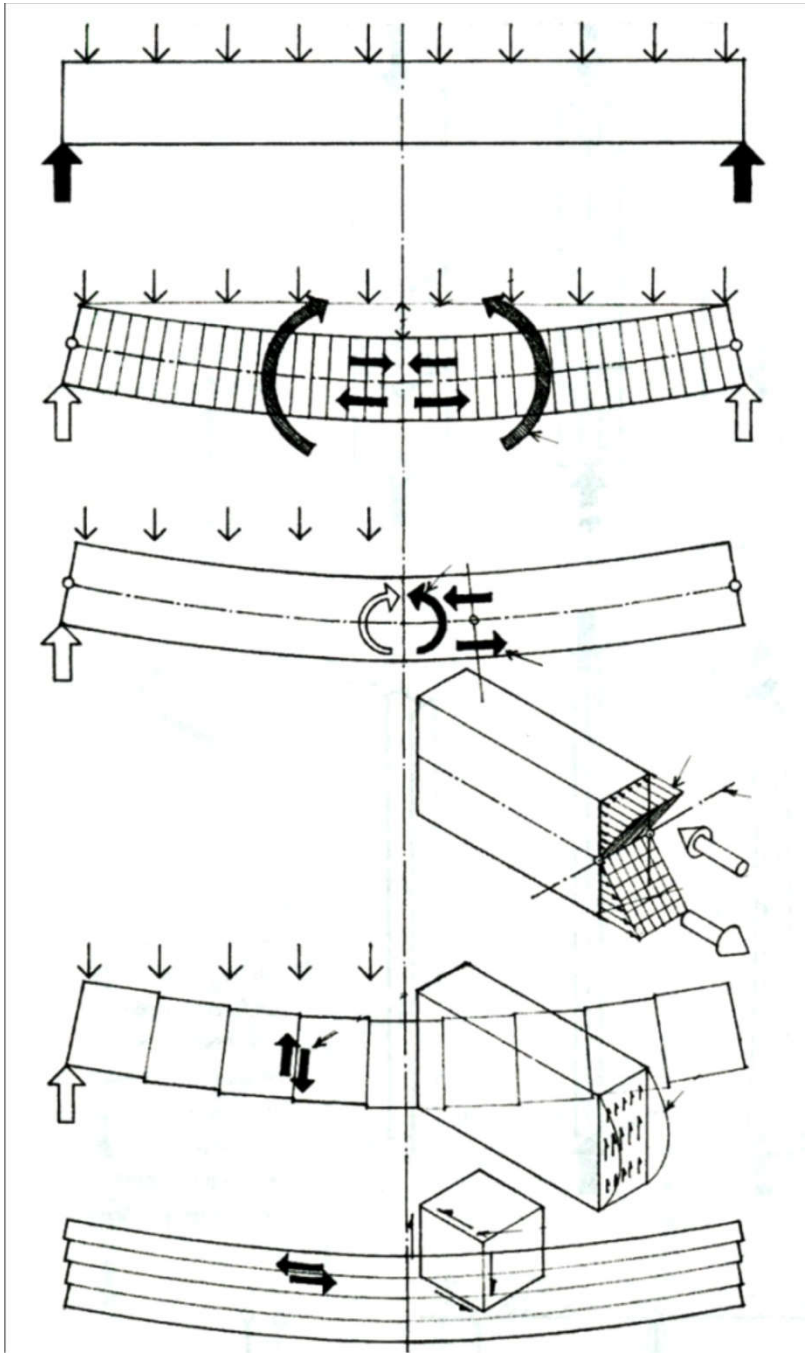
- Kekuatan tekan
- Modulus Elastisitas
- Rasio Poisson
- Susut (*Shrinkage*)
- Rangkak (*Creep*)
- Kekuatan tarik
- Kekuatan geser

SIFAT BETON

- Bahan lain (*admixtures*) dapat ditambahkan pada campuran beton untuk meningkatkan *workability, durability* dan waktu pengerasan.
- Beton mempunyai kekuatan **TEKAN** yang tinggi, dan kekuatan **TARIK** yang rendah. Sehingga beton dalam konstruksi akan kuat terhadap gaya tekan tetapi lemah terhadap gaya tarik.
- Beton dapat mengalami **retak** jika beban yang dipikulnya menimbulkan tegangan tarik yang melebihi kuat tariknya
- Beton dapat **retak** karena adanya tegangan tarik, seperti akibat beban, susut yang tertahan, atau perubahan temperatur.
- Beton punya sifat **susut** dan **rangkak**. Susut adalah pemendekan beton selama proses pengerasan dan pengeringan pada temperatur konstan. Sementara rangkak terjadi pada beton yang dibebani secara tetap dalam jangka waktu yang lama. *short-term (immediate) deflection* dan *long-term deflection*

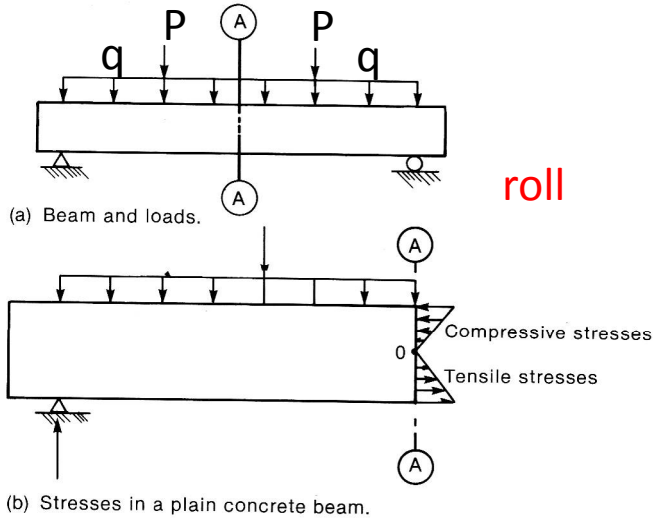
TEKAN, TARIK & RETAK PADA BALOK.

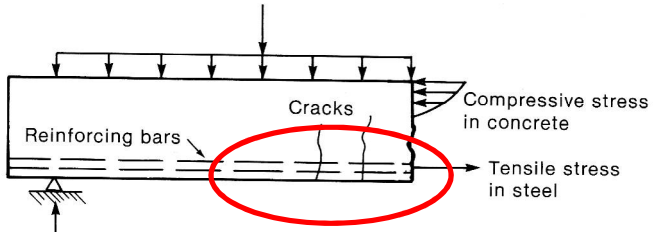
- Jika balok beton (tanpa tulangan) ditumpu oleh tumpuan sederhana (sendi dan rol), dan di atas balok tersebut bekerja beban terpusat P serta beban merata q, maka akan timbul momen luar sehingga balok akan melengkung ke bawah.
  Pada balok yang melengkung ke bawah akibat beban luar ini pada dasarnya ditahan oleh kopel gaya-gaya dalam yang berupa tegangan **tekan** dan **tarik**.
  Jadi pada serat-serat balok bagian **tepi atas** akan menahan **tegangan tekan**, dan semakin ke bawah tegangan tersebut akan semakin kecil.
  Sebaliknya, pada serat-serat bagian **tepi bawah** akan menahan **tegangan tarik**, dan semakin ke atas tegangan tariknya akan semakin kecil pula.
- (lihat gambar berikut)



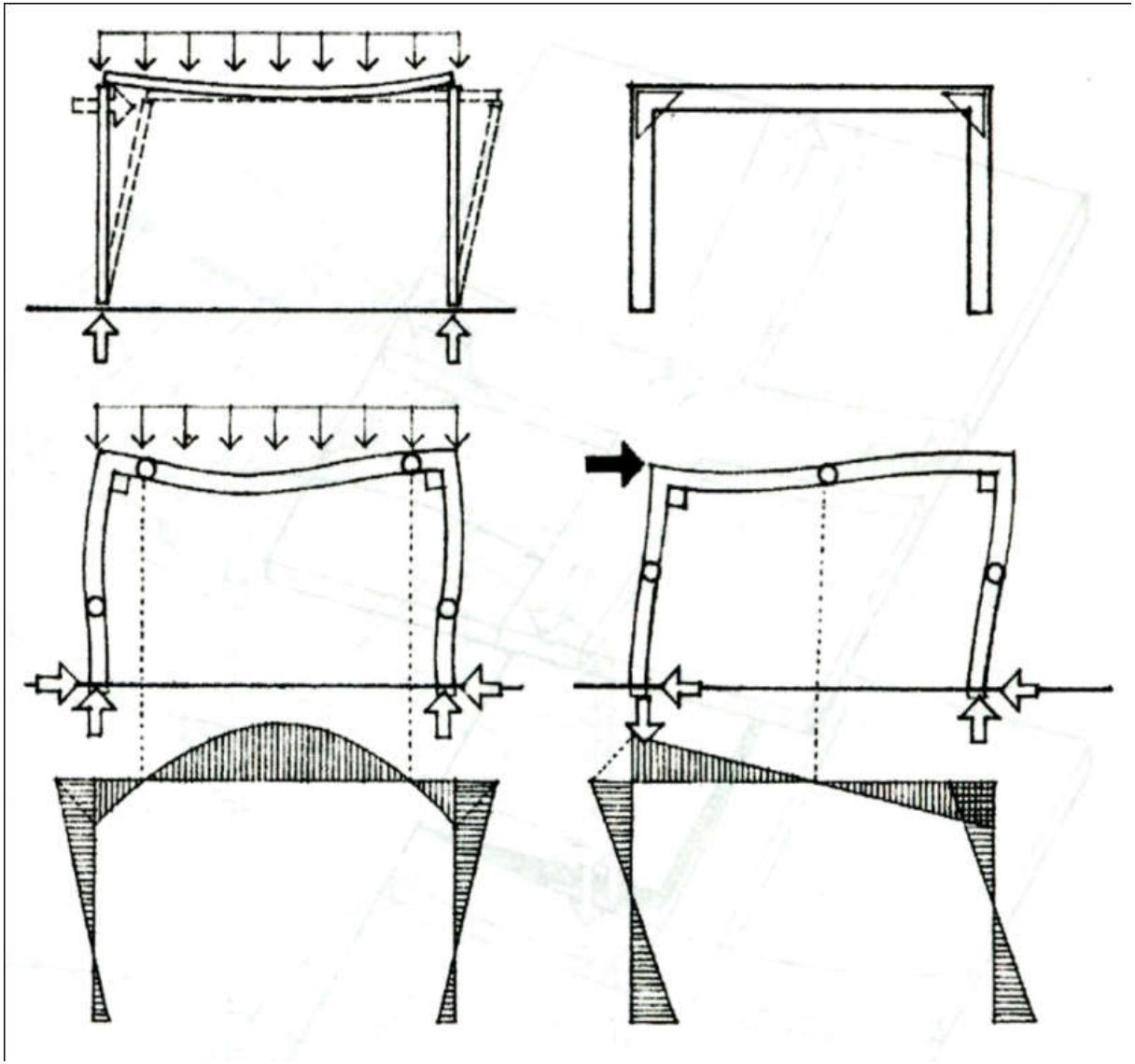
BALOK

sendi roll





- **Retak** terjadi pada beton karena tidak kuat memikul tegangan tarik
- Pada balok beton bertulang ini, tulangan ditanam sedemikian rupa, sehingga gaya tarik yang dibutuhkan untuk menahan momen pada penampang retak dapat ditahan oleh **baja tulangan** (tarik)



PORTAL

- Retak terjadi pada beton karena tidak kuat memikul tegangan tarik
- Defleksi, lendutan dan tekuk menimbulkan tegangan tarik yang membutuhkan **baja tulangan** tarik

BETON DAN SISTEM STRUKTUR

- Pada pelaksanaan struktur dengan bahan beton dikenal 3 (tiga) metode pembangunan yang umum dilakukan, yaitu sistem **konvensional, sistem formwork** dan **sistem pracetak.**
- **Sistem konversional** adalah metode yang menggunakan bahan tradisional kayu dan triplek sebagai formwork dan perancah, serta pengecoran beton di tempat.
- **Sistem formwork** sudah melangkah lebih maju dari sistem konversional dengan digunakannya sistem formwork dan perancah dari bahan metal. Sistem formwork yang telah masuk di Indonesia, antara lain System Outinord dan Mivan. Sistem Outinord menggunakan bahan baja sedangkan Sistem Mivan menggunakan bahan alumunium.
- **Pada sistem pracetak**, seluruh komponen bangunan dapat difabrikasi lalu dipasang di lapangan. Proses pembuatan komponen dapat dilakukan dengan kontrol kualitas yang baik

BETON BERTULANG

- **Beton bertulang** adalah kombinasi dari beton dan baja, dimana baja tulangan memberikan kekuatan tarik yang tidak dimiliki beton. Baja tulangan juga dapat memberikan tambahan kekuatan tekan pada struktur beton.

- Fungsi utama **Baja tulangan**
  Menahan gaya tarik (meskipun kuat juga terhadap gaya tekan)
  Mencegah retak beton agar tidak melebar

Kekuatan beton bertulang

- Jenis kekuatan beton menurut SNI 03-2847-2002, pada perhitungan struktur beton bertulang, ada beberapa istilah untuk menyatakan kekuatan suatu penampang sebagai berikut :
  - Kuat nominal (pasal 3.28);
  - Kuat rencana (pasal 3.30);
  - Kuat perlu (pasal 3.29)

Kekuatan beton menurut SNI 03-2847-2002

- **Kuat nominal (Rn)** diartikan sebagai kekuatan suatu komponen struktur penampang yang dihitung berdasarkan ketentuan dan asumsi metode perencanaan sebelum dikalikan dengan nilai faktor reduksi kekuatan yang sesuai. Pada penampang beton bertulang , nilai kuat nominal bergantung pada: ***dimensi penampang, jumlah dan letak tulangan, letak tulangan, mutu beton dan baja tulangan.***

  Jadi pada dasarnya kuat nominal ini adalah hasil hitungan kekuatan yang sebenarnya dari keadaan struktur beton bertulang pada keadaan normal. Kuat nominal ini biasanya ditulis dengan simbol-simbol Mn, Vn, Tn, dan Pn dengan *subscript* n menunjukkan bahwa nilai-nilai

  M = Momen

  V = Gaya geser

  T = Torsi (momen puntir)

  P = Gaya aksial (diperoleh dari beban nominal suatu struktur atau komponen struktur)

- **Kuat rencana (Rr),** diartikan sebagai kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperoleh dari hasil perkalian antara kuat nominal Rn dan faktor reduksi kekuatan. Kuat rencana ini juga dapat ditulis dengan simbol Mr, Vr, Tr, dan Pr (keterangan sama seperti diatas) kecuali P = diperoleh dari beban rencana yang boleh bekerja pada suatu struktur atau komponen struktur.
- **Kuat perlu (Ru),** diartikan sebagai kekuatan suatu komponen struktur atau penampang yang diperlukan untuk menahan beban terfaktor atau momen dan gaya dalam yang berkaitan dengan beban tersebut dalam kombinasi beban U. Kuat perlu juga bisa ditulis dengan simbol-simbol Mu, Vu, Tu, dan Pu.

Prinsip pendekatan hitungan beton bertulang

- Karena pada dasarnya kuat rencana Rr, merupakan kekuatan gaya dalam (berada di dalam struktur), sedangkan kuat perlu Ru merupakan kekuatan gaya luar (di luar struktur) yang bekerja pada struktur, maka agar perencanaan struktur dapat dijamin keamanannya harus dipenuhi syarat berikut :

Kuat rencana Rr harus > kuat perlu Ru

- Hitungan struktur beton bertulang pada dasarnya meliputi 2 buah hitungan, yaitu hitungan yang berkaitan dengan gaya luar dan hitungan yang berkaitan dengan gaya dalam.

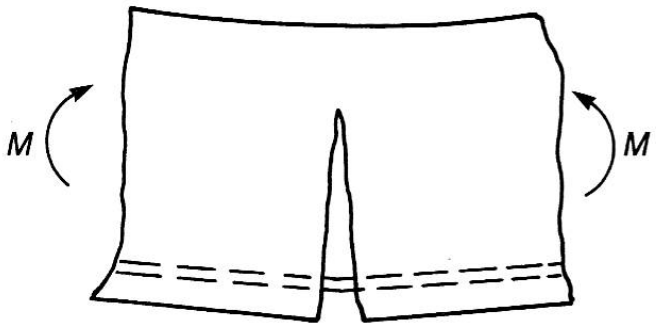
- Pada hitungan dari gaya luar, maka harus disertai dengan **faktor keamanan** yang disebut **faktor beban** sehingga diperoleh kuat perlu Ru. Sedangkan pada hitungan dari gaya dalam, maka disertai dengan **faktor aman** yang disebut **faktor reduksi** kekuatan sehingga diperoleh kuat rencana Rr = Rn * faktor reduksi, selanjutnya agar struktur dapat memikul beban dari luar yang bekerja pada struktur tersebut, maka harus dipenuhi syarat bahwa kuat rencana Rr minimal harus sama dengan kuat perlu Ru.

Keruntuhan Beton Bertulang

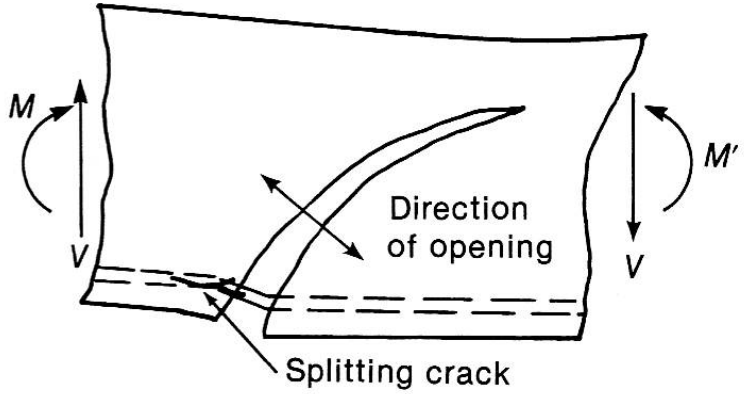
- **Tension failure**
  - tulangan leleh sebelum beton hancur
  - balok bersifat *under-reinforced*
- **Compression failure**
  - beton hancur sebelum tulangan leleh
  - balok bersifat *over-reinforced*
- **Balanced failure**
  - beton hancur dan tulangan leleh secara bersamaan
  - balok bersifat *balanced-reinforced*

Tulangan Transversal / Geser

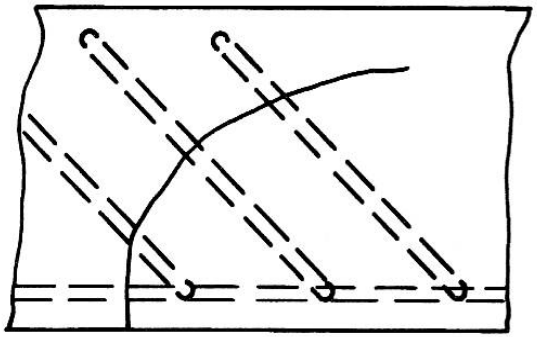
- Memikul sebagian gaya geser pada balok
- Menahan retak geser pada balok
- Meningkatkan kekuatan dan daktilitas balok



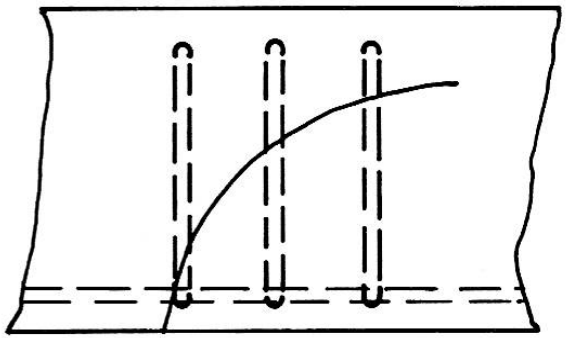
(a) Flexural crack.



(b) Inclined crack.



(c) Inclined shear reinforcement.



(d) Vertical shear reinforcement.

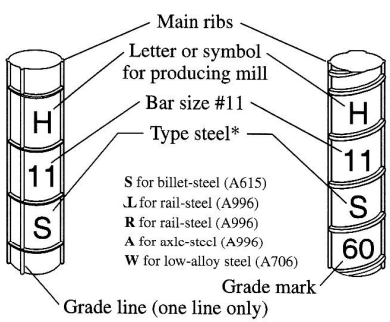
BAJA TULANGAN

- Terdiri dari tulangan polos dan tulangan ulir
- Umumnya kekuatan tarik baja:
  - Tulangan polos: fy = 240 MPa
  - Tulangan ulir: fy = 400 Mpa

Ukuran Baja Tulangan

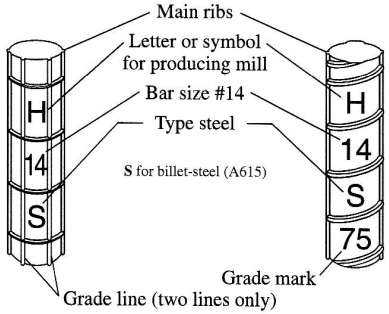
Table 1.1 Reinforcing Bar Numbers

Standard inch-pound bars	Soft metric bars
#3	#10
#4	#13
#5	#16
#6	#19
#7	#22
#8	#25
#9	#29
#10	#32
#11	#36
#14	#43
#18	#57

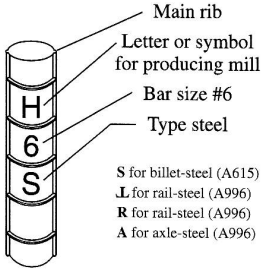


*Bars marked with an **S** and **W** meet both A615 and A706

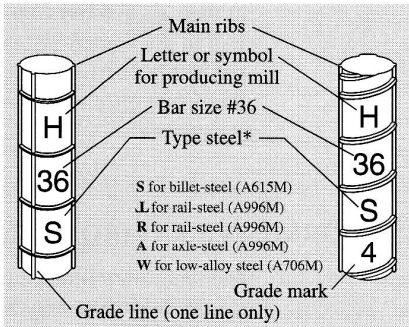
GRADE 60



GRADE 75

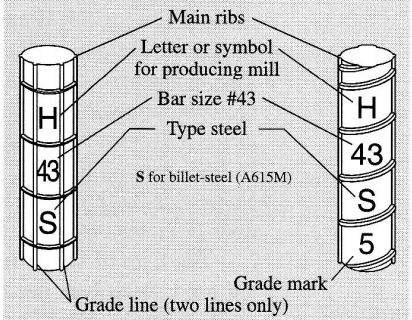


GRADES 40 and 50

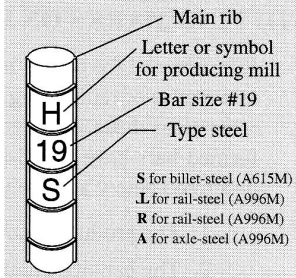


*Bars marked with an **S** and **W** meet both A615 and A706

GRADE 420

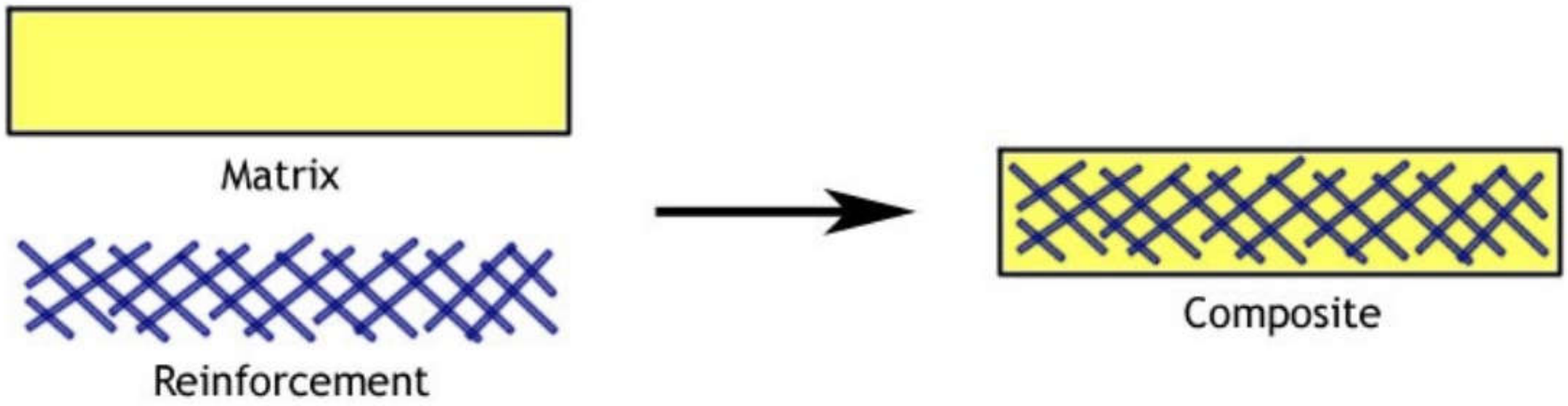


GRADE 520



GRADES 300 AND 350

BETON KOMPOSIT



BETON KOMPOSIT

BETON KOMPOSIT

- Komponen komposit didefinisikan sebagai **suatu elemen** yang terdiri dari **dua jenis bahan atau lebih** membentuk suatu **elemen tunggal** untuk memikul beban yang bekerja.
- Komponen – beton – komposit dapat berupa **profil tunggal** (*rolled*) atau **profil susun** (*built up*) baik yang **diisi** dengan beton (*infilled concrete*), **dibalut** dengan beton bertulang (*encased by reinforced concrete*) maupun **dihubungkan** dengan pelat beton bertulang.
- Sistem struktur komposit terbentuk dengan adanya **interaksi** antara **komponen-komponen** struktur baja dan beton yang masing-masing karakteristik dasar materialnya dimanfaatkan secara optimal.
- Elemen-elemen struktur komposit :
  1. **Kolom komposit**
  2. **Balok komposit**
  3. **Pelat komposit**

BETON KOMPOSIT

Pengertian

Struktur komposit (Composite) merupakan struktur yang **terdiri dari dua material atau lebih** dengan sifat bahan yang berbeda dan membentuk satu kesatuan sehingga menghasilkan **sifat gabungan** yang lebih baik. Umumnya struktur komposit berupa :

1. Kolom baja terbungkus beton / balok baja terbungkus beton
2. Kolom baja berisi beton/tiang pancang
3. Balok baja yang menahan slab beton

BETON KOMPOSIT

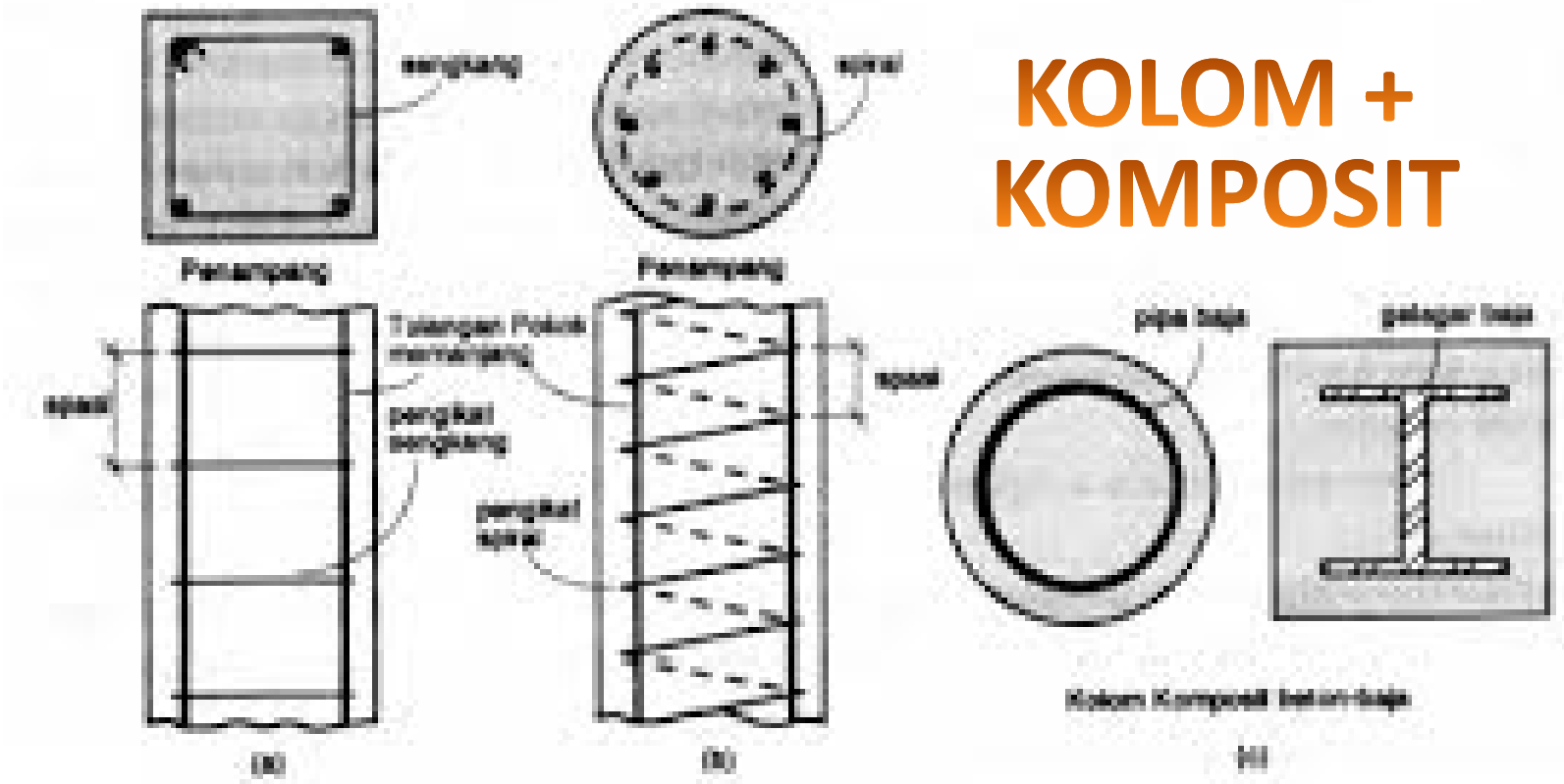
- Karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur baja :

  1. Kekuatan **t a r i k** yang tinggi
  2. Modulus **elastisitas** yang tinggi
  3. **Daktilitas** yang tinggi

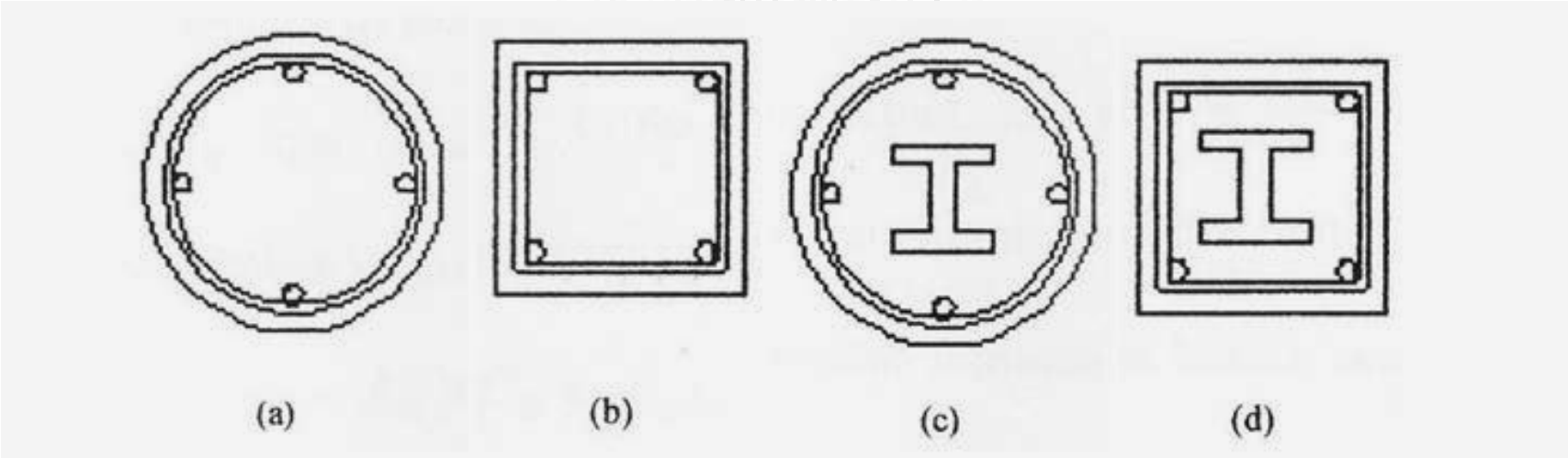
- Karakteristik penting yang dimiliki oleh struktur beton :

  1. Sifat ketahanan yang baik **terhadap api**
  2. Mudah **dibentuk**
  3. **M u r a h**

KOLOM + KOMPOSIT



Gambar 1. Jenis-jenis kolom



KOLOM + KOMPOSIT

Menurut SNI 03-1729-2002 Ada dua tipe kolom komposit, yaitu :

- Kolom komposit yang terbuat dari profil baja yang diberi selubung beton di sekelilingnya (kolom baja berselubung beton) (gambar a)
- Kolom komposit terbuat dari penampang baja berongga (kolom baja berintikan beton) (gambar b)

(a) (b)

KOLOM KOMPOSIT

- Persyaratan bagi suatu kolom komposit ditentukan dalam SNI 03-1729-2002 pasal 12.3.1. batasan-batasan berikut harus dipenuhi oleh suatu kolom komposit:

1

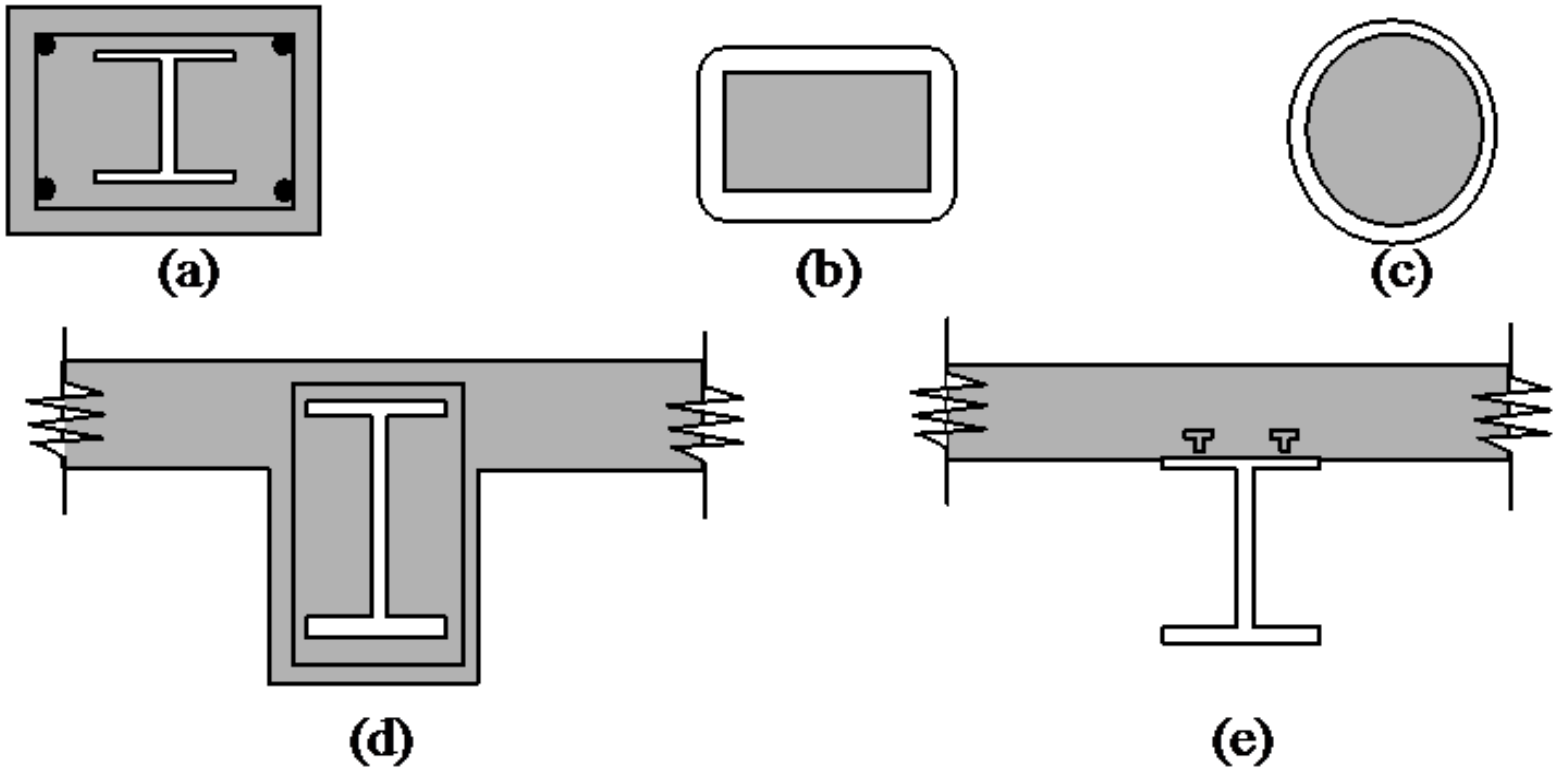
- Luas penampang profil baja minimal sebesar 4% dari luas total penampang melintang kolom komposit, jika kurang maka komponen struktur tekan ini akan beraksi sebagai kolom beton biasa

2

- Untuk profil baja yang diselubungi beton, persyaratan berikut harus dipenuhi:
- Tulangan longitudinal dan lateral harus digunakan, jarak antar pengikat lateral tidak boleh lebih besar dari 2/3 dimensi terkecil penampang kolom komposit. Luas penampang melintang dari tulangan longitudinal dan transversal minimum 0,18 mm2 per jarak antar tulangan longitudinal/transversal
- Selimut beton harus diberikan minimal setebal 40 mm dari tepi terluar tulangan longitudinal dan transversal
- Tulangan longitudinal harus dibuat menerus pada lantai tingkat kecuali tulangan longitudinal yang hanya berfungsi sebagai kekangan beton

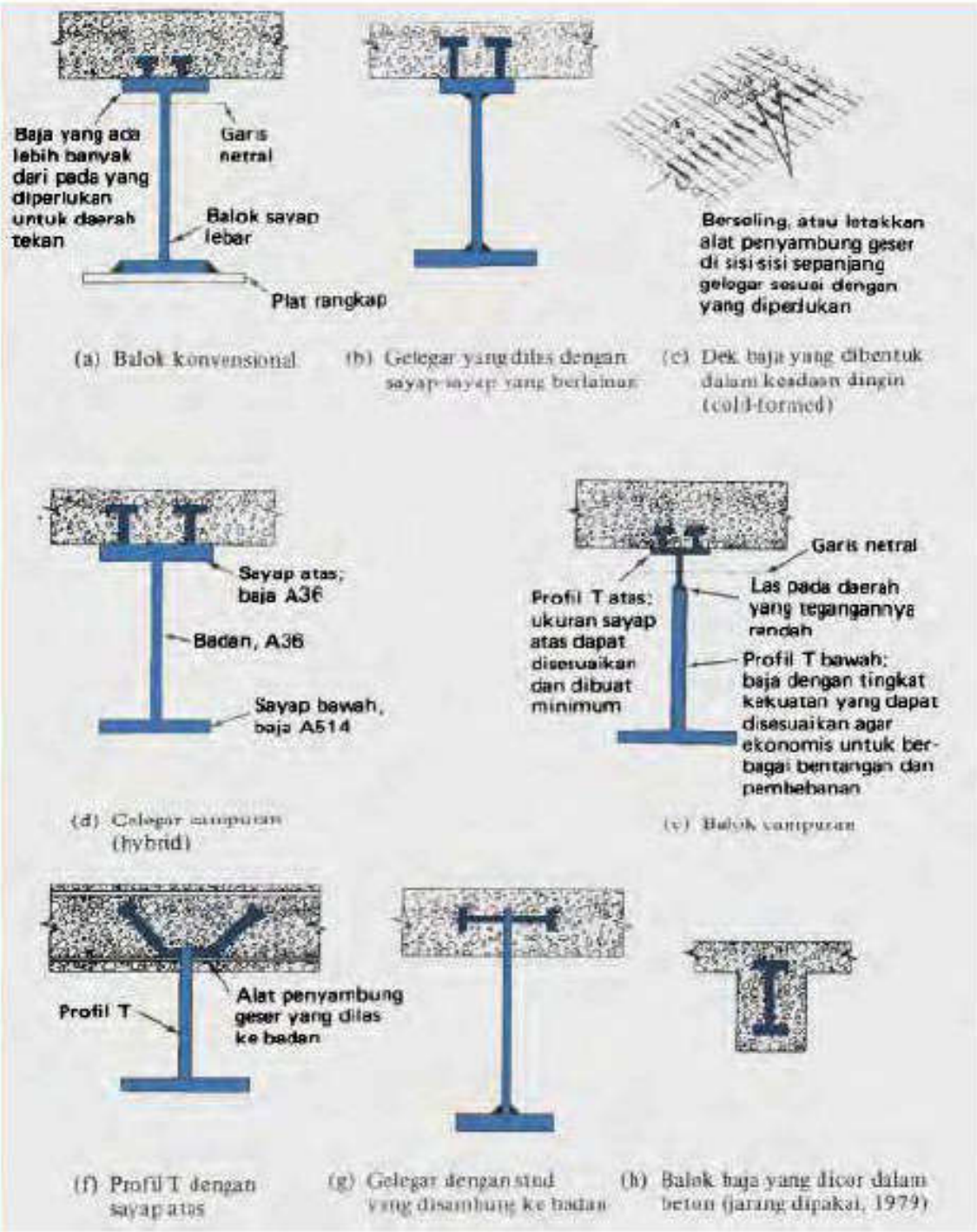
BETON KOMPOSIT

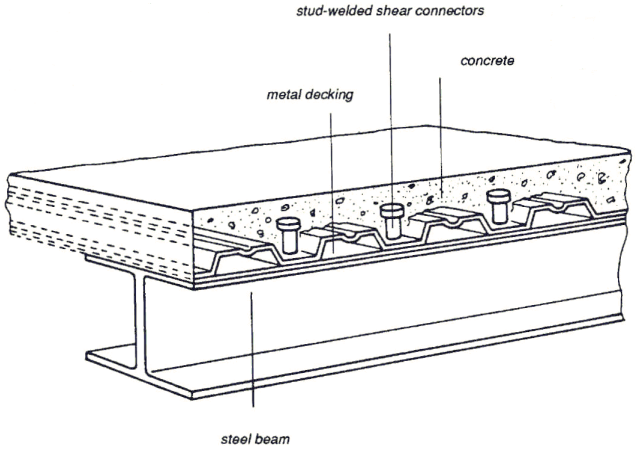
1. Kolom baja terbungkus beton / balok baja terbungkus beton (Gambar 1.a/d).
2. Kolom baja berisi beton/tiang pancang (Gambar 1.b/c).
3. Balok baja yang menahan slab beton (Gambar 1.e).



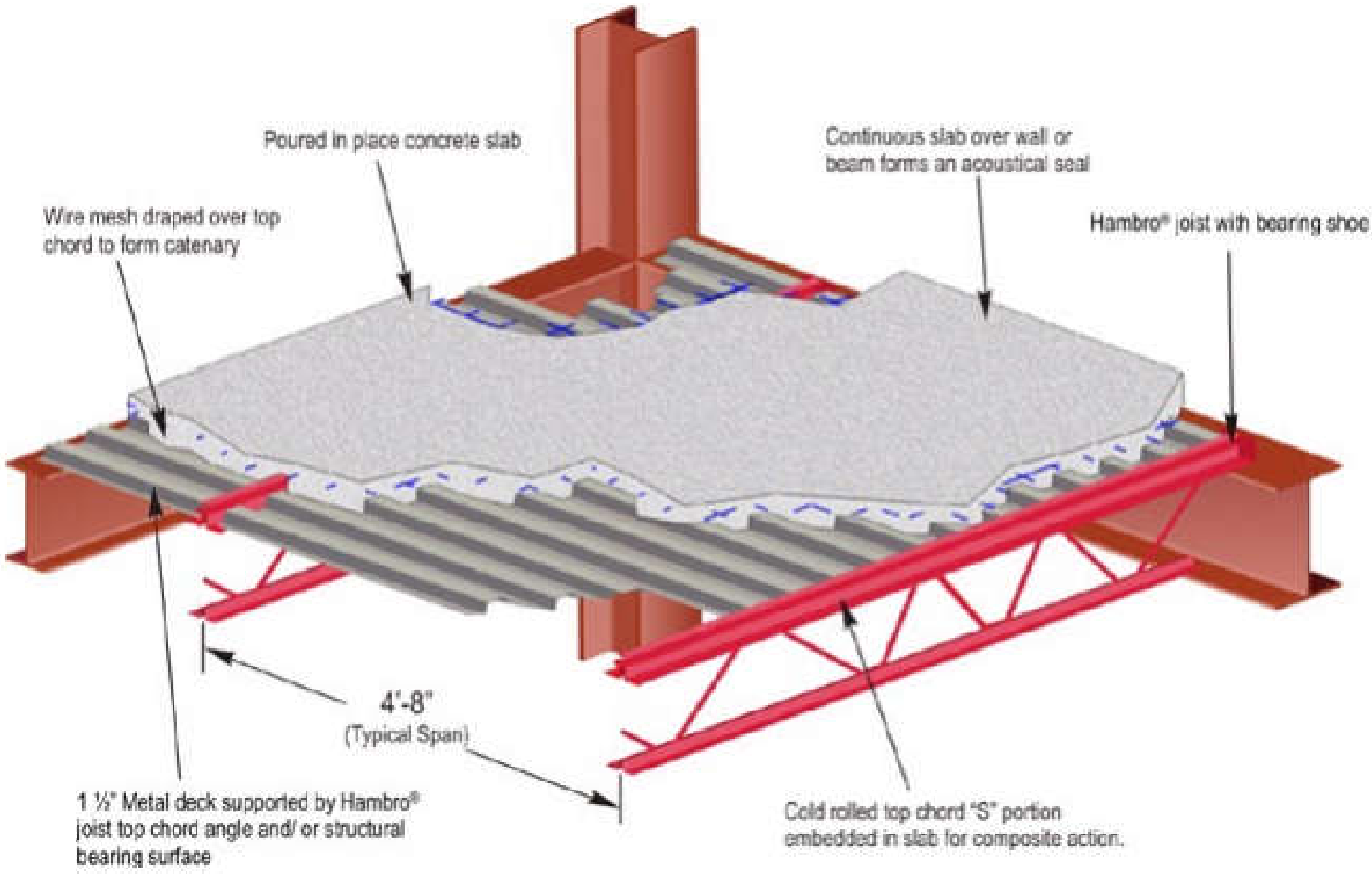
Gambar 1. Macam-macam Struktur Komposit

PLAT LANTAI DENGAN BALOK BAJA





PLAT LANTAI DENGAN BALOK BAJA



KOLOM KOMPOSIT

1. Kolom komposit merupakan suatu solusi hemat untuk kasus dimana kapasitas beban tambahan yang diinginkan lebih besar dibandingkan dengan penggunaan kolom baja sendiri.

2. Kolom komposit juga menjadi solusi yang efektif untuk berbagai permasalahan yang di ada pada desain praktis. Salah satunya, yaitu jika beban yang terjadi pada struktur kolom sangatlah besar, maka penambahan material beton pada struktur kolom dapat memikul beban yang terjadi, sehingga ukuran profil baja tidak perlu diperbesar lagi (Roberto Leon, Larry Griffis,2005).

BETON PRECAST

BETON PRECAST

- ***Precast Concrete*** *alias* Beton pracetak adalah suatu metode percetakan komponen secara mekanisasi dalam pabrik atau workshop dengan memberi waktu pengerasan dan mendapatkan kekuatan sebelum dipasang.
- ***Precast Concrete*** atau Beton pra-cetak menunjukkan bahwa komponen struktur beton tersebut : tidak dicetak atau dicor ditempat komponen tersebut akan dipasang. Seringkali ditempat lain, dimana proses pengecoran dan *curing*-nya dapat dilakukan dengan baik dan mudah. Jadi komponen beton pra-cetak dipasang sebagai komponen jadi, tinggal disambung dengan bagian struktur lainnya menjadi struktur utuh yang terintegrasi.

BETON PRACETAK PRESTRESSED

Menurut tempat pembuatan beton pracetak dibagi 2 :

- Dicor di lokasi proyek disebut ***Cast In Situ***
- Dicor di pabrik

Menurut perlakuan terhadap bajanya dibagi 2 yaitu :

- Beton pracetak biasa
- Beton prategang pracetak

Ada 2 prinsip yang berbeda pada beton prategang :

- *Pre-tensioned Prestressed Concrete*
- *Post-tensioned Prestressed Concrete*

BETON PRECAST

- Karena proses pengecorannya di tempat khusus (bengkel frabrikasi), maka mutunya dapat terjaga dengan baik. Tetapi agar dapat menghasilkan keuntungan, maka beton pra-cetak hanya akan diproduksi jika jumlah bentuk typical-nya mencapai angka minimum tertentu, sehingga tercapai *break-event-point*-nya. Bentuk *typical* yang dimaksud adalah bentuk-bentuk yang repetitif, dalam jumlah besar
- karena dibuat dan dicetakan dengan ukuran yang sudah ditentukan atau disesuaikan dengan aplikasi kerja (fabrikasi), maka bisa menghemat biaya dan efisien waktu.

KEUNGGULAN SISTEM PRECAST

Keunggulan Menggunakan Precast Beton:

- Memudahkan pekerjaan struktur maupun finishing
- Menghemat biaya pekerjaan bangunan sampai dengan 30 % di banding dengan cara konvensional / manual karena tidak ada pekerjaan ulang
- Beton precast sebelum bangunan didirikan sudah bisa dilihat bentuk atau desainnya.
- Bentuk dan ukuran sudah pasti, lebih ringan dan rapi
- Dengan Precast beton tidak perlu memakai bekisting lagi
- Bisa di bentuk sesuai desain yang kita inginkan

TANTANGAN SISTEM PRECAST

Ada 5 masalah utama dalam pengembangan sistem pracetak :

- Kerjasama dengan perencana di bidang lain yang terkait, terutama dengan pihak arsitektur dan mekanikal/elektrikal/plumbing.
- Sistem ini relatif baru
- Kurang tersosialisasikan jenisnya, produk dan kemampuan sistem pracetak yang telah ada.
- Keandalan sambungan antarkomponen untuk sistem pracetak terhadap beban gempa yang selalu menjadi kenyataan
- Belum adanya pedoman perencanaan khusus mengenai tata cara analisis, perencanaan serta tingkat kendala khusus untuk system pracetak yang dapat dijadikan pedoman bagi pelaku konstruksi.

ILMUTEKNIKSIPIL.COM

ILMUTEKNIKSIPIL.COM

HIGH PERFORMANCE CONCRETE & ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE

INOVASI BETON

- Akhir-khir ini teknologi beton mengalami perkembangan yang sangat pesat dimana **inovasi-inovasi** baru banyak dihasilkan baik dengan menambahkan bahan tambahan kimia ataupun pozolanik material dan juga komposisi dari campuran beton. Bahan tambahan biasanya diperlukan jika kita ingin mengubah properti dari beton yang dihasilkan, baik pada keadaan cair atau setelah keras seperti misalnya untuk menambah kemudahan pengerjaan dari suatu campuran beton.

- Salah satunya bahan tambahan yang sering dipergunakan adalah pengeras beton (***Concretehardener***). Fungsi bahan tambahan ini adalah untuk :

- 1. Meningkatkan kekuatan beton.
- 2. Mempercepat pengerasan beton.
- 3. Mencegah keretakan pada beton.
- 4. Mempermudah proses pengecoran.
- 5. Mengurangi penambahan air.

INOVASI BETON

HIGH PERFORMANCE CONCRETE

- High Performance Concrete (HPC) adalah serangkaian khusus beton yang dirancang untuk memberikan beberapa manfaat dalam pembangunan struktur beton :

Performance Benefits	Cost & Other Benefits
• ease of placement and consolidation without affecting strength • long-term mechanical properties • early high strength • toughness • volume stability • longer life in severe environments	• less material • fewer beams • reduced maintenance • extended life cycle • aesthetics

HPC adalah salah satu dari empat kategori dalam implementasi program The Strategic HighwayResearch Program (SHRP) atau program penelitian jalan raya oleh US Departement of Tranportation, Federal Highway Administration untuk concrete and structure section.

INOVASI BETON

HIGH PERFORMANCE CONCRETE

- Ada empat jenis High Performance Concrete yang dikembangkan oleh SHRP *(The Strategic Highway Research Program*) :

HPC Type	Minimum Strength Criteria	Water-Cementitious Ratio	Minimum Durability Factor
Very Early Strength (VES)	2 000 psi / 6 hours	≤ 0.4	80%
High Early Strength (HES)	5 000 psi / 24 hours	≤ 0.35	80%
Very High Strength (VHS)	10 000 psi / 28 days	≤ 0.35	80%
Fiber Reinforced	HES + (steel or poly)	≤ 0.35	80%

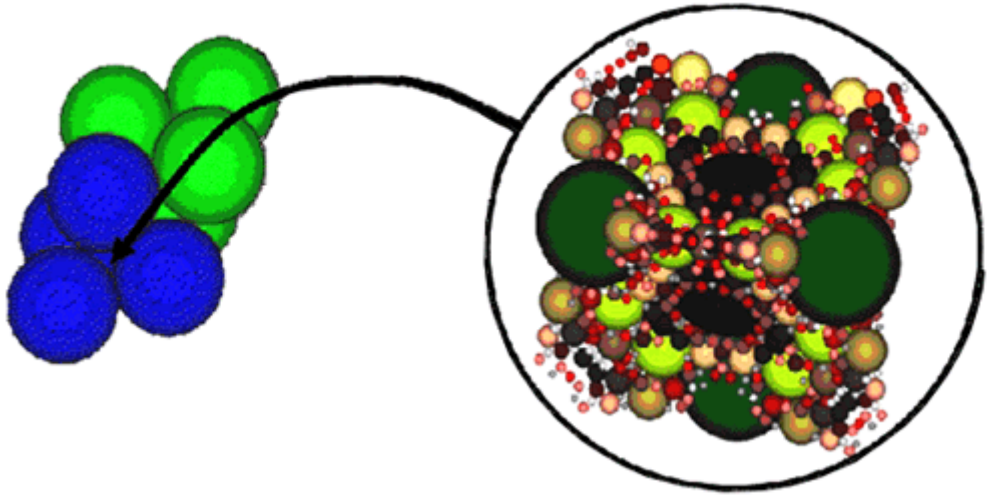
INOVASI BETON

ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE

- Di Institute of Structure, University of Kassel, Prof. Schmidt dan Prof. Fehling, selama satu dekade telah melakukan penelitian berbasis teknologi nano, untuk membuat campuran beton dengan kekuatan tekannya mencapai kekuatan baja, yaitu sebesar 2000 kg/cm² – 2500 kg/cm². Beton generasi baru ini dikenal dengan nama **Ultra High Performance Concrete** disingkat **UHPC.**
- **M i k r o s i l i k a,** Mikrosilika (*Silicafume*) merupakan aditif yang sangat baik untuk digunakan dalam pembuatan beton mutu tinggi dan sangat tinggi, yang merupakan produk sampingan sebagai abu pembakaran dari proses pembuatan *silicon metal* atau *silicon alloy* dalam tungku pembakaran listrik. Mikrosilika ini juga bersifat pozzolan (bahan yang mempunyai kandungan utama senyawa silika/silika dioksida dan alumina), dengan kadar kandungan senyawa silica-dioksida (Si O2) yang sangat tinggi (> 90 %), dan ukuran butiran partikel yang sangat halus, yaitu sekitar 1/100 ukuran rata-rata partikel semen. Dengan demikian penggunaan mikrosilika pada umumnya akan memberikan sumbangan yang lebih efektif pada kinerja beton, terutama untuk **beton bermutu sangat tinggi *(Ultra High Performance Concrete)***

INOVASI BETON

ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE



Tingginya kekuatan beton yang dihasilkan dari suatu mix design **UHPC** dipengaruhi oleh beberapa hal pokok :

- Rendahnya perbandingan air dan semen yang digunakan, yaitu lebih rendah dari 0,25.
- Penggunaan semen dengan bahan tambahan dari Kelompok bahan mineral seperti mikro silika.
- Agregat halus : pasir dengan diameter 0,125 – 0,50 mm
- Partikel sangat halus yaitu tepung quarz.
- Superplastisizer.

INOVASI BETON

ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE

Karena kekuatannya sangat tinggi penggunaan UHPC memungkinkan dihasilkannya struktur beton yang ringan dan ramping, yang berarti dapat menghemat sumber daya alam dan enerji. Ringannya berat sendiri struktur memungkinkan dicapainya bentang struktur yang lebih lebar dan bertambahnya tingginya bangunan. UHPC merupakan beton yang sangat padat sehingga dapat melindungi tulangan baja terhadap bahaya korosi, sehingga menjamin *durability* struktur.

TERIMA KASIH