

EVALUASI PANJANG PENYALURAN TERHADAP KUAT LENTUR BALOK BETON BERTULANG DENGAN VARIASI MUTU BETON

Gevin Brave Manossoh

Jorry D. Pangouw, Steenie E. Wallah

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado

ABSTRAK

Beton bertulang merupakan gabungan dari dua jenis bahan : beton polos, yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi namun kuat tarik yang rendah , dan batangan batangan baja yang ditanamkan didalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. Kuat tarik beton biasanya 8%-15% dari kuat tekan beton, kekuatan tarik didalam tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak didalam struktur. Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Sedangkan Panjang penyaluran dapat didefinisikan sebagai panjang minimum dari tulangan terbenam yang diperlukan sehingga tulangan dapat diberikan tegangan mencapai titik leleh ditambah jarak ekstra untuk menjamin kekuatan dari batang. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang penyaluran terhadap kuat lentur balok beton bertulang. Dalam penelitian ini perawatan dilakukan selama 7 hari dengan menggunakan benda uji balok 150x150x800 m. Variasi mutu beton yang diambil adalah 20 MPa, 25 MPa, 30 MPa. Variasi panjang penyaluran terhadap mutu beton yaitu bengkokan/kait 135° pada tulangan tanpa kait (dengan lewatan 10d), dan tulangan utuh. Diameter tulangan tetap untuk semua benda uji. Total benda uji sebanyak 9 benda uji. Hasil pengujian menyatakan bahwa perbandingan antara variasi panjang penyaluran terhadap mutu beton yaitu variasi panjang penyaluran terhadap mutu beton dengan bengkokan/kait 135° memiliki nilai lebih besar dari tulangan tanpa kait (dengan lewatan 10d) dan tulangan utuh.

Kata kunci : beton bertulang, panjang penyaluran, kuat tarik lentur

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Beton merupakan material buatan yang diperoleh melalui pencampuran semen, agregat, dan air (kadang-kadang ditambahkan bahan tambahan), yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia, serat, sampai bahan buangan non kimia) dengan proporsi tertentu. Struktur beton pada saat ini sudah sering digunakan apalagi seiring perkembangan zaman struktur beton sudah menggunakan tulangan tulangan didalam beton tersebut sehingga hal ini disebut sebagai struktur beton bertulang. Untuk itu untuk mengembangkan beton bertulang perlu adanya perkuatan perkuatan struktur beton tersebut. Perkuatan pada beton dapat meningkatkan kekuatan tarik penampang bergantung pada keserasian (*compability*) antara beton dan tulangan untuk dapat bekerja sama memikul beban luar. Dalam keadaan terbebani, elemen penguat- seperti tulangan baja – harus mengalami regangan atau deformasi yang sama dengan beton disekelilingnya untuk mencegah diskontinuitas atau terpisahnya kedua jenis material. Modulus elastisitas, daktilitas, dan kekuatan leleh maupun kekuatan *rupture* tulangan harus jauh lebih besar daripada yang dimiliki beton agar terjadi peningkatan kapasitas penampang beton bertulang

menjadi jauh lebih besar daripada penampang beton sederhana (tanpa tulangan). Dengan demikian material-material seperti aluminium, bambu, ataupun karet tidak cocok untuk digunakan sebagai penguat pada beton karena tidak memiliki lekatan atau adhesi yang diperlukan antara beton dengan bahan penguatnya. Baja dan *fiberglass* mempunyai faktor-faktor prinsip penguat beton, yaitu kekuatan leleh, daktilitas, dan lekatan yang cukup.

Salah satu persyaratan dasar dalam konstruksi beton bertulang adalah lekatan (*bond*), lekatan (*bond*) disini adalah hubungan kerja sama antara baja tulangan dengan beton disekelilingnya. Saat ini kerjasama antara tulangan dengan beton hanya dilakukan pada tulangan polos dan deform (*ulir*), yang didukung oleh pengetahuan dan penelitian yang telah dilakukan oleh banyak peneliti dan hasilnya telah dipakai dalam praktek perencanaan struktur beton bertulang.

Sekarang ini beredar di pasaran tulangan jenis Cold Rolled & Twisted Bar (*spiral*) yang mana permukaan tulangan tidak seperti tulangan yang lain (polos dan ulir). Oleh karena itu timbul permasalahan mengenai pemakaian tulangan CRT yang sampai saat ini belum ditemukan hasil penelitian mengenai perilaku lekatan

(bond) dan panjang penyaluran (l_d) khususnya pada beton mutu tinggi.

Kekuatan lekatan yang merupakan hasil dari berbagai parameter, seperti adhesi antara beton dengan permukaan tulangan baja dan tekanan beton kering terhadap tulang atau kawat baja adalah akibat adanya susut pengeringan pada beton. Selain itu saling bergeseknya permukaan baja dan beton disekitarnya yang disebabkan oleh perpindahan mikro tulang tarik, menyebabkan peningkatan tahanan terhadap gelincir. Efek total ini disebut sebagai lekatan (bond).

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh panjang penyaluran terhadap kuat lentur balok beton bertulang

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan beberapa manfaat bagi perkembangan teknologi beton, yakni memberikan informasi tentang pengaruh panjang penyaluran terhadap kuat lentur balok beton bertulang

2. Landasan Teori

Tinjauan Umum

Beton merupakan material buatan yang diperoleh melalui pencampuran semen, agregat, dan air (kadang-kadang ditambahkan bahan tambahan), yang sangat bervariasi mulai dari bahan kimia, serat, sampai bahan buangan non kimia) dengan proporsi tertentu. Beton mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan dibandingkan dengan bahan bangunan yang lain, misalnya

1. Ekonomis yaitu pertimbangan yang sangat penting meliputi material, kemudahan dalam pelaksanaan, waktu untuk konstruksi, pemeliharaan struktur, daktilitas dan sebagainya
2. Harganya relatif murah karena menggunakan bahan-bahan dasar dari bahan lokal, kecuali untuk semen Portland dan bahan-bahan tambahan yang mahal.
3. Beton segar dapat dengan mudah diangkut maupun dicetak. Cetakan dapat pula dipakai ulang beberapa kali sehingga secara ekonomi lebih murah.
4. Kuat tekannya yang tinggi mengakibatkan jika dikombinasikan dengan baja tulangan (yang kuat tariknya tinggi) dapat digunakan untuk struktur berat.
5. Beton segar dapat disemprotkan di permukaan beton lama yang retak maupun dimasukkan kedalam retakan beton dalam proses perbaikan.
6. Beton segar dapat dipompakan sehingga memungkinkan untuk dituang pada tempat-tempat yang sulit.
7. Beton memiliki sifat ketahanan terhadap pengaruh temperatur tinggi yang mungkin timbul, seperti akibat peristiwa kebakaran.

8. Rigiditas tinggi
9. Biaya pemeliharaan yang rendah
10. Penyediaan material yang mudah

Berdasarkan ACI *Commite* 363R-93, beton mutu normal adalah beton yang nilai kuat tekannya kurang dari 42 MPa pada umur 28 hari. Sedangkan FIP/CEB "*High strenght Concrete State of The art Report*" mengklasifikasikan beton mutu normal bila nilai tekannya dibawah 60 MPa yang diperoleh dari benda uji silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm pada umur 28 hari. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi 2200-2500 kg/m³. Selain memiliki beberapa kelebihan, beton juga mempunyai beberapa kekurangan yaitu :

1. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga mudah retak.
2. Beton sulit untuk dapat kedap air secara sempurna, sehingga selalu dapat dimasuki air, dan air yang membawa kandungan garam dapat merusakkan beton.
3. Beton bersifat getas (tidak daktil) sehingga harus dihitung dan didetail secara seksama setelah dikompositkan dengan baja tulangan menjadi bersifat daktil, terutama pada struktur tahan gempa.
4. Memerlukan biaya untuk bekisting dan perancah (untuk beton yang di cor ditempat)

Berdasarkan sifatnya, jenis-jenis pengujian beton yang dibutuhkan adalah :

1. Beton segar : slump temperatur/suhu, faktor pemadatan, kadar udara, berat jenis.
2. Beton keras : kuat tekan, kuat tarik belah, kuat lentur, modulus elastisitas, permeabilitas, porositas, poison ratio, susut, rangkai, dll.

Karakteristik beton yang baik dapat disimpulkan sebagai berikut

1. Kuantitas beton
 - a. Kepadatan yaitu ruang yang ada pada beton sedapat mungkin terisi oleh agregat dan pasta semen
 - b. Kekuatan yaitu beton harus mempunyai kekuatan daya tahn internal terhadap berbagai jenis kegagalan
 - c. Faktor air semen harus terkontrol sehingga memenuhi persyaratn kekuatan beton
 - d. Tekstur permukaan beton ekspos harus mempunyai kerapatan dan kekerasan tekstur yang tahan segala cuaca
2. Kualitas beton
 - a. Kualitas semen
 - b. Proporsi semen terhadap air dalam campurannya
 - c. Kekuatan dan kebersihan agregat
 - d. Adeshi atau interaksi antara apasta semen dan agregat
 - e. Pencampuran yang cukup dari bahan bahan pembentuk beton

- f. Perawatan pada temperature yang tidak lebih rendah dari 50°F
- g. Kandungan *chlorida* tidak melebihi 0,15% dalam beton ekspos dan 1% dalam beton terlindung

Sifat-sifat beton perlu diketahui untuk mendapatkan mutu beton yang diharapkan sesuai tuntutan konstruksi dan umur bangunan yang bersangkutan. Pada saat segar atau sesaat setelah dicetak, beton bersifat plastis dan mudah dibentuk. Sedang pada saat keras beton memiliki kekuatan yang cukup untuk menerima beban. Adapun sifat sifat beton segar adalah :

1. Kemudahan Pengerjaan (*workability*)

Workability adalah kemudahan mengerjakan beton, dimana menuang (*placing*) dan memadatkan (*compacting*) tidak menyebabkan munculnya efek negatif berupa pemisahan (*segregation*) dan pendarahan (*bleeding*). Ada 3 pengertian disini yaitu kompakabilitas, mobilitas, dan stabilitas

- a. Kompakabilitas : Kemudahan mengeluarkan udara dan pepadatan
- b. Mobilitas : Kemudahan mengisi acuan dan membungkus tulangan
- c. Stabilitas : Kemampuan untuk tetap menjadi massa homogen tanpa pemisahan

2 Bleeding

Bleeding adalah pengeluaran air dari adukan beton yang disebabkan oleh pelepasan air dari pasta semen. Sesaat setelah dicetak, air yang terkandung di dalam beton segar cenderung untuk naik ke permukaan.

3 Segregasi

Segregasi adalah kecenderungan pemisahan bahan bahan pembentuk beton. Segregasi sangat besar pengaruhnya terhadap sifat beton keras. Jika tingkat segregasi beton sangat tinggi, maka ketidaksempurnaan konstruksi beton juga tinggi. Hal ini dapat berupa keropos, terdapat lapisan yang lemah dan berpori permukaan nampak bersisik dan tidak merata Faktor faktor yang menyebabkan segregasi adalah:

- a. Ukuran partikel yang lebih besar dari 25 mm

- b. Berat jenis agregat kasar yang berbeda dengan agregat halus
- c. Kurangnya jumlah material halus campuran
- d. Bentuk butir yang tidak rata dan tidak bulat
- e. Campuran yang terlalu basah dan terlalu kering

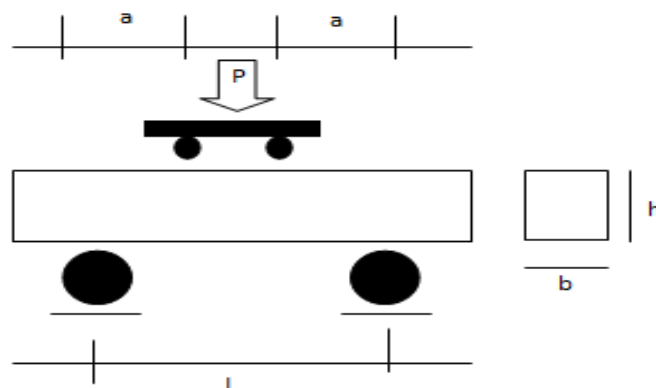
Beton bertulang adalah merupakan gabungan dari dua jenis bahan : beton polos, yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekutan tarik yang rendah , dan batangan batangan baja yang ditanamkan didalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan. Banyak struktur yang dibuat dari beton bertulang : jembatan,waduk,gedung, dinding penahan tanah, terowongan, tanki, conduit dan lain-lain.

Kekuatan Tarik

Kuat tarik beton biasanya 8%-15% dari kuat tekan beton, kekuatan tarik didalam tarik adalah suatu sifat yang penting yang mempengaruhi perambatan dan ukuran dari retak didalam struktur. kekuatan tarik biasanya ditentukan dengan menggunakan percobaan pembebanan silinder (*the split-cylinder*) menurut ASTM C496 [37] dimana silinder yang ukurannya sama dengan benda uji dalam percobaan tekan diletakkan pada sisinya diatas mesin uji dan beban tekan P dikerjakan secara merata dalam arah diameter disepanjang benda uji.

Kuat Tarik Lentur

Sebuah balok yang diberi beban akan mengalami deformasi, dan oleh sebab itu timbul momen-momen lentur sebagai perlawanan dari material yang membentuk balok tersebut terhadap beban luar. Tegangan yang timbul selama mengalami deformasi tidak boleh melebihi tegangan lentur ijin untuk bahan dari beton itu.Momen eksternal harus ditahan oleh bahan dari beton, dan harga maksimum yang dapat dicapai sebelum balok mengalami keruntuhan atau patah sama dengan momen penahan internal dari balok.



Gambar 1. Skema Pengujian Kuat Tarik Lentur

Panjang Penyaluran

Panjang penyaluran dapat didefinisikan sebagai panjang minimum dari tulangan terbenam yang diperlukan sehingga tulangan dapat diberikan tegangan mencapai titik leleh ditambah jarak ekstra untuk menjamin kekuatan dari batang. Hal ini dapat dilakukan untuk tulangan tulangan dalam kondisi lain dan jenis balok lain. Panjang penyaluran yang digunakan untuk tulangan ulir atau kawat yang menerima gaya tarik tidak boleh lebih kecil dari nilai yang dihitung dengan persamaan ACI atau 12in . Dengan mensubstitusi kedalam persamaan yang dilakukan di bawah ini, akan memberikan nilai dalam diameter tulangan (l_d/d_b).

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3}{40} \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} \frac{\alpha\beta\gamma\lambda}{d_b} \dots\dots\dots (1)$$

Atau dalam satuan SI :

$$\frac{l_d}{d_b} = \frac{9}{10} \frac{f_y\alpha\beta\gamma\lambda}{\sqrt{f'_c}(\frac{c+K_{tr}}{d_b})} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : l_d = panjang penyaluran; d_b = diameter besi atau tulangan; f_y = mutu baja; f'_c = Mutu beton; α = faktor lokasi tulangan; β = faktor pelapisan tulangan (*coating*); γ = faktor ukuran tulangan; λ = faktor agregat ringan; c = jarak atau dimensi selimut; K_{tr} = faktor indeks tulangan transversal

Tulangan tarik dapat dikembangkan kemampuannya dengan membengkokkan tulangan tersebut ke arah badan penampang yang akan dijangkari atau dibuat menerus dengan tulangan pada muka yang berlawanan dari komponen struktur tersebut. Penampang kritis untuk penyakuran tulangan didalam komponen struktur lentur terletak pada lokasi lokasi yang mempunyai kondisi tegangan maksimum dari pada lokasi lokasi di sepanjang bentang dimana tulangan yang berdekatan dengannya diputus atau dibengkokkan. Tulangan harus diteruskan melampaui titik dimana tulangan tersebut tidak diperlukan lagi untuk menahan lentur untuk suatu jarak yang sama dengan tinggi efektif komponen struktur dan tidak dari $12d_b$, kecuali pada daerah tumpuan balok sederhana pada daerah ujung bebas kantilever.

Penyaluran tulangan momen positif

Apabila suatu komponen struktur lentur merupakan suatu bagian penahan gaya lateral utama maka tulangan positif yang disalurkan kedalam tumpuan harus diangkur agar dapat mengembangkan kuat tarik leleh pada bagian muka tumpuan. Pada daerah tumpuan sederhana dan titik belok (lokasi momen nol) tulangan tarik momen positif maka panjang penyaluran dapat dihitung

$$l_d = \frac{M_n}{V_u} + l_a \dots\dots\dots (3)$$

Dari persamaan 3 didapat momen nominal sebagai berikut :

$$M_n = (l_d - l_a)V_u \dots\dots\dots (4)$$

Dimana : l_d = panjang penyaluran; M_n = momen nominal; V_u = gaya geser terfaktor; l_a = tinggi efektif struktur atau $12d_b$

3. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan studi pustaka, dilanjutkan dengan penelitian yang dilaksanakan di laboratorium Struktur dan Material Bangunan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi. Secara umum pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa langkah pekerjaan. Dimulai dengan menetapkan komposisi campuran, penyiapan material, pemeriksaan material, pembuatan benda uji, perawatan, dan pengujian benda uji. Tahapan-tahapan penelitian tersebut diatas, dilaksanakan dengan berdasarkan standar peraturan pengerjaan beton yang disesuaikan dengan kondisi laboratorium.

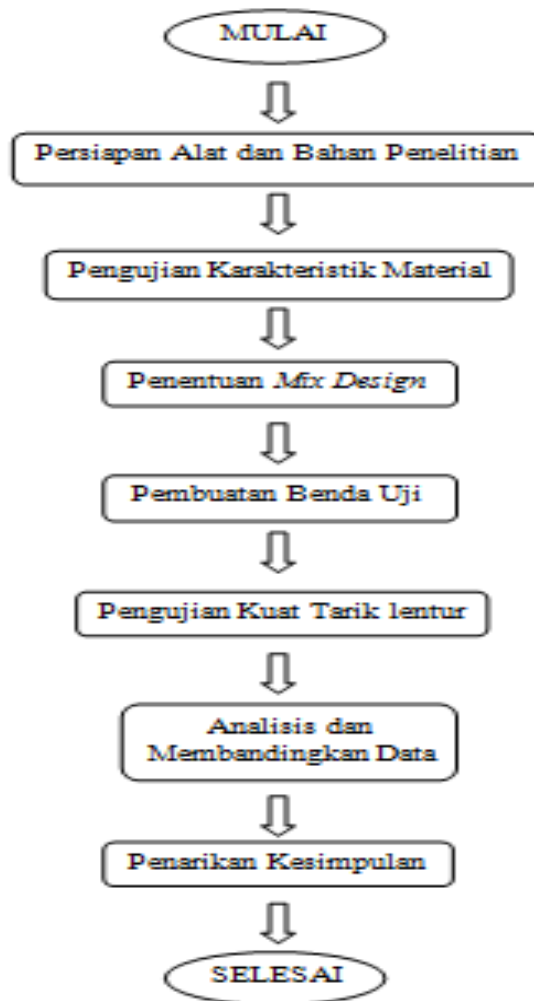
Sebagian langkah pemeriksaan material hanya dibatasi pada pemeriksaan karakteristik, karena dianggap penting dalam perhitungan komposisi campuran. Namun tidak semua material dapat diperiksa karakteristiknya. Tidak dilakukan pemeriksaan terhadap air dan material aditif. Semua material (semen, agregat) berasal dari tempat yang berbeda, diteliti untuk ditetapkan sebagai bahan pembentuk beton. Semua bahan ditempatkan pada tempat yang aman dan tidak mengalami perubahan fisik dan kimia serta bebas dari benda asing. Untuk menjaga kelembaban supaya tetap, material dimasukan ke dalam kantong plastik. Semen yang digunakan adalah semen portland tipe-1. Air yang digunakan dalam proses mencampur beton adalah air dari fakultas Teknik UNSRAT. Agregat kasar adalah Batu pecah yang berasal dari Tateli. Batu pecah diperoleh melalui pemecah batu (*stone crusher*) dengan ukuran 4.75 – 19 mm, kemudian diayak dengan menggunakan saringan no.4 Agregat halus adalah pasir yang berasal dari Sawangan. Pasir yang digunakan adalah yang lolos saringan no. 4. Agregat halus pasir berasal dari Sawangan, agregat kasar batu pecah berasal dari Tateli. Pengujian gradasi, kadar lumpur, berat jenis dan absorpsi agregat halus, keausan dan berat volume untuk perhitungan proporsi campuran beton dilaksanakan sesuai dengan SK SNI M-10-1989-F. Cetakan beton yang digunakan untuk membuat balok digunakan mal balok ukuran 150x150x600. Susunan beton itu harus dibuat sedemikian rupa agar kekuatan yang akan dicapai sebesar-besarnya, oleh karena itu perlu direncanakan komposisi campuran. Ini terutama dalam pengambilan bahan penyusun beton yang memiliki ukuran butiran yang berbeda, sehingga terdapat suatu pori-pori yang minimum. Butiran halus harus mengisi pori antara bagian agregat yang lebih kasar. Campuran semen dengan air pembuat itu harus

dapat mengisi lubang-lubang antara bagian dari agregat halus. Pengerjaan beton yang dibuat secara manual dan pabrikasi mutunya harus dapat dipertahankan terhadap kekuatan, keawetan, bentuk awal, dan kedap air. Selanjutnya adukan beton itu tidak hanya harus mengeras bagian-bagian pada kerikil atau batu pecah dengan sempurna tapi harus juga mengisi pori-pori antara bagian-bagian yang kasar seluruhnya. Untuk ini diperlukan suatu perbandingan yang tepat antara semen, air, agregat kasar dan agregat halus beserta bahan tambahan lainnya. Setelah penetapan komposisi campuran, hal yang perlu diperhatikan menyangkut cara

pelaksanaan campuran, efisiensi, bleeding, dan segregasi yang akan terjadi bila pencampuran telah dilakukan. Perawatan dilakukan agar proses hidrasi selanjutnya tidak mengalami gangguan. Jika hal ini terjadi, beton akan mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat. Perawatan dengan cara di rendam dalam air dilakukan selama 7 hari pada benda uji. Setelah perawatan selama 7 hari sejak pengecoran, pembebanan dilakukan. Balok beton ditempatkan pada alat uji. Analisa data dilakukan setelah pengujian dan hasil analisa dibuat dalam bentuk tabel dan grafik.

Tabel 1. Persamaan Panjang Penyaluran yang Disederhanakan

	Tulangan $\phi 6$ dan lebih kecil dari kawat berulir	Tulangan $\phi 7$ dan lebih besar
Jarak bersih tulangan atau sambungan tidak kurang dari d_b , selimut beton tidak kurang dari d_b , sengkang sepanjang l_d tidak kurang dari standar minimum atau jarak bersih tulangan atau Sambungan tidak kurang dari $2d_b$ dan selimut beton tidak kurang dari d_b	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{f_y \alpha \beta \lambda}{25 \sqrt{f'c}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{f_y \alpha \beta \lambda}{20 \sqrt{f'c}}$
Kasus Lain	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{50 \sqrt{f'c}}$	$\frac{l_d}{d_b} = \frac{3 f_y \alpha \beta \lambda}{40 \sqrt{f'c}}$



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

4. Hasil Penelitian Dan Pembahasan

Pemeriksaan Nilai Slump

Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui *workability* campuran beton adalah dengan cara pemeriksaan nilai slump. Nilai slump merupakan nilai perbedaan tinggi dari adukan dalam suatu cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan tinggi adukan setelah cetakan diambil. Nilai slump diukur pada setiap pengecoran.

Berat Volume Beton

Berat volume beton dihitung dengan menggunakan persamaan 2.1. berat yang digunakan adalah berat rata-rata dari setiap benda uji pada umur 7 hari dan dapat dilihat pada Tabel 3.

Kuat Tarik Lentur Beton

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4, 5, dan 6.

Perbandingan Momen Nominal (Desain)

Untuk menghitung momen nominal digunakan persamaan (4). Perbandingan momen nominal penyaluran disajikan pada Tabel 7. Hasil pada Tabel 7. menunjukkan bahwa perbandingan nilai momen nominal pada setiap jenis panjang penyaluran menunjukkan bahwa nilai 135° memiliki nilai yang lebih besar dari tulangan tanpa kait (dengan lewatan 10d) dan tulangan utuh.

Perbandingan nilai tegangan pada setiap variasi mutu dan jenis panjang penyaluran disajikan pada Tabel 8.

Tabel 2. Nilai Slump

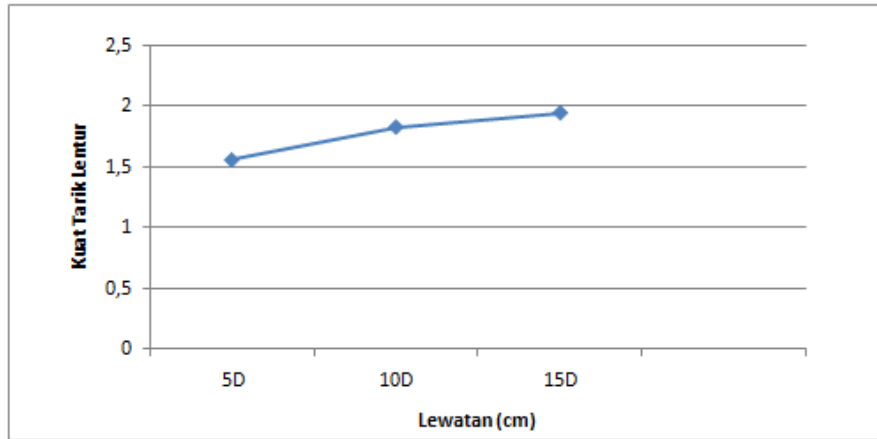
Pengecoran	Nilai Slump (mm)
1	87
2	92
3	85
4	94
Rata-rata	89,5

Tabel 3. Berat Volume Beton pada Umur 7 Hari

Balok		Berat (kg)	Volume Benda Uji m ³	Berat Volume Benda Uji kg/m ³	Berat Volume Rata-rata
6d (lewatan 10 d dgn kait 135°)	20MPa	1	41,72	0,018	2317,777778
	25MPa	2	40,50	0,018	2250
	30MPa	3	41,17	0,018	2287,222222
6d (lewatan 10 d tanpa kait)	20MPa	4	42,47	0,018	2359,444444
	25MPa	5	40,60	0,018	2255,555556
	30MPa	6	40,51	0,018	2250,555556
6d (tidak ada sambungan /utuh)	20MPa	7	40,53	0,018	2251,666667
	25MPa	8	39,39	0,018	2188,333333
	30MPa	9	40,63	0,018	2257,222222

Tabel 4. Hasil Uji Kuat Lentur Balok Beton Bertulang (150x150x800) dengan Diamater Tulangan 6 mm dan bengkokan / kait 135°.

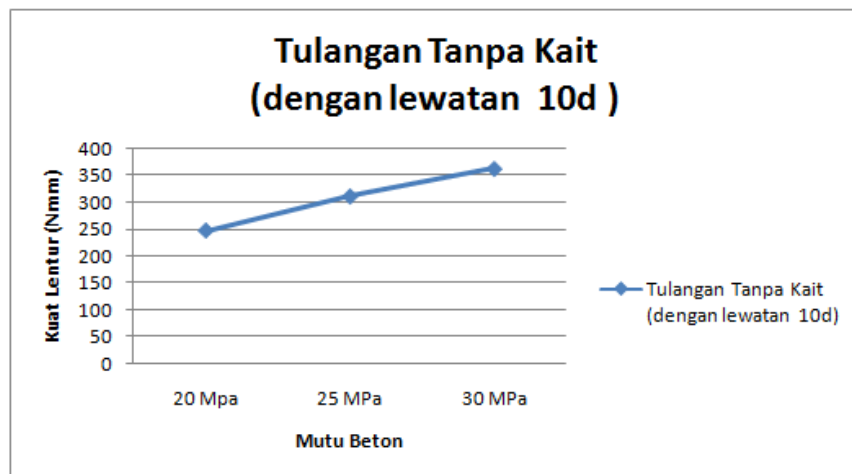
MutuBeton	Berat (kg)	Bacaan (P) Alat (kN)	Kuat Lentur (Nmm)
	20 MPa	41,72	
25 MPa	40,50	26,609	319.308
30 MPa	41,17	31,040	372.480



Gambar 2. Grafik Kuat Tarik Lentur Balok Beton dengan Diameter Tulangan 6 mm

Tabel 5. Hasil Uji Kuat Lentur Balok Beton Bertulang (150x150x800) dengan Diameter Tulangan 6 mm dan Lewatan 10d Tanpa Kait (Polos)

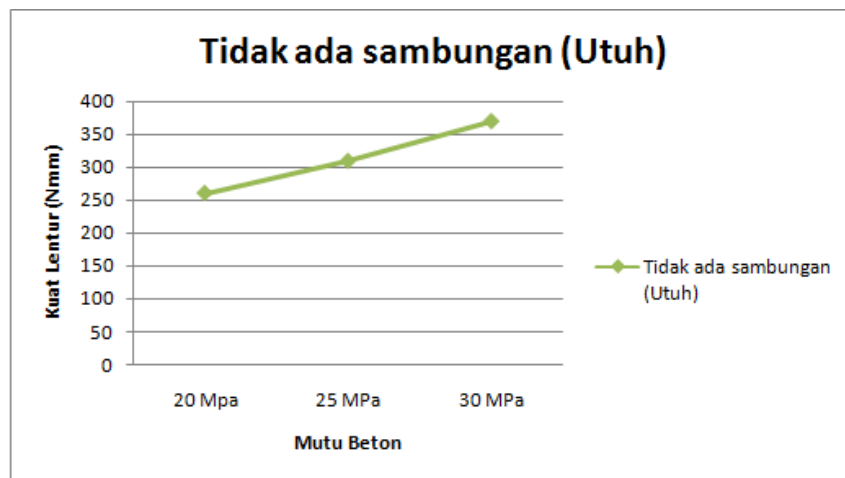
Mutu Beton	Berat	Bacaan (P)	Kuat Lentur (Nmm)
	(Kg)	Alat (kN)	
20 MPa	42,47	20,546	246.552
25 MPa	40,60	25,904	310.848
30 MPa	40.51	30,226	362.712



Gambar 3. Grafik Kuat Lentur Balok Beton dengan Lewatan 10d Tanpa Kait

Tabel 6. Hasil Uji Kuat Lentur Balok Beton Bertulang (150x150x800) dengan Diameter Tulangan 6 mm dan Tulangan Utuh

Lewatan/Penyaluran	Berat	Bacaan (P)	Kuat Lentur (MPa)
	(Kg)	Alat (kN)	
20 MPa	40,53	21,66	259.92
25 MPa	39,39	25,73	308.76
30 MPa	40,63	30,79	369.48



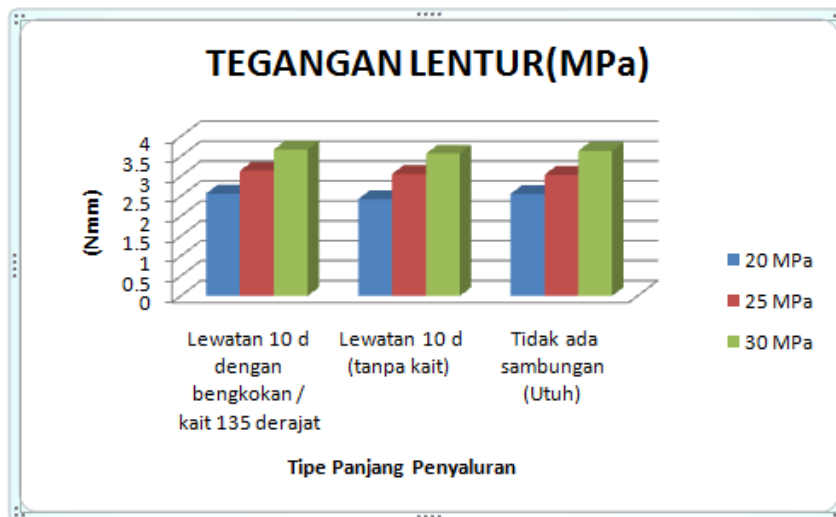
Gambar 4. Grafik Kuat Lentur Balok Beton dengan Tulangan Utuh

Tabel 7. Perbandingan Momen Nominal Penyaluran

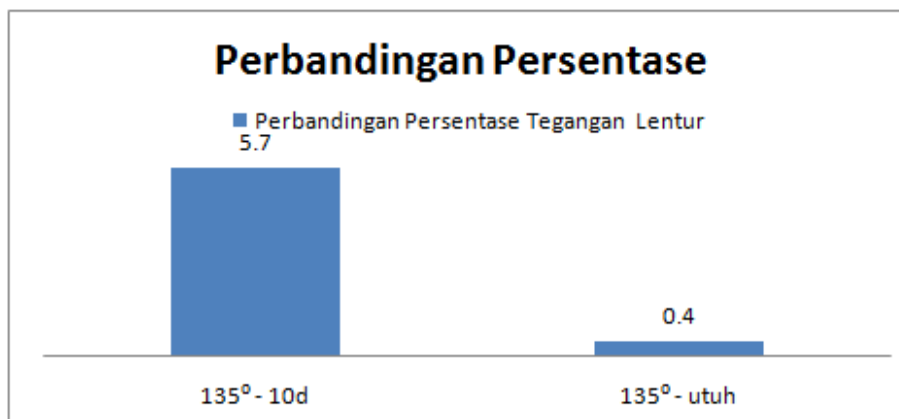
Mutu Beton	Tipe Panjang Penyaluran	Momen Nominal (Nmm)
20 MPa	Lewatan 10 d dengan kait 135°	260.760
25 MPa		319.308
30 MPa		372.480
20 MPa	Tulangan tanpa kait (lewatan 10d)	246.552
25 MPa		310.848
30 MPa		362.712
20 MPa	Tidak ada sambungan (Utuh)	259.92
25 MPa		308.76
30 MPa		369.48

Tabel 8. Perbandingan Tegangan

Mutu Beton	Tipe Panjang Penyaluran	Tegangan (MPa)
20 Mpa	Lewatan 10 d dengan kait 135°	2.57
25 Mpa		3.14
30 Mpa		3.67
20 Mpa	Tulangan tanpa kait (lewatan 10d)	2.43
25 Mpa		3.06
30 Mpa		3.57
20 Mpa	Tidak ada sambungan (Utuh)	2.56
25 Mpa		3.04
30 Mpa		3.64



Gambar 5. Grafik Perbandingan Tegangan Lentur terhadap Tipe Panjang Penyaluran



Gambar 6. Grafik Persentase Perbandingan

Grafik perbandingan tegangan lentur terhadap tipe panjang penyaluran menunjukkan bahwa nilai tegangan lentur dengan bengkokan 135° lebih besar dari tulangan tanpa kait dengan lewatan 10d dan tulangan utuh. Grafik persentase perbandingan menunjukkan bahwa nilai tegangan lentur dengan bengkokan / kait 135° memiliki selisih 5.7% dari tulangan tanpa kait (dengan lewatan 10d), serta nilai bengkokan / kait 135° memiliki selisih 0.3% dari tulangan utuh.

5. Kesimpulan

Berdasarkan analisa data penelitian, hasil pengujian kuat tarik lentur serta grafik-grafik yang ada, maka penulis dapat menarik kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan klasifikasi berat jenis beton, hasil pemeriksaan berat volume beton termasuk beton berbobot normal.

2. Nilai kuat tarik lentur pada beton dengan variasi mutu beton dan dengan bengkokan / kait 135° memiliki perbandingan 5.7% terhadap tulangan tanpa kait (dengan lewatan 10d) dan nilai kuat lentur pada bengkokan / kait 135° memiliki perbandingan 0.3% terhadap tulangan utuh.
3. Dari hasil perhitungan secara teoritis, panjang penyaluran dengan bengkokan 135° memiliki nilai yang lebih besar dari tulangan tanpa kait (dengan lewatan 10d) dan tulangan utuh.

6. Saran

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut di laboratorium dan perubahan dimensi benda uji balok agar dapat menghasilkan hasil yang maksimal.
2. Untuk pengujian lentur pada balok perlu menggunakan balok dengan dimensi yang lebih besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Gurki Sembiring Thambah J, 2007. "Beton Bertulang Edisi Revisi". Rekayasa Sains, Bandung.
G Nawy, Edward. 1990. Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar. Eresco, Bandung.
Mulyono Tri. 2005. "Teknologi Beton". Penerbit ANDI, Yogyakarta.
SNI 03-2487-2002. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, Badan Standardisasi Indonesia.