PERHITUNGAN STRUKTUR JEMBATAN BETON BERTULANG DESA TOKO LIMA

CALCULATION OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES BRIDGE VILLAGE TOKO LIMA

Program Studi Teknik Sipil

Program Studi Strata 1 (Satu) Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda

ABSTRACT

Transportation is an important part of human life and developing mechanisms in line with the human civilization itself. One part is a transport bridge. The bridge is an important element in the transportation system, serving as a bridge serves traffic flow on it.

Seeing the importance of the function of a bridge then the bridge construction must meet a wide range of existing standards. construction of highway bridges with short spans, reinforced concrete construction should be used as the main girder.

Long span reinforced concrete bridge being simulated is 15,4 m, width 7 m carriageway, pavement width of 1 m and 1 m right side of the left side, so that the total width of the bridge 9 m. Results of analysis of reinforced concrete bridge calculation is derived calculations use the floor slab reinforcement D16 - 100 for flexural reinforcement and negative reinforcement D16 - 150 for flexural positive. Backrest using reinforcement 2Ø12 pole. the girder plans drawn ultimate moment (Mu) of 3286.78 kNm and shear girder ultimate plan is 728.18 kN. Girder reinforcement is used by 14 D 32. To ensure that the girder is ductile, then press the reinforcement is taken by 30% tensile reinforcement, so the use of reinforcement 4 D 32. Reinforcement steel piles by 16 D 19 mm with spiral shear reinforcement used cross section D Ø 12 mm

Keywords : Reinforced, Concrete, Bridge, Structure.

PENGANTAR

Jembatan adalah suatu struktur yang berfungsi sebagai lintasan untuk memperpendek jarak dengan menyeberangi suatu rintangan tanpa menutup tanpa menutup rintangan itu sendiri. Lintasan yang dimaksud disini adalah berupa suatu jalan raya/jalan rel, perjalan kaki, kanal atau pipa-pipa penyalur. Rintangan yang dimaksud adalah dapat berupa sungai, jalan raya atau lembah. (Dusmara, 2007).

Kutai Kartanegara merupakan salah satu kabupaten yang berada di Provinsi Kalimantan Timur dangan luas wilayah 27.263,10 km2 dan luas perairan kurang lebih 4.097 km2. Secara geografisnya terletak antara 115° 26' 28" BT – 117° 36' 43" BT dan 1° 28' 21" LU – 1° 08' 06" LS. Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin pesat dan semakin meningkatnya taraf hidup masyarakat, maka semakin meningkat pula tuntutan akan kebutuhan serta sarana dan prasarana transportasi yang dapat memudahkan masyarakat untuk bersosialisasi dengan daerah satu dan daerah lainnya. Melihat pentingnya fungsi dari suatu jembatan maka pembuatan jembatan harus memenuhi berbagai macam standar yang ada. pembangunan jembatan jalan raya dengan bentang pendek, sebaiknya digunakan konstruksi beton bertulang sebagai gelagar utama.

TUJUAN PENELITIAN

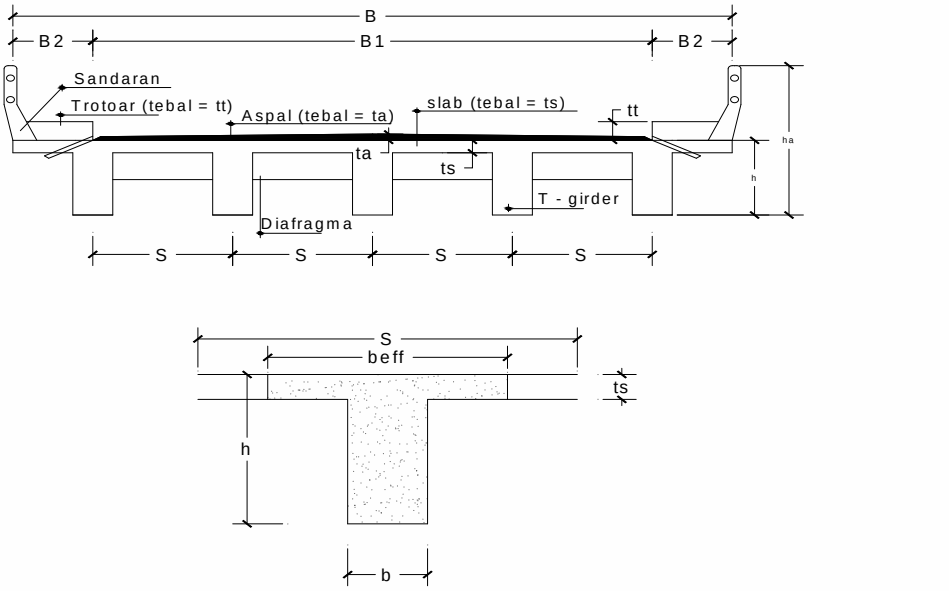
Adapun tujuan dalam penelitian ini adalah mengetahui cara mendesain struktur bagian atas dan bawah jembatan beton bertulang agar meningkatkan kemampuan jembatan yang sebelumnya dan menunjang kelancaran arus lalu lintas di daerah Desa Toko Lima, Kecamatan Muara Badak Ilir, Kabupaten Kutai Kartanegara.

CARA PENELITIAN

1. Menghitung jembatan bangunan atas dan bangunan bawah dengan analisa pembebanan dan rekayasa teknik RSNI-T-02-2005, agar bisa merencanakan jembatan yang memenuhi ketentuan dan kekuatan, keseragaman bentuk serta keselamatan, keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.

1.1 Perencanaan Perhitungan Bangunan Atas Jembatan Beton Bertulang

1.1.1 Perhitungan Slab Lantai Kendaraan



Gambar 1.1 *Cross section* jembatan

A. Data Teknis

Jenis jembatan	:	Beton Bertulang Balok “T”
Tebal slab lantai	:	0,20 m
Tebal lapisan aspal	:	0,05 m
Tebal genangan air	:	0,05 m
Jarak antar balok girder	:	1,50 m
Lebar jalur lalu lintas	:	7,00 m
Lebar trotoar	:	1,00 m
Lebar median	:	0,00 m
Lebar total jembatan	:	9,00 m
Panjang bentang jembatan	:	15,4 m

1. Penulangan Plat Lantai Kendaraan

a. Tulangan lentur negatif

Momen rencana tumpuan (Mu) = 85,053 kNm

Mutu beton (fc'), kuat tekan beton = 24,9MPa

Mutu baja (fy), tegangan leleh baja = 390 MPa

Tebal plat beton (h) = 200 mm

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d') = 40 mm

Modulus elastis baja (s) = 2 x 10^5 MPa

Faktor bentuk distribusi tegangan beton (β1) = 0,85

Rasio penulangan dalam kondisi seimbang :

$$\rho b = \beta 1 \; x \; 0{,}85 \; x \; fc'/fy \; x \; 600 \; / (600 + fy)$$

$$\rho b = 0{,}85 \; x \; 0{,}85 \; x \; 29{,}4/390 \; x \; 600 \; / (600 + 390) = 0{,}028$$

Faktor tahanan momen maksimum :

$$Rmax = 0{,}75 \; x \; \rho b \; x \; fy \; x \; [1 - \frac{1}{2} \; x \; 0{,}75 \; x \; \rho b \; x \; fy/0{,}85 \; x \; fc']$$

$$Rmax = 0{,}75 \; x \; 0{,}028 \; x \; 390 \; x \; \left[-\frac{1}{2} \; x \; 0{,}75 \; x \; 0{,}028 \; x \; 390/0{,}85 \; x \; 24{,}9\right]$$

$$= 6{,}598$$

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,8

Momen rencana ultimit (Mu) = 85,063 kNm

Tebal efektif plat :

$$d = h - d' = 200 - 40 = 160 \; mm$$

Ditinjau plat beton selebar 1 m = 1 m

Momen nominal rencana :

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{85{,}063}{0{,}8} = 106{,}329 \; kNm$$

Faktor tahanan momen :

$$Rn = \frac{Mn\ x\ 10^6}{b\ x\ d^2} = \frac{106{,}329\ x\ 10^6}{1\ x\ 160^2} = 4{,}153$$

Sehingga didapat nilai Rn < Rmax……..OK

Rasio tulangan yang diperlukan (r) :

$$r = \frac{0{,}85\ x\ fc'}{fy}\ x\ [1 - \sqrt{(1 - 2\ x\ Rn/0{,}85\ x\ fc')}]$$

$$r = \frac{0{,}85\ x\ 24{,}9}{390}\ x\ [1 - \sqrt{(1 - 2\ x\ 4{,}153/0{,}85\ x\ 24{,}9)}] = 0{,}012$$

Rasio tulangan minimum :

$$rmin = \frac{1{,}4}{fy} = \frac{1{,}4}{390} = 0{,}003$$

Rasio tulangan yang digunakan (r) = 0,012

Luas tulangan yang diperlukan :

$$As = r\ x\ b\ x\ d = 0{,}012\ x\ 1000\ x\ 160 = 1920\ mm^2$$

Diameter tulangan yang diperlukan D-16 mm

Jarak tulangan yang diperlukan :

$$s = 0{,}25\ x\ \pi\ D^2\ x\ \left(\frac{b}{As}\right) = 0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ 16^2\ x\ \left(\frac{1000}{1920}\right) = 104{,}667\ mm$$

Digunakan tulangan D-16 – 100

Tulangan bagi / susut arah memanjang diambil 50% dari tulangan pokok.

$$As' = 50\%\ x\ As = 50\%\ x\ 1920 = 960\ mm^2$$

Diameter tulangan yang diperlukan D-12 mm

Jarak tulangan yang diperlukan :

$$s = 0{,}25\ x\ \pi\ D^2\ x\ \left(\frac{b}{As}\right) = 0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ 12^2\ x\ \left(\frac{1000}{960}\right) = 117{,}750\ mm$$

Digunakan tulangan D-12 – 100

Kontrol luas tulangan :

$$As' = 0{,}25\ x\ \pi\ D^2\ x\ \left(\frac{b}{s}\right) = 0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ 12^2\ x\ \left(\frac{1000}{100}\right)$$
$$= 1130{,}40 mm^2$$

b. Tulangan lentur positif

Momen rencana tumpuan (Mu) = 75,184 kNm

Mutu beton (fc'), kuat tekan beton = 24,9 MPa

Mutu baja (fy), tegangan leleh baja = 390 MPa

Tebal plat beton (h) = 200 mm

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d') = 50 mm

Modulus elastis baja (s) = 2 x 10^5 MPa

Faktor bentuk distribusi tegangan beton (β1) = 0,85

Rasio penulangan dalam kondisi seimbang :

$$\rho b = \beta 1\ x\ 0{,}85\ x\ fc'/fy\ x\ 600\ /\ (600 + fy)$$

$$\rho b = 0{,}85\ x\ 0{,}85\ x\ 24{,}9/390\ x\ 600\ /\ (600 + 390) = 0{,}028$$

Faktor tahanan momen maksimum :

$$Rmax = 0{,}75\ x\ \rho b\ x\ fy\ x\ [1 - \frac{1}{2}\ x\ 0{,}75\ x\ \rho b\ x\ fy/0{,}85\ x\ fc']$$

$$Rmax = 0{,}75\ x\ 0{,}028\ x\ 390\ x\ \left[1 - \frac{1}{2}\ x\ 0{,}75\ x\ 0{,}028\ x\ 390/0{,}85\ x\ 24{,}9\right] = 6{,}598$$

Faktor reduksi kekuatan lentur (ϕ) = 0,8

Momen rencana ultimit (Mu) = 75,184 kNm

Tebal efektif plat :

$$d = h - d' = 200 - 50 = 150\ mm$$

Ditinjau plat beton selebar 1 m = 1 m

Momen nominal rencana :

$$Mn = \frac{Mu}{\phi} = \frac{75{,}184}{0{,}8} = 93{,}980\ kNm$$

Faktor tahanan momen :

$$Rn = \frac{Mn\ x\ 10^6}{b\ x\ d^2} = \frac{93{,}980\ x\ 10^6}{1\ x\ 150^2} = 4{,}177$$

Sehingga didapat nilai Rn < Rmax……..OK

Rasio tulangan yang diperlukan (r) :

$$r = \frac{0{,}85\ x\ fc'}{fy}\ x\ [1 - \sqrt{(1 - 2\ x\ Rn/0{,}85\ x\ fc')}]$$

$$r = \frac{0{,}85\ x\ 24{,}9}{390}\ x\ [1 - \sqrt{(1 - 2\ x\ 4{,}177/0{,}85\ x\ 24{,}9)}] = 0{,}012$$

Rasio tulangan minimum :

$$rmin = \frac{1{,}4}{fy} = \frac{1{,}4}{390} = 0{,}004$$

Rasio tulangan yang digunakan (r) = 0,012

Luas tulangan yang diperlukan :

$$As = r\ x\ b\ x\ d = 0{,}012\ x\ 1000\ x\ 150 = 1800\ mm^2$$

Diameter tulangan yang diperlukan D-16 mm

Jarak tulangan yang diperlukan :

$$s = 0{,}25\ x\ \pi\ D^2\ x\ \left(\frac{b}{As}\right) = 0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ 16^2\ x\ \left(\frac{1000}{1800}\right) = 111{,}64\ mm$$

Digunakan tulangan D-16 – 150

Kontrol luas tulangan :

$$As' = 0{,}25\ x\ \pi\ D^2\ x\ \left(\frac{b}{s}\right) = 0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ 16^2\ x\ \left(\frac{1000}{150}\right) = 1339{,}7\ mm^2$$

Tulangan bagi / susut arah memanjang diambil 50% dari tulangan pokok.

$$As' = 50\%\ x\ As = 50\%\ x\ 1800 = 900\ mm^2$$

Diameter tulangan yang diperlukan D-12 mm

Jarak tulangan yang diperlukan :

$$s = 0{,}25\ x\ \pi\ D^2\ x\ \left(\frac{b}{As}\right) = 0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ 12^2\ x\ \left(\frac{1000}{900}\right) = 125{,}6\ mm$$

Digunakan tulangan D-12 – 150

Komtrol luas tulangan :

$$As' = 0{,}25\ x\ \pi\ D^2\ x\ \left(\frac{b}{As}\right) = 0{,}25\ x\ 3{,}14\ x\ 12^2\ x\ \left(\frac{1000}{150}\right) = 753.6\ mm^2$$

3. Kontrol Lendutan Plat

Mutu beton (fc'), kuat tekan beton = 24,9 MPa

Mutu baja (fy), tegangan leleh baja = 390 MPa

Tebal plat beton (h) = 200 mm

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d') = 40 mm

Modulus elastis beton (Ec) :

$$Ec = 4700\ x\ \sqrt{fc'} = 4700\ x\ \sqrt{29{,}4} = 23453\ MP$$

Modulus elastis baja (s) = 2 x 10^5 MPa

Tebal efektif plat :

$$d = h - d' = 200 - 40 = 160\ mm$$

Luas tulangan plat (As) = 1206 mm^2

Panjang bentang plat (Lx) = 2,0 m = 2000 mm

Ditinjau plat selebar (b) = 1,0 m = 1000 mm

Beban terpusat (P = PTT) = 130 kN

Beban merata :

$$Q = QMS + QMA = 5{,}00 + 1{,}35 = 6{,}345\ kN/m$$

Lendutan total yang terjadi harus ($\delta total$) harus < Lx / 240 = 8,333 mm

Inersia brutto penampang plat :

$$\text{lg} = \frac{1}{12}\ x\ b\ x\ h^3 = \frac{1}{12}\ x\ 1000\ x\ 200^3 = 6{,}67.10^8\ mm^3$$

Modulus keruntuhan lentur beton :

$$fr = 0{,}7\ x\ \sqrt{fc'} = 0{,}7\ x\ \sqrt{24{,}9} = 3{,}493\ MP$$

Nilai perbandingan modulus elastis :

$$n = \frac{Es}{Ec} = \frac{200000}{23453} = 8{,}528$$

$$n\ x\ As = 8{,}528\ x\ 1206 = 10284{,}4\ mm^2$$

Jarak garis netral terhadap sisi atas beton :

$$c = \frac{n\ x\ As}{b} = \frac{8{,}528\ x\ 1206}{1000} = 10{,}28\ mm$$

Inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton dihitung sbb :

$$Icr = \left(\frac{1}{3}\ x\ b\ x\ c^3\right) + [n\ x\ As\ (d-c)2]$$

$$Icr = \left(\frac{1}{3}\ x\ 1000\ x\ 10{,}28^3\right) + [8{,}528\ x\ 1206\ (160-10{,}28)^2]$$

$$= 230885331\ mm^4$$

$$yt = \frac{h}{2} = \frac{200}{2} = 100\ mm$$

Momen Retak :

$$Mcr = \frac{fr\ x\ lg}{yt} = \frac{3{,}493\ x\ 230885331}{100} = 23286620\ Nmm$$

Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban) :

$$Ma = \left(\frac{1}{8}\ x\ Q\ x\ Lx^2\right) + \left(\frac{1}{4}\ x\ P\ x\ Lx\right)$$

$$Ma = \left(\frac{1}{8}\ x\ 6{,}345\ x\ 2^2\right) + \left(\frac{1}{4}\ x\ 130\ x\ 2\right) = 68{,}295\ kNm$$

$$Ma = 68295000\ Nmm$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan :

$$Ie = \left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3\ x\ \mathrm{Ig} + \left[1 - \left(\frac{Mcr}{Ma}\right)^3\right]\ x\ Icr$$

$$Ie = \left(\frac{23286620}{68295000}\right)^3\ x\ 6{,}67.10^8 + \left[1 - \left(\frac{23286620}{68295000}\right)^3\right]\ x\ 230885331$$

$Ie = 26427822\ mm^4$

Beban terpusat (P = PTT) = 130 kN = 130000 N

Beban merata :

$Q = QMS + QMA = 5{,}00 + 1{,}35 = 6{,}35\ kN/m$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup :

$$\delta e = \left(\frac{\frac{5}{384}\ x\ Q\ x\ Lx^4}{Ec\ x\ Ie}\right) + \left(\frac{\frac{1}{48} x\ P\ x\ Lx^3}{Ec\ x\ Ie}\right)$$

$$\delta e = \left(\frac{\frac{5}{384}\ x\ 6{,}35\ x\ 2000^4}{23453\ x\ 26427822}\right) + \left(\frac{\frac{1}{48} x\ 130\ x\ 2000^3}{23453\ x\ 26427822}\right) = 6{,}137\ mm$$

Rasio tulangan plat lantai jembatan :

$$r = \frac{As}{b\ x\ d} = \frac{1206}{1000\ x\ 160} = 0{,}0075\ mm$$

Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (jangka waktu > 5 tahun) diambil nilai sebesar (ζ) 2,0

$$I = \zeta/(1 + (50\ x\ r) = 2/(1 + 50\ x\ 0{,}0075) = 5{,}203$$

Lendutan jangka panjang akibat rangkak dan susut :

$$\delta g = \frac{I\ x \frac{5}{384} x\ Q\ x\ Lx^4}{Ec\ x\ Ie}$$

$$\delta g = \frac{1{,}290\ x \frac{5}{384}\ x\ 6{,}345\ x\ 2^4}{23453\ x\ 26427822} = 0{,}011\ mm$$

Lendutan total pada plat lantai jembatan :

$$\frac{Lx}{240} = \frac{2000}{240} = 8{,}333\ mm$$

$\delta total = \delta e + \delta g = 6{,}137 + 0{,}011 = 6{,}148\ mm < 8{,}333$ (aman)…OK

4. Kontrol Tegangan Geser Pons

Mutu beton (fc'), kuat tekan beton = 24,9 MPa

Kuat geser pons yang diisyaratkan :

$fv = 0{,}3\ x\ \sqrt{fc'} = 0{,}3\ x\ \sqrt{24{,}9} = 1{,}497\ MPa$

Faktor reduksi kekuatan geser (Ø) = 0,60

Beban roda truk pada plat :

PTT = 130 kN = 130000 N

h = 0,20 m a = 0,30 m

ta = 0,05 m b = 0,50 m

$u = (a + 2)x\ (ta + h) = 0{,}60\ m = 600\ mm$

$v = (b + 2)x\ (ta + h) = 0{,}80\ m = 800\ mm$

Tebal efektif plat (d) = 160 mm

Luas bidang geser :

$Av = 2\ x\ (u + v)\ x\ d = 2\ x\ (600 + 800)x\ 160 = 448000\ mm^2$

Gaya geser pons nominal :

$Pn = Av\ x\ fv = 448000\ x\ 1{,}497 = 670656\ N$

$Ø\ x\ Pn = 0{,}60\ x\ 670656 = 402393{,}6\ N$

Faktor beban ultimit (KTT) = 2,0

Beban ultimit roda truk pada plat :

$Pu = KTT\ x\ PTT = 2\ x\ 130000 = 260000\ N < 402393{,}6$ (aman) …OK

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian Perhitungan Struktur Jembatan Beton Bertulang Desa Toko Lima, dapat disimpulkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

a. Untuk jembatan direncanakan dengan lebar jalur lalu lintas 7,0 meter, lebar trotoar 1 meter sisi kanan dan 1 meter sisi kiri, sehingga lebar total jembatan 9,0 meter.
b. Jumlah girder pada jembatan 5 buah, sehingga jarak antar girder 2 meter.
c. Panjang bentang rencana 15,4 meter.
d. Data hasil perencanaan dan analisis :

    1. Plat lantai

    Pada perencanaan plat, tebal plat 200 mm, jarak tulangan terhadap sisi luar 40 mm, sehingga tebal efektif plat 160 mm. Momen tumpuan ultimit rencana Mu 85,053 kN.m, dan momen lapangan tumpuan ultimit rencana Mu 75,184 kN.m. Untuk tulangan lentur negatif tulangan yang digunakan D16 –100 mm, untuk tulangan lentur positif tulangan yang digunakan D16-150 mm.

    2. Tiang sandaran

    Pada perencanaan tiang sandaran, digunakan tulangan 2 Ø 12 mm. Secara teori kemampuan beton menahan geser lebih besar dari gaya geser yang bekerja sehingga tidak perlu tulangan geser, cukup diberi tulangan geser minimum sebagai pengikat. Digunakan tulangan 8 Ø 62 mm.

    3. Gelagar “T”

    Pada perencanaan gelagar, diambil momen ultimate rencana girder (Mu) sebesar 3286,78 kNm dan gaya geser ultimate rencana girder adalah 728,18 kN. Gelagar digunakan tulangan sebesar 14 D 32. Untuk menjamin agar girder bersifat daktail, maka tulangan tekan diambil sebesar 30% tulangan tarik, sehingga digunakan tulangan 4 D 32.

    4. Pondasi

Berat breast wall selebar 1 m dengan luas tulangan yang diperlukan sebesar 15210 mm2 dan diameter yang digunakan sebesar 25 mm. Sehingga digunakan tulangan tekan D 25 – 100 mm dan tarik sebesar D 25 – 100 mm. Tulangan lentur pile cap D 19 – 150 mm, tulangan bagi sebesar Ø 12 - 100 mm. Penulangan tiang pancang baja sebesar 16 D 19 mm dengan tulangan geser digunakan spiral berpenampang D Ø 12 mm

Saran

Adapun beberapa saran yang dapat saya sampaikan sehubungan dengan hasil analisa dan penelitian.

a. Dalam melakukan kegiatan perhitungan struktur bangunan atas dan bangunan bawah harus dapat memenuhi konsep-konsep dasar perencanaan jembatan sehingga menciptakan keselamatan, keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan
b. Dalam melakukan perhitungan juga sebaiknya harus mengacu pada peraturan yang sudah ditetapkan agar tidak terjadi kelebihan dimensi dan volume pembebanan pada struktur.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim., 2008. *Petunjuk Praktikum Beton,* Laboratorium Teknik Sipil Universitas 17 Agustus 1945, Samarinda.

Asroni, Ali., 2010. *Kolom Pondasi dan Balok T Beton Bertulang,* Graha Ilmu, Yogyakarta.

Sardjono., 1991. *Pondasi Tiang Pancang,* Sinar Wijaya, Surabaya.

Supriyadi, B., Muntohar, A.S., 2000. *Jembatan,* Beta offset, Yogyakarta.

Wuaten, H.M., 2008. *Struktur Beton Bertulang*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.

Wuaten, H.M., 2009. *Statika dan Mekanika Bahan I,* Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Samarinda.

Adhyaksa Desicon, 2012. Laporan Struktur Jembatan Beton Bertulang Pada Jalan Kapitan . Desa Toko Lima, Muara Badak Ilir.

RSNI T-12-2004, *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan,* Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.

RSNI T-02-2005, *Standar Pembebanan Untuk Jembatan,* Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.