**PERBANDINGAN STRUKTUR PCU GIRDER DENGAN PCI**

**GIRDER PADA JEMBATAN PENDEKAT MAHAKAM IV**

**SISI SAMARINDA SEBERANG**

***COMPARISON OF PCU GIRDER STRUCTURE AND PCI GIRDER ON THE APPROACH BRIDGE MAHAKAM IV SAMARINDA SEBERANG SIDE***

**Nur Muhammad Ramadhan**

Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

*nurramadhan81@gmail.com*

**Budi Nugroho**

Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

*budinugroho@polnes.ac.id*

**Daru Purbaningtyas**

Staff Pengajar, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

*daru\_purbaningtyas@polnes.ac.id*

**INTISARI**

Jembatan Mahakam IV yang dibangun pada tahun 2017 dan selesai tahun 2019 merupakan jalur penyeberangan yang menghubungkan antara Samarinda kota menuju Samarinda seberang. Jembatan ini memiliki 2 jalan pendekat yaitu jalan pendekat sisi Samarinda seberang dan jalan pendekat sisi Samarinda kota. Jalan pendekat sisi Samarinda seberang menggunakan material balok prategang untuk gelagarnya, dengan bentang satu span 30 m. Balok prategang yang digunakan pada jalan pendekat ini diproduksi oleh PT. JHS system. Balok prategang yang diproduksi dikerjakan dengan system beton pracetak (*Precast Concrete*) dengan bentuk U (PCU). Pada umumnya bentuk balok prategang yang digunakan untuk jembatan adalah I. Dimana luas penampang balok I memiliki nilai yang lebih kecil dari bentuk U. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil desain yang terkait dengan luas total penampang girder, gaya prategang, kehilangan gaya prategang, lendutan dan jumlah girder yang dapat terpasang pada PCU girder dengan *Precast Concrete* I (PCI) girder. Penelitian dimulai dengan mengumpulkan data, kemudian merancang dan membandingkan hasil desain PCU girder dengan PCI girder. Untuk PCI girder digunakan produksi milik PT. WIKA. Penelitian menunjukkan bahwa PCU girder memiliki luasan sebesar 43,164 m2 lebih besar dibandingkan dengan PCI girder sebesar 21,645 m2. Demikian juga dengan gaya prategang dimana PCU girder memiliki gaya prategang sebesar 69,42% lebih besar dari PCI girder yang didapatkan sebesar 30,58% serta kehilangan gaya prategang yang terjadi pada PCU sebesar 26% lebih besar dari pada PCI girder yang terjadi sebesar 23%, namun lendutan yang terjadi pada PCU sebesar 0,089 m lebih kecil dibandingkan dengan PCI girder yang terjadi sebesar 0,0966 m. jumlah girder PCU yang terpasang dilapangan berjumlah 6 buah sedangkan PCI girder dengan meninjau hasil lendutan dan bentang satu span maka PCI girder dapat dipasang dengan jumlah 9 buah dilapangan. Dengan hasil yang diperoleh maka PCU girder lebih efektif dipakai dibandingkan PCI girder dengan meninjau hasil gaya prategang, lendutan dan jumlah girder serta kondisi lapangan.

**Kata kunci**: Jembatan, PCU Girder, PCI Girder.

29

***ABSTRACT***

*The Mahakam IV Bridge, which was built in 2017 and completed in 2019, is a crossing line that connects the city of Samarinda to the other side of Samarinda. This bridge has 2 approaching roads namely the approach to the opposite side of the Samarinda and the approaching road to the Samarinda side of the city. Roads approaching Samarinda across side use a prestressed beam material for the beam, with a span of 30 m span. The prestressed beam used on the approach road is produced by PT. JHS system. The prestressed beams produced are done with a precast concrete system (Precast Concrete) in the form of U (PCU). In general the form of prestressed beams used for bridges is I. Where the cross-sectional area of ​​beam I has a smaller value than the U-shape. This study aims to compare design results related to the total area of ​​the girder section, prestressing force, loss of prestressing force, deflection and the number of girders that can be installed on the PCU girders with Precast Concrete I (PCI) girders. The study begins by collecting data, then designing and comparing the results of the PCU girder design with PCI girder. For PCI girder, PT. WIKA. Research shows that the PCU girder has an area of ​​43,164 m2 greater than the PCI girder of 21,645 m2. Likewise, the prestressing force in which the PCU girder has a prestressing force of 69.42% greater than the PCI girder obtained by 30.58% and the loss of prestressing force that occurs in the PCU by 26% greater than the PCI girder that occurs by 23% , however the deflection that occurred at PCU was 0.089 m smaller than the PCI girder which occurred at 0.0966 m. the number of PCU girder installed in the field is 6 units while the PCI girder by observing the results of deflection and span one span, the PCI girder can be installed with a total of 9 pieces in the field. With the results obtained, the PCU girder is more effective than the PCI girder by reviewing the results of prestressing force, deflection and the number of girders as well as field conditions.*

***Keywords***:*Bridge, PCU Girder, PCI Girder.*

**PENDAHULUAN**

**Latar Belakang**

Jembatan Mahakam I yang dibangun pada tahun 1982 - 1986 merupakan infrastruktur yang amat penting bagi pengguna kendaraan sebagai jalur penyeberangan antara Samarinda Kota dan Samarinda Seberang. Sering terjadi penumpukan kendaraan di sekitar jalur menuju jembatan pada jam-jam sibuk seperti pada pagi dan sore hari. Untuk mengatasi hal tersebut, pemerintah Provinsi Kalimantan Timur melalui Dinas Pekerjaan Umum membangun Jembatan Mahkota IV hal itu sebagai solusi untuk memecah kemacetan di sekitar ruas jembatan. Jembatan ini memiliki dua jalan pendekat yaitu jembatan pendekat sisi samarinda kota dan jambatan pendekat sisi samarinda seberang.

Jalan pendekat jembatan Mahakam IV yang dibangun tahun 2017 dan selesai pada tahun 2019 berada pada sisi Samarinda Seberang memiliki bentang sepanjang 386,65 meter, terletak disebelah jembatan Mahakam I dengan gelagar yang digunakan adalah balok prategang berbentuk U. Pembuatan balok prategang ini dilakukan dengan system beton pracetak. Dimana balok prategang yang digunakan diproduksi oleh PT.JHS sistem.

Pada umumnya balok prategang yang digunakan untuk jembatan adalah berbentuk I dimana luas penampang balok prategang I memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan bentuk U. Maka pada studi ini akan dilakukan kajian perbandingan PCU girder dengan PCI girder dimana perbandingannya meliputi luas penampang, gaya prategang, kehilangan gaya prategang yang terjadi, lendutan dan jumlah girder yang dapat dipakai pada jembatan. *Precast Concrete* U (PCU) girder dihitung sebagai evaluasi sedangkan *Precast Concrete*I (PCI) girder dihitung sebagai desain ulang.Dimana PCI digunakan produk milik PT.WIKA.

**TINJAUAN PUSTAKA**

Secara umum definisi jembatan adalah bangunan pelengkap jalan yang berfungsi sebagai penghubung dua bagian jalan yang terputus oleh adanya rintangan seperti limbah yang dalam, alur sungai, danau, saluran irigasi, kali, jalan kereta api, jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain.

30

Di Indonesia ada banyak tipe jembatan, pada mulanya jembatan dibuat dengan sangat sederhana dengan menggunakan kayu, seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan maka jembatan dibuat dengan beton dan kemudian berkembang menjadi beton prategang. Beton prategang merupakan beton struktur dimana tegangan dalam diberikan untuk mereduksi tegangan tarik potensial dalam beton yang dihasilkan dari beban. (SNI 2847-2013).

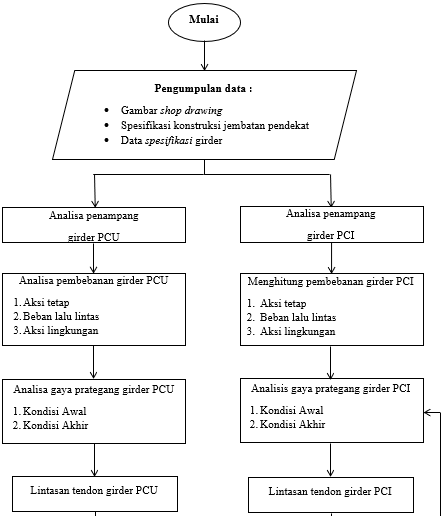
Penelitian mengenai jembatan beton prategang telah banyak dilakukan sehingga memberikan banyak manfaat dan dapat menjadi refrensi bagi penelitian ini. Penelitian yang pernah dilakukan antara lain sebagai berikut:

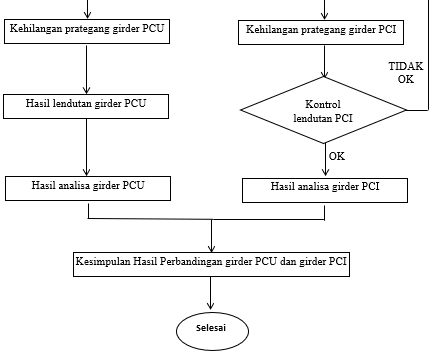
1. Cut Retno Masnul (2009), melakukan penelitian tentang Analisa Prestress (Post-Tension) Pada Precast Concrete U Girder Pada Jembatan Fly over Amplas Medan. Dari hasil analisa terhadap PCU Girder menunjukkan bahwa Girder bentuk U dengan mutu plat yang telah direvisi (dari K-300 menjadi K-350) pada proyek pembangunan Fly over Amplas mampu menerima beban rencana sebesar 1748.28 t/m dengan tegangan saat servis 149.16 kg/cm2 yang nilainya lebih besar dari sebelum revisi yaitu 123.61 kg/cm2 .
2. Dini Fitria Annur (2013), melakukan Perencanaan Precast Concrete I Girder pada Jembatan Prestressed Post-tension dengan Bantuan Program Microsoft Office Excel. Dari hasil perhitungan, total kehilangan prategang yang terjadi sebesar 19.138%. Pada hasil perhitungan terdapat perbedaan hasil antara perhitungan secara manual dan perhitungan dengan menggunakan alat bantu software, oleh karena itu disarankan agar para pendesain berikutnya menggunakan software dengan ketelitian yang jauh lebih baik.
3. Firmansyah Parlindungan Lubis (2014), melakukan Analisa perbandingan kelayakan pada gelagar jembatan dengan menggunakan precast U dan I. Hasil Analisa didapatkan jembatan U girder memiliki tingkat kefektifan yang lebih tinggi dibandingkan jembatan I girder pada lendutan, reaksi perletakan, gaya dalam, tegangan, dan kehilangan gaya prategang. Tepivolume pekerjaan pada jembatan U girderlebih besar1,66% dibandingkan dengan jembatan I girder.
4. H. Manalip (2018), melakukan perencanaan balok girder profil I pada jembatan prestressed dengan variasi bentang. Dari hasil yang di dapat dimensi girder profil I prestressed untuk lebar jembatan 9 m dan bentang 30 m adalah b = 0.60 m dan h = 1.36 m, dengan gaya prategang awal sebesar 6026 kN, tendon yang digunakan 3 tendon, serta strands yang digunakan 48 strands. Jika dimensi girder profil I dipertahankan dan penggunaan tendonnya dioptimalkan (hanya digunakan 2 tendon saja), maka diperoleh gaya prategang awal sebesar 6150 kN.
5. Beny cuknolan mahulae (2011), melakukan redesain balok girder pada bentang tengahn flyover balaraja dengan menggunakan PCI girder. Hasil perhitungan didapatkan bahwa pada bentang tengah Fly Over Balaraja dapat Gaya prategang awal 10896,366 kN, mengalami kehilangan prategang sebesar 28% sehingga tersisa tegangan efektif 7868,462 kN. Digunakan tegangan efektif 70% gaya prategang awal, sebesar 7627,46 kN. Pada keadaan transfer, balok mengalami lendutan sebesar 0,0547349 ke arah atas, setelah loss of prestress sebesar 0,0385201 m ke arah atas. Setelah menjadi komposit dengan pelat, balok akan mengalami lendutan terbesar akibat kombinasi empat sebesar- 0,05 m.

**METODOLOGI**

Pembahasan dalam penelitian ini adalah perbandingan perencanaan balok girder PCU dengan balok PCI pada Jembatan Pendekat Mahakam IV Sisi Samarinda seberang. Langkah-langkah penelitian disajikan dalam gambar 1.

31





**Gambar 1**. Bagan Alir Penelitian

**Pengunpulan Data**

Data yang digunakan dalam perencanaan adalah sama. Adapun data perencanaan yang dimaksud meliputi:

1. Data Jembatan

Tebal lantai jembatan ho = 0.30 m

Tebal lapisan aspal+overlay ha = 0.10 m Tebal genangan air hujan hh = 0.05 m Lebar jalur lalu lintas b1 = 7.00 m Lebar trotoir b2 = 1.00 m

Panjang satu span girder L = 30.0 m

Spesifikasi Bahan

Spesific Grafity (wc)

Beton prategang = 25.5 kN/m3

Beton bertulang = 25.0 kN/m3

Aspal = 22.0 kN/m3

Air hujan = 9.81 kN/m

Beton

Kuat tekan beton prestressed (f’c)= 40 MPa

Modulus elastic beton prestressed,

Ec = 0.043 \* Wc1,5 \* √f’c balok

Kuat tekan beton plat lantai (f’c)= 30 MPa

Modulus elastik beton plat lantai,

Ec = 0.043 \* Wc1,5 \* √f’c plat

1. Baja prategang

Data strands cable - standar VSL

Jenis strands Uncoated 7 wire lox relaxation strands ASTM 416 Grade 270.

Kuat tarik strands fpu = 1860 MPa Diameter nominal strands = 15.2 mm

Luas tampang nominal satu strands

Ast = 140 mm2

Beban putus minimal satu strands

Pbs = 187 kN

Modulus elastisitas strands

Es = 195000 MPa

**Analisa Penampang Girder**

Analisa Penampang girder PCU mengunakan produksi PT.JHS system dengan tinggi girder sebesar 1,65m dan untuk girder PCI digunakan produksi PT.WIKA dengan tinggi girder sebesar 1,70m.

**Pembebanan**

Beban-beban yang diperhitungkan dalam desain struktur girder mengikuti RSNI T-02-2005 beban yang bekerja seperti besarnya beban mati yang terdiri dari balok *Precast*, *deck slab, diaphragma, slab,* aspal dan parapet. Beban hidup yaitu pembebanan lajur “D” gaya rem, beban angin, dan beban gempa.

**Perhitungan Gaya Prategang**

Gaya prategang awal (Pt) ditentukan dengan mengambil nilai terkecil diantara dua persamaan berikut ini:

*Pt/A+Pt\*es/Wa - Mbalok/Wa = 0………..*(1)

*Pt/A+Pt\*es/Wb - Mbalok/Wb = -0.6 f’ci*...(2)

Gaya prategang pada saat jacking (Pj) dihitung dengan rumus:

Pj = Po \* Pbs \* ns……....(3)

Eksentrisitas tendon (es) dihitung dengan rumus:

es = yb – zo…………….(4)

32

**Perencanaan Tegangan Ijin**

Menurut SNI 2847-2013 tegangan ijin beton untuk komponen lentur sebagai berikut ini.

1. Tegangan ijin beton saat transfer untuk struktur lentur tidak boleh melebihi nilai berikut
2. serat terluar mengalami tegangan tekan (fci) ≤ 0,60 . f’ci.
3. serat terluar mengalami tegangan tarik (fti) ≤ 0,25 . √f 'ci
4. Tegangan ijin beton saat akhir untuk struktur lentur tidak boleh melampaui nilai berikut:
5. serat terluar mengalami tegangan tekan (fcs) ≤ 0,45 . f’c
6. serat terluar mengalami tegangan tarik (fts) ≤ 0,50 . √f 'c

**Perhitungan Lintasan Inti Tendon**

Lintasan inti tendon direncanakan berbentuk parabola, untuk itu dalam perhitungan

digunakan persamaan yang diberikan oleh T.Y. Lin dan Ned H. Burns (1996), sebagai berikut :

Yi = (4 \* fi \* Xi \* ( L - Xi )) / L2………..(5)

**Kehilangan Gaya Prategang**

Kehilangan gaya prategang adalah berkurangnya gaya yang bekerja pada beton pada tahap-tahap pembebanan. Kehilangn gaya prategang secara umum dibagi menjadi 2 yaitu kehilangan gaya prategang dalam jangka pendek dan kehilangan prategang dalam jangka Panjang.

1. Kehilangan gaya prategang jangka pendek terdiri dari : kehilangan akibat gesekan kabel, Slip pengangkuran, dan perpendekan elastis beton
2. Kehilangan gaya prategang akibat jangka Panjang terdiri : dari kehilangan akibat rangkak, susut, dan relaksasi baja prategang

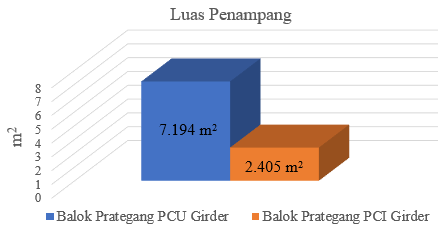
**Analisa Lendutan**

Analisa lendutan perlu dilakukan untuk memastikan lendutan yang terjadi pada komponen struktur tidak melebihi lendutan yang diijinkan baik sebelum maupun setelah beban rencana bekerja pada komponen struktur.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Luas Penampang**

Hasil perbandingan luas penampang PCU girder dengan PCI girder dengan bentang 30m dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



**Gambar 2**. Grafik Luas Penampang

Girder PCU dan PCI

Dari gambar 2 diatas terlihat total luas penampang girder PCU lebih besar dibandingkan girder PCI sehingga untuk pertimbangan pemasangan dilapangan girder PCI lebih menghemat biaya dari pada girder PCU.

**Gaya Prategang**

Hasil gaya prategang yang terjadi pada PCU girder dengan PCI girder dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Gaya Prategang PCU dan PCI





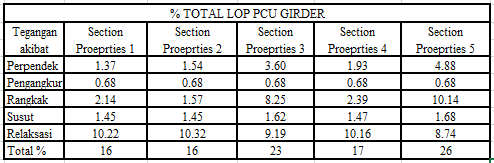
Dari tabel 1 diatas terlihat gaya prategang yang terjadi pada girder PCU lebih besar dibandingkan girder PCI dimana untuk mempertimbangkan kemampuan girder untuk menahan beban yang bekerja girder PCU lebih menguntungkan dari pada girder PCI.

33

**Kehilangan Gaya Prategang (LOP)**

Hasil perhitungan kehilangan gaya prategang diberikan pada tabel 2.

Tabel 2. LOP PCU girder dan PCI girder





Dari tabel 2 diatas terlihat loss of prestress girder PCU didapatkan 26% pada potongan 5 lebih besar dari pada girder PCI yang didapatkan sebesar 23% pada potongan 3.

**Lendutan**

Hasil lendutan PCU girder dengan PCI girder dapat dilihat pada gambar 5 berikut:

Tabel 3. Hasil lendutan PCU dan PCI





Dari hasil yang didapatkan lendutan terbesar yang terjadi pada PCU terdaat di section properties 1 kombinasi 4 dimana lendutan yang terjadi 0,089m dan PCU girder terjadi pada section properties 1 kombinasi 4 dengan nilai 0,097m.

**KESIMPULAN**

Dari hasil perhitungan perbandingan PCU girder dengan PCI girder pada Jembatan Pendekat Mahakam IV sisi Samarinda Seberang didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan luas penampang satu girder PCU sebesar 7,194 m2. Sedangkan luas penampang satu girder PCI sebesar 2,405 m2. Jika ditinjau dari segi luasan girder PCU memiliki luas yang lebih besar dibandingkan dengan girder PCI.
2. Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan gaya prategang PCU terbesar terjadi pada potongan 5 (ditengah bentang) dengan besarnya gaya yang terjadi pada kondisi awal sebesar 9598,09 KN, dan kondisi setelah *loss of prestress* sebesar 8243,06 KN sedangkan untuk PCU girder terjadi pada potongan 3 (ditengah bentang) dengan besarnya gaya yang terjadi pada kondisi awal sebesar 7032,24 KN, dan kondisi setelah *loss of prestress* sebesar 6287,65 KN. Dengan demikian gaya prategang yang dimiliki PCU sebesar 69,42% lebih besardibanding PCI girder sebesar 30,58%.
3. *Loss of prestress* terbesar terjadi pada potongan 5 (ditengah bentang) dengan persentase *Loss of prestress*sebesar 26% pada PCU girder sedangkan untuk PCI terjadi pada potongan 3 (ditengah bentang) dengan persentase *Loss of prestress*sebesar 23%. Perbandingan kehilangan prategang lebih banyak terdapat pada girder PCU dari pada girder PCI.
4. Lendutan yang terjadi terbesar pada PCU girder sebesar 0,089m terjadi pada kombinasi 4 section properties 1 sedangkan PCI girder lendutan terbesar yang terjadi sebesar 0,0966m terjadi pada kombinasi 4 section properties 1 dimana lendutan yang terjadi masih dalam angka aman. Dimana angka amannya sebesar 0,10267m. Perbandingan lendutan lebih besar terjadi pada PCI girder dari pada PCU girder.

34

1. Berdasarkan jumlah girder yang terpasang dilapangan untuk PCU girder berjumlah 6 buah dengan luas total penampang 43,164 m2. Sedangkan untuk girder PCI dengan meninjau hasil lendutan dan bentang satu span jembatan maka PCI girder dapat dipasang dengan jumlah 9 buah dilapangan dengan luas total penampang 21,645 m2. Jika ditinjau dari segi jumlah maka girder PCI memiliki jumlah yang banyak dari pada girder PCU.

Dengan lima tinjauan diatas diperoleh bahwa PCU girder lebih efektif dibandingkan PCI girder dalam panggunaan pada jembatan Pendekat Mahakam IV Sisi Samarinda seberang.

**DAFTAR PUSTAKA**

Annur, D. F. (2013). *Perencanaan Precast Concrete I Girder pada Jembatan Prestressed Post-tension dengan Bantuan Program Microsoft Office Excel.* Fakultas Teknik Sumatra Utara.

BadanPusat Statistik. (2018). Samarinda Dalam Angka. Kalimantan Timur. Samarinda.

Badan Standardisasi Nasional. (2005). *RSNI-T-02-2005*. *Pedoman Pembebanan Untuk Jembatan.*Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI-2847-2013*. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung.* Jakarta.

Lubis, F. P dan Karolina, R. (2014). *Analisa Perbandingan Kelayakan pada Gelagar Jembatan dengan Menggunakan Precast U dan I.* Fakultas Teknik Sumatra Utara.

Mahulae, B. C. (2011). *Redesain Balok Girder pada Bentang Tengah Flyover Balaraja dengan menggunakan PCI girder.* Fakultas Teknik Sumatra Utara.

Manalip, H. (2018). *Perencanaan Balok Girder Profil I pada Jembatan Prestressed dengan variasi Bentang.* Fakultas Teknik Sam Ratulangi Manado.

Masnul, R. C. (2009). *Analisa Prestress (Post-Tension) Pada Precast Concrete U Girder (Studi Kasus Pada Jembatan Flyover Ampas).* Fakultas Teknik Sumatra Utara.

Nawy, E. G. (2001). *Beton Prategang suatu Pendekatan Mendasar.* Jilid I (Edisi Ketiga). Jakarta: Erlangga.

Lin, T. Y dan Burns, H. (1996). *Desain Struktur Beton Prategang.* Jilid I, (Edisi III). Jakarta: Erlangga.

7

Raju, N. K. (1993). *Beton Prategang.* (Edisi Kedua). Jakarta: Erlangga.

35

Jalan pendekat Jembatan Mahakam IV sisi Samarinda seberang menggunakan material balok prategang untuk gelagarnya. Balok prategang teresbut dikerjakan dengan system beton pracetak (*Precast Concrete*) dengan bentuk U (PCU). Pada umumnya bentuk balok prategang yang digunakan untuk jembatan adalah I. Karena luas penampang balok I lebih kecil dari bentuk U. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil desain yang terkait dengan luas total penampang girder, gaya prategang, kehilangan gaya prategang, lendutan dan jumlah girder yang dapat terpasang pada PCU girder dengan PCI girder. Penelitian menunjukkan bahwa PCU girder memiliki luasan sebesar 43,164 m2 lebih besar dibandingkan dengan PCI girder sebesar 21,645 m2. Gaya prategang PCU girder sebesar 69,42% dan PCI girder sebesar 30,58%. Kehilangan gaya prategang yang terjadi pada PCU sebesar 26% dan PCI girder 23%. Lendutan yang terjadi pada PCU sebesar 0,089 m dan pada PCI girder sebesar 0,0966 m. Jumlah girder PCU yang terpasang di lapangan 6 buah sedangkan PCI girder memerlukan 9 buah dengan meninjau hasil lendutan dan bentang satu span. Dengan demikian maka PCU girder lebih efektif dipakai dibandingkan PCI girder dengan meninjau hasil gaya prategang, lendutan dan jumlah girder serta kondisi lapangan.