

STUDI KOMPARASI KAPASITAS LENTUR U-DITCH PRACETAK PRODUK LOKAL DENGAN PRODUK JEPANG

Rudy Djamaluddin^{1*}, Rita Irmawaty², Ibrahim Djamaluddin² & Keizo Komine³

^{1,2}Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jalan Perintis Kemerdekaan Km.12, Makassar, Sulawesi Selatan

³Yamau Corp., Fukuoka, Jepang

*Email: rudy0011@gmail.com

Abstrak

Konstruksi beton pracetak telah berkembang pesat pada dunia konstruksi di negara-negara moderen maupun berkembang. Penggunaan konstruksi pracetak memberikan beberapa keuntungan seperti kualitas struktur yang baik, pelaksanaan konstruksi lebih cepat, tingkat ketahanan (durabilitas) struktur yang lebih panjang. Konstruksi pracetak juga telah berkembang hingga konstruksi saluran drainase (U-Ditch). Di negara maju seperti Jepang hampir seluruh sistem drainase sudah menggunakan sistem pracetak. Di Indonesia, khususnya di Kota Makassar, produksi U-ditch pracetak juga sudah mulai berkembang dan digunakan pada beberapa infrastruktur drainase. Namun demikian, produk-produk lokal masih belum seragam baik dimensi maupun kualitasnya oleh karena belum adanya sistim standarisasi proses disain dan konstruksi yang baku. Sebagai upaya untuk melakukan identifikasi kualitas khususnya pada segi kapasitas lentur dari produk-produk lokal (digunakan 2 jenis produk lokal sebagai materi studi) maka dilakukan studi komparasi kapasitas lentur produk lokal dengan produk standar Jepang. Pada penelitian ini, dipilih dua jenis produk lokal dan satu produk dari Jepang sebagai pembanding. Pengujian dilakukan berdasarkan standar uji yang digunakan oleh produk Jepang. Bahan uji berupa U-ditch dimensi 800 mm x 800 mm baik untuk produk lokal maupun untuk produk Jepang. Masing-masing produk memiliki dimensi yang berbeda-beda dengan berat masing-masing 511.24kg untuk produk lokal #1, 445.28kg untuk produk lokal #2 dan 422.62kg untuk produk Jepang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas lentur produk lokal #1, lokal #2 dan Jepang adalah masing-masing 6.342 kN.m/M', 2.492 kN.m/M' dan 7.118 kN.m/M'. Dapat disimpulkan bahwa dengan standar disain dan standar produksi yang baik, maka dapat dihasilkan produk seperti halnya produk Jepang yang memiliki ratio kapasitas lentur 2.85 dengan ratio berat produk 0.95 dibandingkan dengan produk lokal (lokal #2).

Kata kunci: Saluran U-ditch, Beton Pracetak, Kapasitas lentur.

PENDAHULUAN

Seiring dengan penambahan penduduk dan perkembangan kota-kota khususnya Kota Makassar, maka diperlukan pula dukungan infrastruktur yang lebih besar. Kota Makassar dengan penduduk sekitar 1.8 juta jiwa telah berkembang menjadi kota pusat ekonomi di bagian Timur Indonesia. Namun demikian, masih terdapat banyak masalah pada infrastruktur pendukungnya termasuk sistem saluran drainase. Masalah tersebut dapat menyebabkan timbulnya masalah-masalah lain seperti banjir, masalah kesehatan yang pada akhirnya berpengaruh pada ekonomi masyarakat. Sebagai usaha untuk memecahkan masalah tersebut, maka beberapa perusahaan telah membuat sistem saluran pracetak (U-dicth) untuk digunakan sebagai alternatif konstruksi pracetak. Beberapa bagian sistem drainase sudah menggunakan produk-produk pracetak.

Namun demikian, kualitas masing-masing produk lokal masih kurang baik. Gambar 1 memperlihatkan contoh produk lokal yang digunakan pada beberapa bagian drainase kota. Rendahnya kualitas produk dan konstruksi disebabkan oleh belum adanya standar disain maupun konstruksi yang baku untuk sistem saluran U-Ditch. Di beberapa negara maju seperti Jepang, penggunaan U-Ditch pracetak telah menjadi standar konstruksi untuk drainase. Standar yang baku telah dikembangkan untuk menjamin kualitas produk dan konstruksi. Dengan adanya standar baku, maka keragaman kualitas produk dan kualitas konstruksi tidak terjadi. Gambar 2 memperlihatkan contoh produk dari Jepang. Industri pracetak di Jepang telah dilengkapi oleh berbagai standar



(a) Contoh Produk Lokal

(b) Hasil Konstruksi Produk Lokal

Gambar 1. Saluran Drainase U-Ditch Produk Lokal



(a) Contoh Produk Jepang

(b) Hasil Konstruksi Produk Jepang

Gambar 2. Saluran Drainase U-Ditch Produk Jepang

(JSCE 2012, JIS A 5345, JIS A 5362, JIS A 5363, JIS A 5365). Dengan sistem konstruksi yang standar maka sistem saluran dapat berfungsi baik sebagaimana mestinya.

Di Indonesia sistem struktur beton bertulang sedang mengalami perkembangan yang pesat, walaupun masih terbatas pada struktur-struktur tertentu yang telah memiliki standar seperti untuk struktur gedung (SNI-2002, SNI-2012). Beton pracetak yang diproduksi secara baik menggunakan standar akan menghasilkan suatu sistem konstruksi yang memiliki ketahanan yang baik (Kim Elliott (2002), C.L. Pageign (2007)). Beberapa elemen pracetak bahkan telah dikembangkan untuk elemen-elemen struktur yang penting untuk menjamin durabilitasnya seperti untuk sistem sambungan. (Rohit B dkk (2014)).

Oleh karenanya, dalam studi ini akan dilakukan kajian terhadap potensi produksi U-Ditch Precast dengan standar Jepang menggunakan sumber bahan baku dan metode konstruksi yang dapat dilakukan di Makassar dengan harga yang sesuai dengan pasar produk Lokal. Proses kajian dilakukan dengan metode komparasi pada bentuk geometri, sistem penulangan dan kapasitas momen yang dimiliki masing-masing produk.

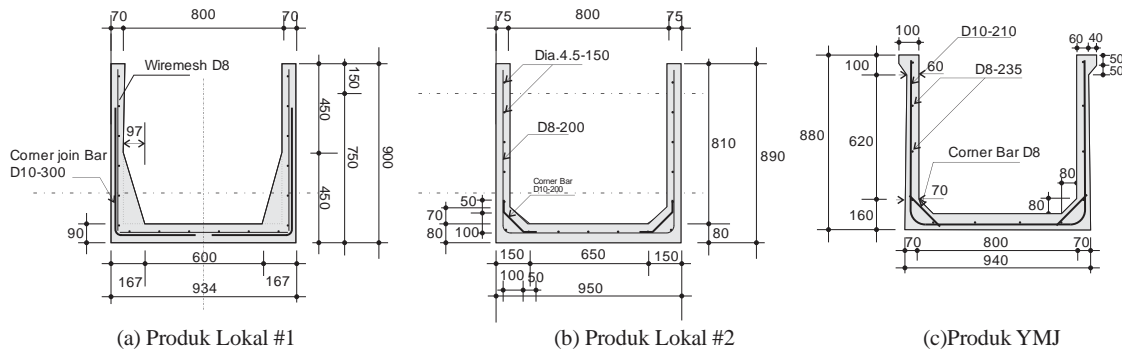
BAHAN UJI

Dalam studi ini dipilih dua jenis produk lokal dan satu jenis produk Jepang. Produk lokal masing-masing di beri kode nama Lokal#1 dan Lokal#2. Untuk produk Jepang diberi kode nama YMJ. Produk lokal di peroleh langsung dari masing-masing pabrik produksi yang dipilih secara acak

masing 3 buah. Untuk produk Jepang, bahan uji dikirim langsung dari Jepang sebanyak 3 unit. Semua benda uji memiliki type U-ditch 800x800 yang artinya dimensi bersih saluran masing-masing 800 mm lebar dasar dan 800 mm tinggi bersih. Namun panjang masing-masing benda uji berbeda-beda yaitu 1000 mm untuk produk Lokal#1, 1200 mm untuk produk Lokal#2 dan 2000 mm untuk produk Jepang.

Dimensi dan Penulangan Bahan Uji

Gambar 3 memperlihatkan dimensi penampang masing-masing benda uji dalam satuan mm. Seperti dapat diamati bahwa dimensi benda uji pada kedua produk Lokal berbeda satu sama lain. Tebal dinding untuk produk Lokal#1 adalah 70 mm dan produk Lokal#2 adalah 75 mm. Untuk produk YMJ memiliki tebal dinding ujung atas sebesar 60mm dan ujung bawah dekat sudut adalah 70mm. Panjang produk Lokal#1 adalah 100 cm, produk Lokal#2 adalah 120 cm, sedangkan produk YMJ memiliki panjang 200 cm. Produk Lokal#1 menggunakan tulangan wiremesh Dia.8 mm dengan sistem tulangan penyambung sudut D10. Produk Lokal#2 menggunakan tulangan Dia.8mm dengan tulangan melintang Dia.5mm. Produk YMJ menggunakan tulangan D10 dengan tulangan melintang D8, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Dimensi Benda Uji

Karakteristik Bahan

Table 1 menyajikan kuat tekan beton dan tegangan leleh baja tulangan yang digunakan pada masing-masing benda uji. Perlu dicatat bahwa untuk produk lokal tidak memiliki bahan uji silinder standar, sehingga pengujian mutu beton dilakukan dengan melakukan bor (coring) pada benda uji dengan diameter bor 60 mm sebanyak masing-masing 3 sampel. Demikian juga halnya pada baja tulangan yang digunakan pada produk lokal, sampel diambil langsung dari bahan uji setelah pengtesan dengan menghancurkan beton. Untuk uji tekan bahan uji produk YMJ dilakukan sesuai standar tes silinder diameter 100 mm, termasuk bahan uji tulangan baja yang digunakan. Hasil menunjukkan bahwa mutu beton produk lokal relatif jauh lebih rendah dari produk Jepang.

Table 1. Karakteristik Bahan Benda Uji

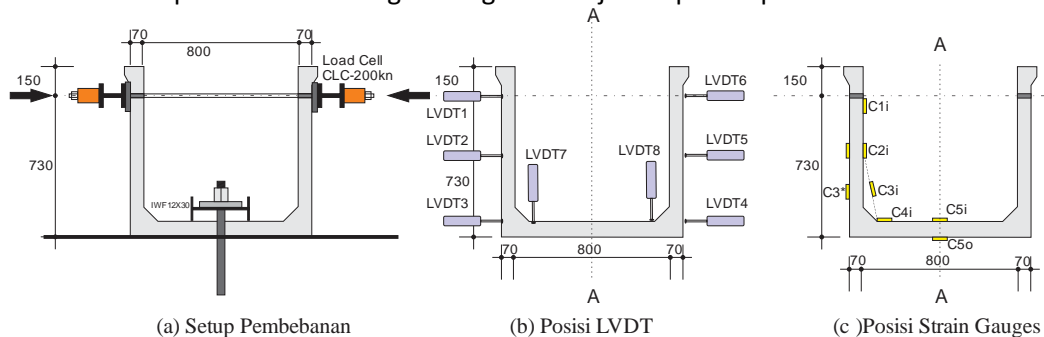
| Karakteristik bahan | Produk Lokal#1* | Produk Lokal#2* | Produk YMJ |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|
| Tegangan Tekan $f'c$ (MPa) | 18,6 | 11,0 | 53,0 |
| Tegangan Ruptur fr (MPa) | - | - | 10,1 |
| Tegangan Leleh Baja fy (MPa) | 342 (Dia.8mm) | 634 (D10) | 357.8 (D10) |

**) Bahan uji berupa core beton dari Produk Lokal dengan Dia. 60 mm*

Setup Pengujian

Pengujian dilakukan dengan membebani dinding saluran dari kedua sisi, seperti diperlihatkan pada Gambar 4. Beban diberikan secara manual dengan memutar Mur pada ujung-ujung batang tarik sehingga akan menjepit sisi-sisi dinding saluran ke arah dalam. Pembacaan beban yang terjadi

dilakukan melalui Load-Cell yang ditempatkan pada masing-masing sisi ujung batang tarik. Sejumlah LVDT ditempatkan pada sisi-sisi saluran pracetak untuk mengukur deformasi yang terjadi. Pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan sambil dilakukan pengamatan visual untuk mengamati retakan yang terjadi pada sisi-sisi saluran. Pembebanan dihentikan setelah terjadi bukaan retak yang cukup besar yang ditandai dengan terjadinya deformasi yang lebih dari 20 mm. Gambar 5 memperlihatkan masing-masing benda uji saat proses pembebanan.



Gambar 4. Setup Pengujian dan Posisi Instrumentasi



Gambar 5. Photo Setup Pengujian masing-masing Benda Uji

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Lentur

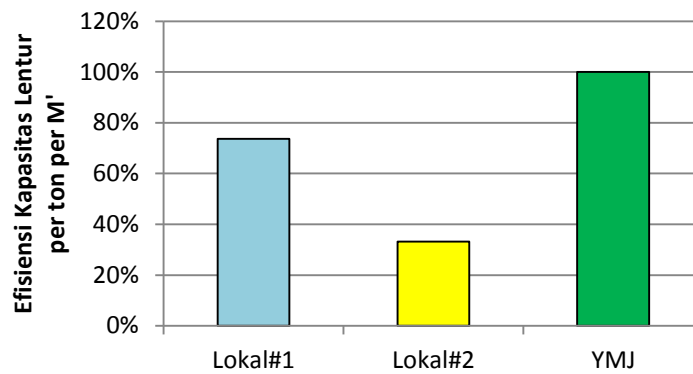
Tabel 2 menyajikan rekapitulasi kapasitas lentur untuk masing-masing bahan uji yang diukur pada saat deformasi mencapai sekitar 20mm. Untuk membandingkan kapasitas lentur, maka momen lentur disajikan untuk per M' panjang masing-masing produk. Hasil menunjukkan bahwa secara kapasitas lentur rata-rata untuk produk Lokal#1 dan Lokal#2 adalah masing-masing 6,342 kN.m dan 2,492 kN.m. Untuk produk Jepang (YMJ) memiliki kapasitas lentur rata-rata 7,118 kN. Jika dibandingkan dengan produk lokal, maka produk Lokal#1 memiliki kapasitas lentur sekitar 90% dan untuk produk Lokal#2 memiliki kapasitas lentur sekitar 35%. Perlu dicatat disini bahwa dimensi masing-masing produk lokal berbeda-beda. Berdasarkan hitungan berat untuk per M panjang produk, maka produk lokal#1 memiliki berat 511,24 kg dan produk lokal#2 memiliki berat 445,28 kg. Untuk produk Jepang memiliki berat 422,62 kg.

Jika kapasitas lentur masing-masing produk di hitung dengan membandingkannya pada masing-masing berat, maka momen lentur per berat per M panjang balok untuk produk lokal#1 adalah 12,405 kN.m (per ton per M') dan untuk produk lokal#2 adalah 5,600 kN.m (per ton per M'). Untuk produk Jepang memiliki kapasitas momen per ton per M' sebesar 16,852 kN.m. Gambar 6 memperlihatkan ratio perbandingan kapasitas momen masing-masing produk per ton per M' terhadap kapasitas lentur produk Jepang (YMJ). Dibandingkan dengan produk Jepang, masing-

masing produk lokal hanya memiliki Efisiensi Kapasitas Lentur (EKL) sebesar sekitar 70% untuk produk Lokal#1 dan 30% untuk produk Lokal#2.

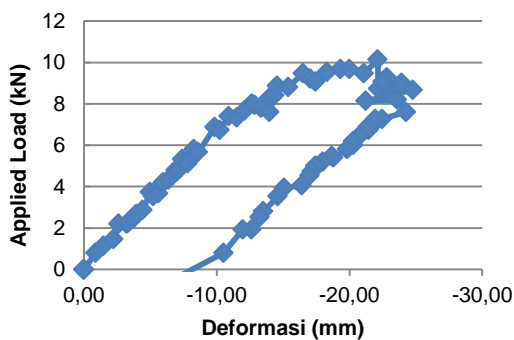
Tabel 2. Rekapitulasi Kapasitas Lentur

| Jenis Produk | Berat per M' (kg) | P (kN) saat $\delta=20$ mm | Kapasitas Momen Lentur (kN.m) | |
|--------------|-------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------|
| | | | per M' | Per Berat (t) |
| Lokal#1-1 | 511,24 | 9,60 | 6,240 | 12,206 |
| Lokal#1-2 | | 11,50 | 7,475 | 14,621 |
| Lokal#1-3 | | 8,17 | 5,311 | 10,389 |
| Lokal#2-1 | 445,28 | 4.70 | 2,546 | 5,718 |
| Lokal#2-2 | | 4.70 | 2,438 | 5,475 |
| Lokal#2-3 | | (retak/rusak) | - | - |
| YMJ-1 | 422,62 | 21,20 | 6,890 | 16,303 |
| YMJ-2 | | 22,60 | 7,345 | 17,380 |
| YMJ-3 | | 21,94 | 7,131 | 16,872 |

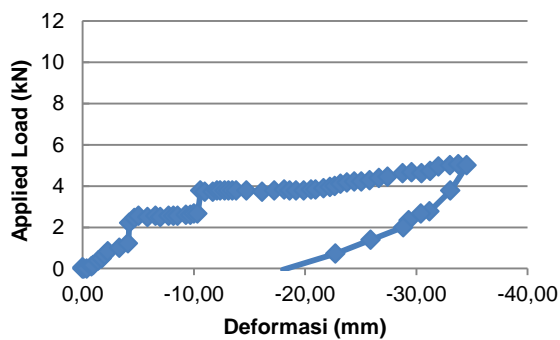


Gambar 6. Ratio Perbandingan Kapasitas Lentur per Ton per M'

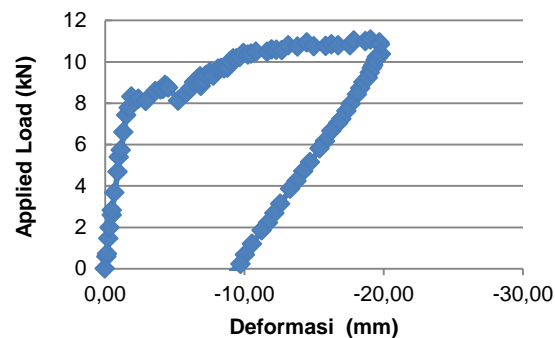
Hubungan Beban-Deformasi



(a)Produk Lokal#1



(b)Produk Lokal#2



(c) Produk Jepang (YMJ)

Gambar 7. Grafik Hubungan Beban dan Deformasi (di titik Pembebanan)

Gambar 7 memperlihatkan grafik hubungan antara beban yang diberikan dan besarnya deformasi pada titik pembebanan. Perlu dicatat bahwa beban yang disajikan pada Gambar 7 adalah beban untuk per Meter panjang masing-masing produk, yaitu Lokal#1 panjang 1 m, Lokal#2 panjang 1.2 m dan produk Jepang YMJ panjang 2 m. Sehingga hubungan beban dengan deformasi yang disajikan sudah proporsional terhadap masing-masing produk. Pada prinsipnya mekanisme hubungan beban-deformasi pada beban rendah bemengacu pada perilaku lentur beton bertulang dimana tegangan tekan akan dipikul oleh beton dan tegangan tarik akan ditahan oleh tulangan dan beton. Setelah terjadi retakan pada penampang tarik, maka tegangan tarik hanya dipikul oleh tulangan (James K. Wight (2011)).

Secara umum dapat dilihat bahwa masing-masing produk memiliki perilaku hubungan beban dan deformasi yang berbeda satu sama lain. Pada produk Lokal#1 memiliki perilaku yang relatif linier hingga beban mencapai sekitar 9 kN yang kemudian mengalami penurunan kekakuan yang diakibatkan oleh melebarnya retak yang terjadi pada sisi dasar produk. Deformasi yang terjadi saat beban puncak terjadi adalah sekitar 20 mm. Untuk produk Lokal#2 secara umum berperilaku bi-linear. Pada phase pertama terjadi hingga beban sekitar 1.5 kN yang kemudian terjadi penurunan kekakuan akibat retakan yang terjadi pada dinding produk. Selanjutnya beban masih meningkat secara linier hingga beban mencapai sekitar 4 kN dan kemudian terjadi kegagalan akibat pelebaran retak yang signifikan. Pada produk YMJ, memiliki perilaku yang relatif sama dengan produk Lokal#2 dengan perilaku bi-linear. Pada tahap pertama terjadi hingga beban mencapai sekitar 8 kN, yang selanjutnya terjadi perubahan kekakuan akibat retakan yang terjadi pada sisi dinding produk. Selanjutnya beban masih meningkat yang diikuti dengan munculnya retakan baru pada sisi dasar produk. Peningkatan beban terjadi hingga beban mencapai sekitar 11 kN. Beban diturunkan saat telah terjadi lebar retakan yang signifikan dimana deformasi yang terjadi sudah lebih dari 20 mm.

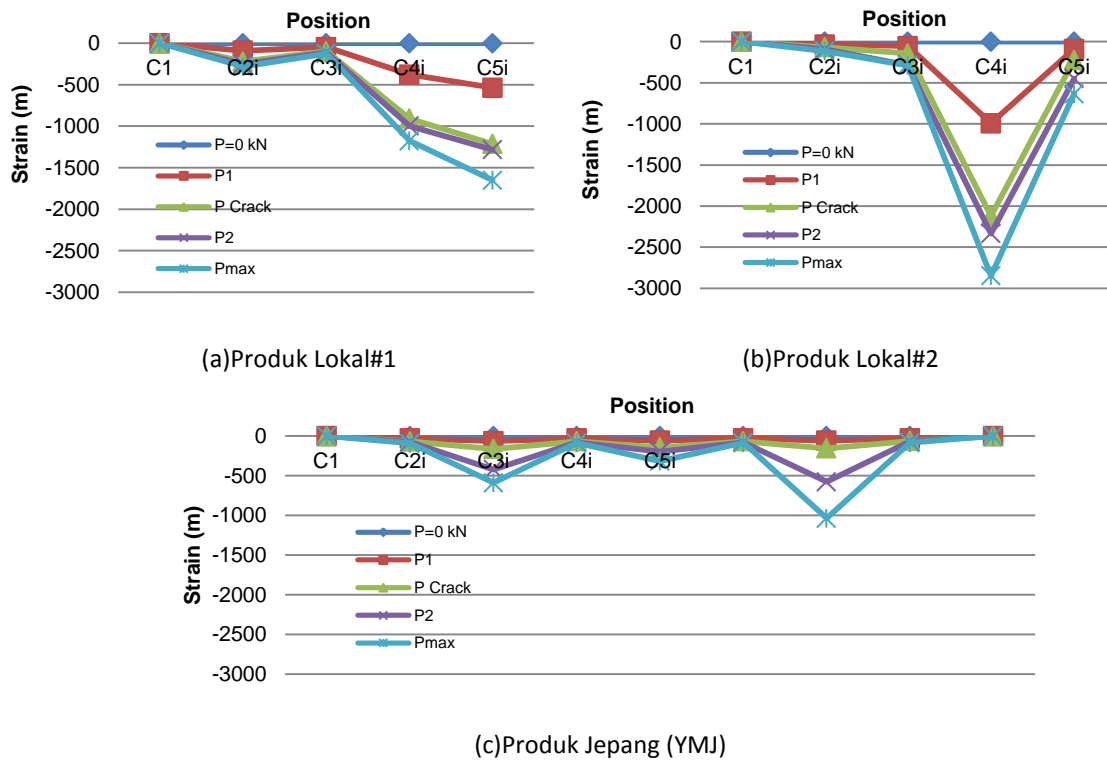
Pola Distribusi Regangan Tekan

Gambar 8 memperlihatkan pola distribusi regangan tekan yang terjadi pada penampang produk. Pada produk lokal pengukuran regangan dilakukan hanya pada setengah sisi penampang secara produk. Pada produk YMJ pengukuran regangan tekan dilakukan pada seluruh penampang produk. Titik C5i merupakan titik tengah penampang produk (sumbu vertikal).

Titik C1 merupakan titik pada lokasi pembebanan. Gambar 4 menunjukkan bahwa pada produk Lokal#1, regangan maksimum terjadi pada titik C5i yaitu pada titik sumbu vertikal (sisi tengah dasar produk) dengan regangan pada saat beban maksimum sekitar 1700 $\mu\epsilon$. Pada produk Lokal#2, regangan maksimum terjadi pada titik C4i yaitu pada dasar produk yang dekat dengan pertemuan antara dinding dan dasar produk dengan regangan pada saat beban maksimum sekitar 2750 $\mu\epsilon$. Pada produk lokal regangan cenderung terkonsentrasi pada bagian dasar produk, sedangkan pada sisi dinding regangan masih relatif kecil.

Pada produk YMJ, memperlihatkan pola yang relatif berbeda dengan produk lokal dimana regangan terdistribusi baik pada dinding maupun pada dasar produk. Regangan yang terjadi pada

saat beban maksimum pada dinding adalah sekitar 500 μ dan regangan pada dasar saluran adalah sebesar 1000 μ . Dengan regangan yang relatif terdistribusi menggambarkan sebaran tegangan yang terjadi pada struktur saluran akibat beban semakin baik.



Gambar 8. Distribusi Regangan Tekan pada penampang Produk

Retakan (Cracks)

Secara umum kegagalan saluran U-ditch disebabkan oleh retakan yang melebar sehingga menyebabkan deformasi dinding yang cukup besar hingga lebih dari 20 mm. Gambar 9 memperlihatkan retakan-retakan yang terjadi pada masing-masing produk. Untuk Produk Lokal#1 retakan yang terjadi terkonsentrasi pada daerah dasar saluran. Untuk produk Lokal#2 retakan yang terjadi terkonsentrasi pada sisi dinding dekat dengan sudut pertemuan antara dinding dan dasar saluran. Untuk Produk YMJ, retakan yang terjadi terdistribusi pada dinding dan dasar saluran.



Gambar 9. Lokasi Retakan yang Terjadi

KESIMPULAN

Setelah melakukan studi ini, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- (1) Kualitas dan kapasitas lentur produk YMJ lebih baik dari produk lokal yang di uji khususnya dalam hal kapasitas lentur per M' per satuan berat produk, dengan ratio kapasitas masing-masing produk Lokal#1 dan Lokal#2 yaitu 70% dan 30%.
- (2) Produk Lokal memiliki dimensi dan sistem penulangan yang tidak berbasis standar, sehingga memiliki bentuk dan dimensi yang berbeda antara produk Lokal#1 dan Lokal#2.
- (3) Diperlukan suatu standar baku untuk saluran U-Ditch baik untuk Disain dan Proses Produksi maupun Proses Konstruksi.
- (4) Produk berkualitas seperti pada YMJ secara teknis dapat diproduksi menggunakan bahan lokal dengan adanya standar disain dan kualitas mulai dari proses produksi hingga proses konstruksi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih pada Program JICA C-BEST pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan bantuan dana untuk pelaksanaan penelitian ini. Juga ucapan terima kasih kepada Center of Technology (CoT) Fakultas Teknik Unhas yang telah mendukung terselenggaranya program ini sehingga dapat berjalan dengan baik. Kepada YAMAU.Corp Jepang kami ucapkan terima kasih atas bantuan dan asistensinya dalam pelaksanaan pengujian Saluran Pracetak U-Ditch. Kepada mahasiswa dan Laboran pada Laboratorium Struktur dan Bahan Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin yang turut membantu, kami ucapkan pula terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- C.L. Pageign (2007), *"Durability of concrete and cement composites"*.
- James K. Wight (2011). *"Reinforced Concrete Mechanics and Design"* 6th Edition , Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.
- Japan International Standard, *"Reinforced concrete gutters for roadside"*, JIS A 5345.
- Japan International Standard, *"Required performance and methods of verifications"*, JIS A 5362.
- Japan International Standard, *"General rules for methods of performance test"*, JIS A 5363.
- Japan International Standard, *"General rules for method and inspection"*, JIS A 5365.
- JSCE guideline for concrete (2012) , *"Standard specification for concrete structures"*, JSCE, Japan.
- Kim Elliott (2002), *"Precast Concrete Structures"*, Butterwoth-Heinemann.
- Rohit B. Nimse, Digesh D.Joshi and Paresh V.Patel. (2014), *"Behavior of wet precast beam column connections under progressive collapse scenario: an experimental study"*, Int J Adv Struct Eng, 6, 149–159
- Standar Nasional Indonesi (SNI)(2002). *"Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung"*, SNI 03-2847-2002.
- Standar Nasional Indonesia (SNI)(2012). *"Precast concrete and prestressing concrete"*, SNI-7833-2012.