



Seminar Nasional Keinsinyuran (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



Optimalisasi Proses Produksi Tiang Pancang (*Spun Pile*) Menggunakan *Connector Ring* Pada Cetakan

W.R Satyadharma^a

^aPT. Wijaya Karya Beton, Tbk, Jl. Lintas Timur Sumatra km 04, Lampung Selatan 35592

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:
Diterima 02 Maret 2022
Direvisi 16 Maret 2022
Diterbitkan 24 April 2022

Kata kunci:

Tiang pancang
Spun pile
Beton pracetak
Produktivitas
Connector ring

ABSTRAK

Tiang pancang merupakan produk beton pracetak yang umum digunakan dalam dunia konstruksi sebagai pondasi bangunan. Tiang pancang dibuat dalam sistem pabrikasi secara massal dan melewati beberapa tahapan proses utama diantaranya proses perakitan tulangan, perakitan cetakan, pengecoran, proses *stressing* tulangan, dan proses pemadatan dengan sistem *spinning* atau diputar. Salah satu hal yang paling penting dalam proses produksi tiang pancang adalah kapasitas produksi tiang pancang itu sendiri. Kapasitas produksi ditentukan oleh optimalnya masing-masing tahapan proses. Penelitian ini, akan lebih fokus mengamati proses perakitan tulangan dalam cetakan. Dalam proses produksi tiang pancang, dapat memungkinkan berproduksi lebih dari 1 batang tiang pancang dalam 1 cetakan, dengan catatan panjang total cetakan yang bisa dipakai maksimal 24 meter. Variasi panjang tiang pancang menyesuaikan dengan panjang maksimal cetakan tersebut. Untuk menyambungkan beberapa buah rakitan tulangan di dalam cetakan, metode yang biasa dipakai adalah dengan menggunakan sekat. Namun penggunaan sekat ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya dari segi dimensi yang panjang sehingga memakan tempat di dalam cetakan cukup banyak serta waktu instalasi yang relatif lama sehingga menjadi kurang praktis. Menindaklanjuti masalah tersebut, maka dibuat *connector ring* sebagai pengganti sekat yang dinilai lebih praktis dan efisien dalam aplikasinya sehingga produktivitas tiang pancang menjadi lebih optimal. Dari hasil penelitian yang dilakukan didapat hasil antara lain produktivitas tiang pancang meningkat, dilihat dari siklus perakitan tulangan yang semula memakan waktu hingga 52,2 menit bisa dikurangi menjadi 43,9 menit setelah menggunakan *connector ring*. Hal ini dapat meningkatkan produktivitas dari 80 batang/shift menjadi 141 batang/ shift atau meningkat menjadi 76 %. Dengan berkurangnya waktu kegiatan perakitan tulangan, bottleneck menjadi berpindah pada kegiatan pengecoran dimana terdapat penambahan waktu pengecoran dari sebelumnya 8,8 menit menjadi 10 menit. Namun penambahan waktu pengecoran ini tidak signifikan mengganggu siklus produksi secara total. Dengan penggunaan *connector ring* sebagai pengganti sekat biasa, mutu produk yang dihasilkan juga masih tetap terjaga, dilihat dari indikator elongasi tarikan serta panjang produk yang dihasilkan masih sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan

1. Pendahuluan

Tiang pancang merupakan produk beton pracetak yang umum digunakan dalam dunia konstruksi. Penggunaan tiang pancang pada umumnya digunakan sebagai pondasi bangunan. Jenis, kelas, dan dimensi tiang pancang bervariasi seperti tiang pancang bulat berongga (*spun pile*) atau tiang pancang kotak masif. Untuk metode produksi, Tiang pancang khususnya tipe bulat berongga (*spun pile*) dibuat dalam sistem pabrikasi secara massal dan melewati beberapa tahapan proses utama diantaranya proses perakitan tulangan, perakitan cetakan, pengecoran, proses penutupan cetakan, proses *stressing* tulangan, proses pemadatan dengan sistem *spinning* atau diputar, dan proses *curing* beton

hingga produk mencapai mutu yang dipersyaratkan untuk bisa dibuka dari cetakan. (Alvin, 2016)

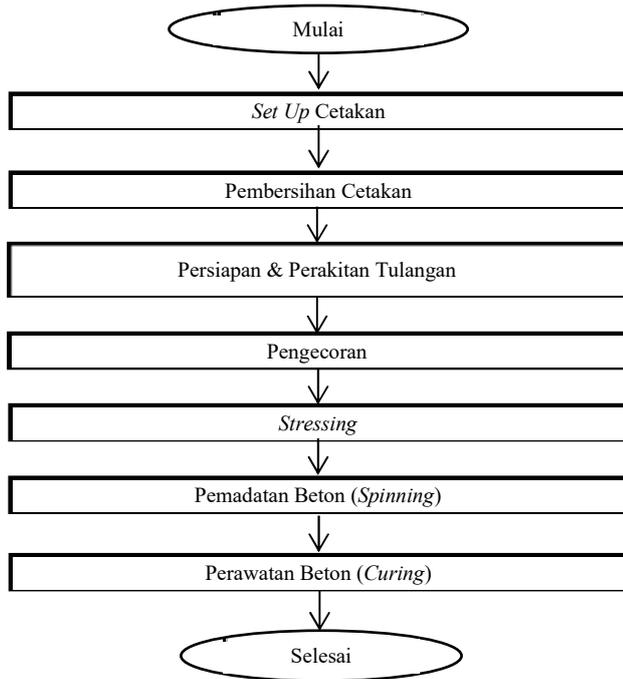
Untuk mendapatkan produktivitas yang baik, maka kelancaran siklus masing-masing proses produksi harus berjalan dengan optimal. Waktu siklus produksi harus diukur agar perencanaan produksi bisa tepat. Pengukuran waktu terdiri dari 2 jenis, yaitu pengukuran waktu langsung dan pengukuran waktu tidak langsung. (Wignjoesobroto, 2000).

Waktu yang diperlukan untuk melaksanakan elemen-elemen kerja pada umumnya akan sedikit berbeda dari siklus ke siklus lainnya (Despa, 2019), sekalipun operator bekerja pada kecepatan normal atau uniform, tiap-tiap elemen dalam siklus yang berbeda tidak selalu akan bisa diselesaikan dalam waktu yang persis sama. Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan

*Penulis korespondensi

E-mail: windharenauldi.86@gmail.com(W.R Satyadharma)

untuk membuat satu unit produk pada satu stasiun kerja (Purnomo, 2003). Pada proses produksi tiang pancang bulat berongga (*spun pile*), siklus waktu produksi (*cycle time*) merupakan proses yang dilakukan selama produksi terhitung dari kegiatan persiapan cetakan hingga proses tersebut kembali dilakukan untuk item produk berikutnya. Siklus waktu produksi ini berjalan secara kontinu (Despa, 2020) menyesuaikan jadwal kerja yang telah ditentukan. Apabila diperlukan, maka jam kerja akan dibuat dengan sistem shift menyesuaikan pesanan produk yang ada. Adapun proses produksi beton pracetak terdiri dari beberapa tahapan, antara lain :



Gambar 1. Diagram proses produksi tiang pancang

Penjelasan untuk masing-masing tahap produksi di atas antara lain:

1. *Set up* cetakan
Kegiatan set up cetakan meliputi pengesetan badan cetakan sesuai dengan panjang maupun diameter tiang pancang yang akan diproduksi, pemasangan mur dan baut pada cetakan serta aksesoris lainnya.
2. Pembersihan cetakan
Pembersihan cetakan dilakukan untuk menghilangkan kotoran maupun sisa adukan beton yang menempel dari proses pengecoran sebelumnya. Dalam kegiatan ini dilakukan juga pemberian minyak cetak di sisi dalam cetakan agar beton tidak menempel dan menimbulkan kerak pada cetakan.
3. Persiapan dan perakitan tulangan
Kegiatan persiapan dan perakitan tulangan antara lain pemasangan tulangan ke dalam cetakan, pemasangan plat sambung dan atau sepatu pancang, serta pemasangan baut dalam cetakan
4. Pengecoran
Pengecoran dilakukan setelah rakitan tulangan selesai disetting ke dalam cetakan. Adukan beton dibuat dengan *mixer* dan penghamparan betonnya dilakukan dengan bantuan alat *hopper cor* agar merata. Volume adukan

beton diperhatikan agar rongga dalam tiang pancang memiliki diameter sesuai spesifikasi.

5. *Stressing*
Stressing merupakan proses penarikan tulangan prategang yang terdapat dalam produk.
6. Pemadatan beton
Sistem pemadatan beton untuk tiang pancang dilakukan dengan proses *spinning*. *Spinning* dilakukan dengan cara memutar cetakan yang sudah berisi adukan beton dengan kecepatan/RPM tertentu agar menghasilkan kepadatan yang dipersyaratkan. rongga dalam tiang pancang dihasilkan melalui proses *spinning* tersebut.
7. Perawatan beton (*curing*)
Perawatan beton dilakukan dengan cara meletakkan cetakan berisi adukan beton ke dalam bak *curing*. Apabila bak *curing* telah penuh, maka bak tersebut akan ditutup. Panas yang dihasilkan dari proses hidrasi beton akan membantu percepatan *setting* beton hingga cetakan dapat dibuka setelah umur beton minimal 8 jam.(Handayani, 2020)

Masing-masing tahap dalam siklus produksi di atas harus berjalan dengan lancar (Martinus, 2017). Apabila salah satu tahap terdapat kendala, maka bisa dipastikan siklus produksi akan terganggu dan produktivitas akan berkurang (Nama, 2019). Salah satu hal yang paling penting dalam proses produksi tiang pancang adalah kapasitas produksi tiang pancang itu sendiri. Kapasitas produksi ditentukan oleh optimalnya masing-masing tahapan proses. Salah satu tahap proses yang cukup berperan dalam menunjang kapasitas produksi yaitu berada pada proses perakitan tulangan. Dalam proses ini, terdapat beberapa kegiatan yaitu, pemasangan tulangan ke dalam cetakan, pemasangan plat sambung dan atau sepatu pancang, serta pemasangan baut dalam cetakan. Pada umumnya dalam proses pengecoran yang normal, 1 set cetakan hanya akan digunakan untuk memproduksi 1 batang tiang pancang saja, namun ada kondisi tertentu yang mengharuskan untuk memproduksi lebih dari 1 batang tiang pancang dalam 1 set cetakan. Kondisi ini dapat terjadi apabila produk tiang pancang yang diproduksi mempunyai ukuran yang pendek yaitu ≤ 8 meter. Khusus di jalur produksi di PT Wijaya Karya Beton Lampung selatan, panjang maksimal cetakan yang bisa dipakai untuk produksi tiang pancang yaitu mencapai 24 meter, artinya bahwa supaya produktivitas bisa optimal, maka cetakan sepanjang 24 meter tersebut harus bisa dimanfaatkan semaksimal mungkin.

Apabila dalam 1 cetakan akan diproduksi lebih dari 1 produk (Zulmiftahul, 2020), maka antar rakitan tulangan produk tersebut harus ditambahkan sekat untuk menyambung dan agar bisa dilakukan penarikan besi tulangan prategang (*Stressing*) secara bersama-sama. Dalam penggunaan sekat ini, terdapat beberapa kendala yang dialami antara lain:

1. Dimensi yang relatif panjang memakan tempat dalam cetakan sehingga pemanfaatan cetakan kurang maksimal
2. Waktu yang dibutuhkan untuk instalasi sekat cukup lama sehingga berpotensi menjadi penyebab berkurangnya produktivitas.
3. Sistem pemasangan kurang praktis dan masih membutuhkan mesin *impact* untuk mengencangkan baut saat memasang sekat.

Perbandingan instalasi menggunakan sekat biasa dengan *connector ring* dalam proses produksi tiang pancang ditunjukkan dalam gambar di bawah ini:



Gambar 2. Kondisi cetakan saat masih menggunakan sekat

Dimensi sekat pada umumnya memiliki panjang 0,5 – 1 meter, dimana dengan dimensi ini cukup banyak mengambil tempat dalam cetakan sehingga pemanfaatan cetakan menjadi kurang maksimal. Dari gambar 2 terlihat banyak baut yang harus dipasang sehingga menambah waktu dalam proses perakitan tulangan.

Untuk mengatasi permasalahan yang ada, maka dibuat suatu desain inovasi pengganti sekat yaitu menggunakan *connector ring* dengan dimensi yang lebih kecil dan efisien.



Gambar 3. Aksesoris *connector ring*



Gambar 4. Kondisi cetakan setelah menggunakan *connector ring*

Tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah :

1. Memberikan pengetahuan terhadap publik tentang proses produksi produk beton pracetak khususnya tiang pancang.
2. Meningkatkan produktivitas dalam proses produksi tiang pancang.

2. Metodologi

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jalur produksi 4 PT Wijaya Karya Beton Lampung Selatan. Penelitian dilakukan dengan melakukan trial produksi tiang pancang bulat berongga (*spun pile*) diameter 60 cm menggunakan *connector ring*.

2.2 Persiapan bahan

Bahan yang digunakan sebagai *connector ring* dan aksesorisnya adalah:

1. Material baja S45C
Baja S45C adalah baja dengan daya renggang menengah yang memiliki kekuatan untuk diregangkan 570 – 700 MPa dan kekerasan Brinell 170 – 210.
2. Baut ukuran M20x70 mm bahan baja grade 8.8
Baja dengan grade 8.8 mempunyai kuat leleh (Fy) sebesar 92 Ksi atau 634 MPa serta mempunyai kekuatan ultimate sebesar 120 Ksi atau 827 MPa
3. *Coupler 400* dengan bahan material *mildsteel*
Mildsteel adalah besi karbon atau *plain carbon steel* yang mempunyai kandungan karbon tidak lebih dari 2 % dan tanpa campuran bahan yang lain.

2.3 Peralatan pendukung

Peralatan pendukung yang digunakan dalam pembuatan dan instalasi *connector ring* diantaranya yaitu:

1. Mesin *Impact Tool* NW19A dengan spesifikasi *capacity bolt diameter* 20 mm, *socket input drive* 19 mm, *max tightening torque* (N, M) 720, *No load speed* (Min) 4500, *Total length* 346 mm, *hammer type* double hammer. Digunakan untuk mengencangkan baut untuk memasang *connector ring* ke cetakan.
2. Kunci pas ring 20
3. Alat angkat hoist kapasitas 5 ton

2.4 Prosedur Penelitian

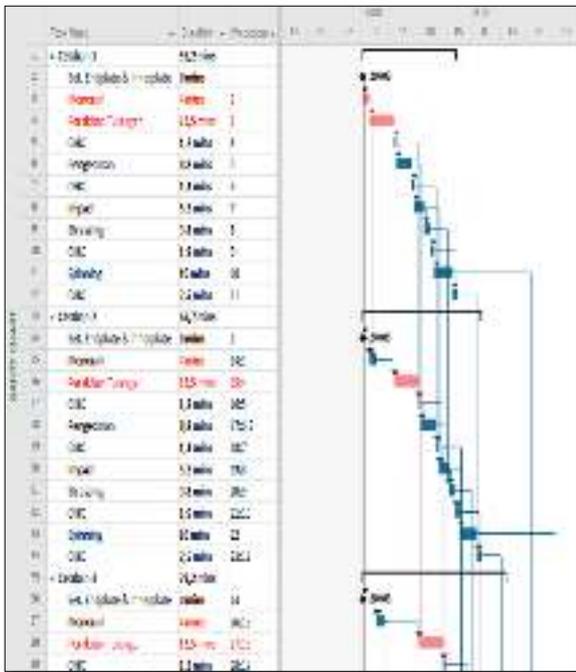
Untuk melaksanakan penelitian ini, ada beberapa kegiatan yang dilakukan, yaitu:

1. Melakukan produksi tiang pancang menggunakan *connector ring* dan membandingkan dengan sistem lama yang menggunakan sekat
2. Melakukan analisa siklus produksi tiang pancang menggunakan *connector ring* pada cetakan, baik dalam hal waktu pelaksanaan maupun jumlah produktivitas tiang pancang.
3. Melakukan evaluasi hasil buka produk dari segi mutu setelah menggunakan *connector ring*

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil Analisa Time Motion Study

Perbandingan siklus produksi menggunakan sekat biasa dengan *connector ring* dalam proses produksi tiang pancang ditunjukkan dalam gambar berikut:



Gambar 5. Time motion siklus produksi menggunakan sekat

Gambar 5 menunjukkan siklus produksi tiang pancang menggunakan sekat dengan dianalisa menggunakan software Microsoft Project. Dari hasil analisa terlihat bahwa siklus yang memakan waktu cukup lama yaitu 13,5 menit pada kegiatan perakitan tulangan.

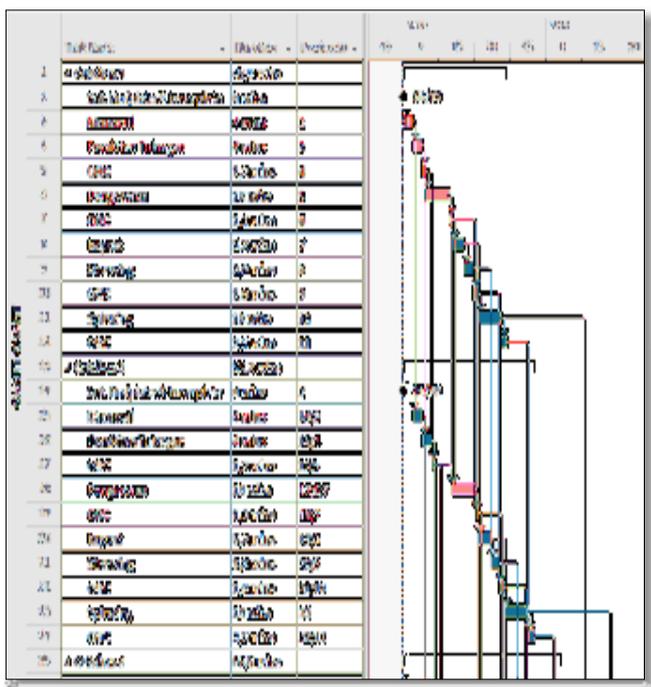
Gambar 6 menunjukkan siklus produksi tiang pancang setelah menggunakan *connector ring* dengan dianalisa menggunakan software Microsoft Project. Dari hasil analisa terlihat bahwa terdapat perubahan waktu siklus pada kegiatan perakitan tulangan. Untuk lebih detailnya dibuat perbandingan waktu siklus untuk masing-masing item pekerjaan seperti tabel di bawah ini.

Tabel 1. Perbandingan durasi waktu produksi menggunakan sekat dan *connector ring*

Item Pekerjaan	Durasi Waktu (menit)	
	Sekat Biasa	Connector Ring
Set. Endplate & Innerplate	0 mins	0 mins
Monorail	4 mins	4 mins
Perakitan Tulangan	13,5 mins	4 mins
OHC	1,2 mins	1,2 mins
Pengecoran	8,8 mins	10 mins
OHC	1,3 mins	1,3 mins
Impact	5,2 mins	5,2 mins
Stressing	3,8 mins	3,8 mins
OHC	1,9 mins	1,9 mins
Spinning	10 mins	10 mins
OHC	2,5 mins	2,5 mins
Total	52,2 mins	43,9 mins

Dari data siklus produksi di atas menunjukkan bahwa dengan penggunaan sekat biasa dalam cetakan, proses perakitan tulangan menjadi *bottleneck* dalam siklus produksi dengan memakan waktu terlalu lama yaitu 13,5 menit. Lamanya waktu proses perakitan tulangan ini juga dapat terjadi dari beberapa penyebab diantaranya karena terdapat aktivitas pemasangan baut yang cukup banyak pada sekat dengan menggunakan mesin *impact* di area 4-line. Pemasangan baut pada sekat membutuhkan waktu yang cukup lama, sementara di waktu yang sama pekerja harus mengimbangi pergerakan cetakan di area 4-line supaya perputaran cetakan tetap lancar. Apabila kecepatan pekerja dalam perakitan tulangan masih kalah dengan pergerakan 4-line, maka terpaksa pergerakan 4-line dihentikan hingga tulangan benar-benar selesai dirakit dalam cetakan. Sedangkan ketika sudah menggunakan *connector ring*, siklus waktu perakitan tulangan dapat dikurangi menjadi 4 menit, dan secara waktu total siklus produksi berubah dari 52,2 menit menjadi 43,9 menit.

Di sisi lain, dengan adanya pengaruh pemakaian *connector ring* dalam mempercepat waktu perakitan tulangan serta memaksimalkan pemakaian cetakan, maka *bottleneck* menjadi berpindah ke proses pengecoran. Dari data terlihat terdapat penambahan waktu pengecoran dari sebelumnya 8,8 menit menjadi 10 menit. Hal ini dikarenakan adanya penambahan volume pengecoran dalam satu cetakan. Setelah pemakaian *connector ring*, maka cetakan bisa dimaksimalkan dengan isi produk dalam satu cetakan menjadi bertambah. Dapat disimpulkan bahwa secara keseluruhan, penambahan waktu pengecoran ini tidak signifikan mengganggu siklus produksi secara total.



Gambar 6. Time motion siklus produksi menggunakan *connector ring*

3.2 Hasil Produksi

3.2.1 Hasil Produktivitas

Penurunan waktu dalam kegiatan perakitan tulangan setelah menggunakan *connector ring* berpengaruh langsung terhadap besarnya kenaikan produktivitas. Produktivitas dapat dilihat dari perbandingan banyaknya produk yang dapat diproduksi dalam satu siklus atau shift. Untuk lebih jelasnya dapat terlihat dalam tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Perbandingan produktivitas menggunakan sekat dan *connector ring*

Hasil produktivitas	Sekat Biasa	<i>Connector ring</i>
Waktu Perakitan tulangan	13,5 menit	4 menit
Produksi Tiang Pancang	80 batang/shift	141 batang/shift
Volume kubikasi	75,2 m ³	132,5 m ³

Perbandingan produktivitas tersebut dilakukan dengan parameter produk yang diproduksi yaitu dengan tipe produk 60 A1 M 06 7B. Produk tiang pancang dengan diameter 60 cm kelas A1 tipe *Middle* dan dengan panjang produk 6 meter. Panjang cetakan yang digunakan yaitu 24 meter serta jam kerja efektif yang digunakan yaitu 10 jam. Peningkatan produksi dalam satu shift meningkat secara signifikan, dari 80 batang/shift menjadi 141 batang/shift atau bertambah naik 61 batang/shift.

3.2.2 Hasil Buka Cetakan terhadap Mutu Produk

Dalam proses produksi, selain produktivitas hal yang penting untuk diperhatikan yaitu dari segi mutu produk. Dengan penggantian sekat menjadi *connector ring* ini, perlu dipastikan bahwa pemakaian *connector ring* tidak mempengaruhi mutu produk yang dihasilkan, untuk itu perlu dilakukan pengecekan terhadap produk setelah dibuka dari cetakan. Parameter yang digunakan dalam memastikan mutu produk diantaranya dengan melakukan pengecekan panjang potong tulangan dan panjang produk yang dihasilkan. Pengecekan ini dilakukan untuk memastikan bahwa dengan penggunaan *connector ring* tidak berpengaruh negatif terhadap hasil buka produk yang dihasilkan.



Gambar 7. Pengecekan elongasi dan panjang produk

Metode pengecekan ditunjukkan dalam gambar 7, yaitu dengan melakukan pengukuran langsung terhadap elongasi dan panjang produk menggunakan meteran. Hasil sampling pengecekan dapat dilihat dalam tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil pengecekan panjang produk yang diproduksi dengan *connector ring*

No.	Tipe Produk	Panjang potong tulangan (cm)	Hasil Produk (cm)	Keterangan
1	60 A1 M 06 7B	599	600	OK
2	60 A1 M 06 7B	599	600	OK
3	60 A1 M 06 7B	599	600	OK
4	60 A1 M 06 7B	599	600	OK
5	60 A1 M 06 7B	599	600	OK
6	60 A1 M 06 7B	599	600	OK
7	60 A1 M 06 7B	599	600	OK
8	60 A1 M 06 7B	599	600	OK
9	60 A1 M 06 7B	599	600	OK
10	60 A1 M 06 7B	599	600	OK

Dari hasil di atas, terlihat bahwa panjang produk yang dihasilkan masih sesuai dengan spesifikasi panjang produk yang diproduksi yaitu 6 meter (600 cm).

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian yang berjudul Optimalisasi proses produksi tiang pancang (*spun pile*) menggunakan *connector ring* pada cetakan ini diantaranya sebagai berikut:

1. Produktivitas tiang pancang meningkat, dilihat dari siklus perakitan tulangan yang semula memakan waktu hingga 52,2 menit bisa dikurangi menjadi 43,9 menit setelah menggunakan *connector ring*. Hal ini dapat meningkatkan produktivitas dari 80 batang/shift menjadi 141 batang/ shift atau meningkat menjadi 76 %.
2. Dengan berkurangnya waktu kegiatan perakitan tulangan, *bottleneck* menjadi berpindah pada kegiatan pengecoran dimana terdapat penambahan waktu pengecoran dari sebelumnya 8,8 menit menjadi 10 menit. Namun secara keseluruhan, penambahan waktu pengecoran ini tidak signifikan mengganggu siklus produksi secara total karena penambahan waktu pengecoran ini sebenarnya dikarenakan bertambahnya volume pengecoran dalam satu cetakan.
3. Dengan penggunaan *connector ring* sebagai pengganti sekat biasa, mutu produk yang dihasilkan masih tetap terjaga, dilihat dari indikator elongasi tarikan serta panjang produk yang dihasilkan masih sesuai dengan spesifikasi yang dipersyaratkan.
4. Penggunaan *connector ring* sebagai pengganti sekat biasa memiliki beberapa kelebihan diantaranya:
 - a. Dimensi lebih kecil dan ramping sehingga pemakaian cetakan lebih maksimal
 - b. Pemasangan lebih mudah dan cepat, tidak memerlukan pengencangan baut
 - c. Dengan dimensi lebih kecil, maka bobot menjadi lebih ringan

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Kepada Keluarga PT Wijaya Karya Beton, Tbk Pabrik Produk Beton Lampung Selatan

dan keluarga tercinta. Semoga hasil kegiatan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Daftar pustaka

- Alvin J.L, dkk. 2016. Produktivitas Dan Keterlambatan Produksi Tiang Pancang Dan Tiang Listrik Pada Perusahaan “X” Dengan MPDM. Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil Vol. 5 No. 2
- Despa, Dikpride and Muhammad, Meizano Ardhi and Amaro, Najib and Nama, Gigih Forda and Martin, Yul (2019) Dashboard Pengawasan Besaran Listrik Waktu Nyata. Barometer, 4 (1). Issn 1979-889x
- Despa, Dikpride and Widyawati, Ratna and Purba, Aleksander and Septiana, Trisya (2020) Edukasi Implementasi Undang – Undang Keinsinyuran Pada Aparatur Sipil Negara (Asn) Pemerintahan Kabupaten Di Lampung. Prosiding Senapati Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Teknologi Dan Inovasi Pengabdian Masyarakat Di Era Revolusi Industri 4.0 Dan Society 5.0. Pp. 47-50. Issn 2685-0427
- Handayani, Anjas dan Fahmi. 2020. Siklus Produksi (Cycle Time) Beton Pracetak Dengan Metode Beton Self Compacting Concrete (Scc). Rekayasa Sipil, Vol. 9 No. 1 . Februari 2020 Pp 18-24.
- Martinus; Djausal, Anshori; Djausal, Gita Paramita (2017) Ecoroad: A Sustainable Infrastructure For Road Development In National Park. In: International Conference Asean Golden Anniversary, 22-23 Agustus 2017, Malang.
- Nama, G. F., Lukmanul, H., & Junaidi, J. (2019). Implementation of K-Means Technique in Data Mining to Cluster Researchers Google Scholar Profile. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 9(1).
- Purnomo, H. 2003. Pengantar Teknik Industri. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Wignjosoebroto, Sritomo. 2000, Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu Teknik Analisis untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja, Jakarta
- Zulmiftahul, Huda and Khairudin, Khairudin and Lukmanul, Hakim and Zebua, Osea (2020) Pelatihan Instalasi Sistem Plts Bagi Siswa-Siswi Di Smk 2 Mei Bandar Lampung. Prosiding Senapati Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat Teknologi Dan Inovasi, 2. Pp. 285-288. Issn Issn: 2685-0427