

PENYEBARAN KUAT TEKAN BETON PADA PENAMPANG SPUN-PILE

Prasetyo Kurniawan Suseno¹, Stefanus Kurniawan Winata², Gogot Setyobudi³, Hurijanto Koentjoro⁴

ABSTRAK : *Spun pile* dibuat dengan metode *spinning*. Hal ini menimbulkan pertanyaan mengenai homogenitas kekuatan tekan beton pada *spun pile* karena proses pemadatan dilakukan dengan memanfaatkan gaya sentrifugal. Pada saat *spun pile* di *spinning*, material dengan massa jenis yang besar akan cenderung terlempar pada dinding luar tiang pancang sehingga menyebabkan sisi terluar tiang cenderung lebih padat. Penelitian ini mempelajari mengenai penyebaran kuat tekan beton pada penampang *spun pile* yang ada di lapangan. Dalam penelitian ini, pengambilan benda uji dilakukan dengan metode pengeboran (*core drill*) pada *spun pile* di lapangan. Pengambilan benda uji diambil masing-masing searah dan tegak lurus dengan panjang *spun pile*. Setelah itu benda uji diratakan dengan gerinda dan dilakukan pengujian kuat tekan. Hasil kuat tekan masing-masing benda uji dikoreksi berdasarkan dimensi dan arah pengambilan sesuai dengan standar pengeboran beton inti (SNI 03-3403-1994). Hasil penelitian awal ini menunjukkan bahwa, untuk hasil benda uji yang sejajar panjang tiang menunjukkan kepadatan benda uji yang diambil pada radius terjauh dari sumbu *spun pile* relatif lebih padat, akan tetapi kekuatan tekannya tidak menunjukkan konsistensi dengan kepadatan. Sedangkan untuk benda uji yang diambil tegak lurus panjang tiang, semakin jauh dari sumbu tiang semakin padat dan semakin kuat.

KATA KUNCI : *core drill*, *spun pile*, gaya sentrifugal, *spinning*, kuat tekan.

1. PENDAHULUAN

Spun pile merupakan tiang yang berbentuk bulat dengan mutu beton relatif tinggi dan pembuatannya dibuat di pabrik karena memerlukan proses *spinning* dari mesin yang menghasilkan gaya sentrifugal. Proses pembuatannya sering memanfaatkan sistem *pre-tension* untuk mengendalikan dan menaikkan kualitas mutu betonnya. Pemancangan *spun pile* fleksibel, di Indonesia kebanyakan *spun pile* dimasukkan ke dalam tanah dengan dipukul atau di *jacked* (Hadi, 2000:60).

Pembuatan *spun pile* menggunakan metode *spinning*, sehingga kepadatan *spun pile* diakibatkan oleh gaya sentrifugal *spinning*. Banyak yang menganggap proses *spinning* ini hasilnya homogen dan kepadatan beton pada *spun pile* merata. Tetapi, metode ini mengakibatkan distribusi kekuatan beton pada *spun pile* menjadi kurang merata karena kepadatan beton tergantung pada kecepatan dari gaya sentrifugal *spinning*, diameter *spun pile* dan waktu *spinning*-nya. Gaya sentrifugal yang dimanfaatkan dalam proses pembuatan *spun pile* mengakibatkan benda coran terlempar menuju sisi dinding cetakan hingga padat (Tjitro, 2004:2). Pada proses pengecoran kedalam cetakan *spun pile*, kecepatan putar yang terlalu rendah dapat mengakibatkan *sliding*, dan menghasilkan permukaan yang kurang baik. Sedangkan kecepatan putar yang terlalu tinggi dapat menimbulkan getaran, dimana dapat menghasilkan segregasi melingkar (Wijaya, 2013:2).

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, DaeronZinc93@yahoo.com

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, chicken_krigg@yahoo.com

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, gogot@peter.petra.ac.id

⁴Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, hurijanto@peter.petra.ac.id

Peneliti ini ingin mengetahui dan menganalisa homogenitas kekuatan tekan beton pada penampang *spun pile*. Melalui hasil uji test tekan masing-masing benda uji, peneliti ingin mengetahui hubungan antara radius pengambilan, kepadatan, tinggi serta kekuatan tekan masing-masing benda uji baik yang diambil searah dan tegak lurus dengan panjang *spun pile*.

2. STUDI LITERATUR

2.1. Tinjauan Pustaka

Permeabilitas beton adalah kemudahan beton untuk dapat dilalui oleh zat cair. Jika beton tersebut dapat dilalui air, maka beton tersebut dikatakan permeabel. Jika sebaliknya, maka beton tersebut dikatakan impermeabel. Uji permeabilitas ini terdiri dari dua macam yaitu uji aliran dan uji penetrasi. Uji aliran digunakan untuk mengukur permeabilitas beton terhadap air bila ternyata air dapat mengalir melalui sampel beton. Uji penetrasi digunakan jika dalam percobaan permeabilitas tidak ada air yang mengalir melalui sampel. (Sugiharto, Tjong, et.all, 2004).

Penelitian sebelumnya untuk mengetahui laju penetrasi beton menggunakan larutan klorida menggunakan metode *Rapid Chloride Penetration Test* (RCPT) dengan menggunakan larutan NaOH yang berperan sebagai anolit dan larutan NaCl yang berperan sebagai katolit serta pengaliran arus listrik DC untuk mempercepat proses migrasi klorida ke dalam beton. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kepadatan benda uji beton pada ketebalan dan selang waktu tertentu. (Spiesz, Brouwers, 2012).

2.2. Pematatan dengan Metode *Centrifugal*

True centrifugal casting adalah suatu proses dimana pengecoran dilaksanakan dengan menggunakan cetakan silinder untuk menghasilkan produk cor berbentuk silinder dengan cara memutar cetakan. Akibat dari gaya *centrifugal* tersebut, benda coran akan terlempar menuju sisi dinding cetakan hingga padat, lalu dilakukan *curing* agar benda cor menjadi lebih sempurna (Tjitro, 2004). Berikut adalah rumus dari gaya *centrifugal* (Wijaya, 2013):

$$F_c = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

dengan:

- F_c = Gaya sentrifugal (N),
- m = Massa benda cor (kg),
- r = Radius cetakan (m), dan
- ω = Kecepatan putar (rad/s).

Berikut massa jenis dari material yang dibutuhkan untuk pembuatan *spun pile*:

1. Semen Portland : 3.15 gr/cm³ (SNI 15-2049-2004)
2. Agregat Halus SSD : 2.56 gr/cm³ (SNI 03-1970-1990)
3. Agregat Kasar SSD : 2.54 gr/cm³ (SNI 03-1969-1990)

2.3. Kekuatan Tekan Beton

Kuat tekan adalah besarnya beban persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu pada mesin uji. Nilai kuat tekan beton didapat melalui pengujian standar menggunakan mesin uji dengan cara memberikan beban tekan bertingkat dengan kecepatan peningkatan beban tertentu atas benda uji silinder beton sampai hancur. Kuat tekan beton (f_c')/tegangan (σ) dapat dihitung dengan persamaan berikut ini (Widiantoro, 2011):

$$f_c' = \frac{P_{\max}}{A}$$

dengan:

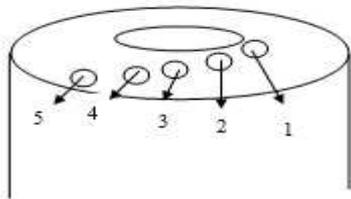
- f_c' = kuat tekan beton yang didapat dari benda uji (N),

P_{max} = beban tekan maksimum (N), dan
 A = luas permukaan benda uji (mm^2).

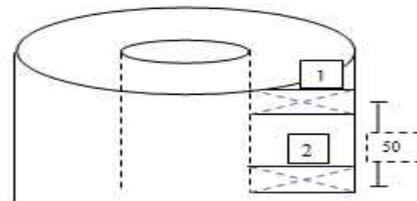
3. RANCANGAN PENELITIAN

3.1. Gambaran Umum Penelitian

Proses penelitian ini menggunakan *spun pile* yang pembuatannya di *spinning* dengan kecepatan sudut putar **1600 rpm** dan diawali dengan pengambilan benda uji searah dan tegak lurus dengan panjang *spun pile* dengan menggunakan alat *core drill* yang berdiameter 9cm. Pada *case* searah dengan panjang tiang, masing-masing benda uji akan disamaratakan tingginya dengan alat gerindra dan diambil dari 2 *spun pile* yang masing-masing tiang akan dilakukan pengambilan sebanyak 5 benda uji **Gambar 1**. Sedangkan untuk *case* tegak lurus dengan panjang tiang akan diambil dari 4 *spun pile* yang masing-masing tiang akan dilakukan pengambilan sebanyak 5 benda uji. Setelah itu, benda uji dari masing-masing tiang tersebut diratakan permukaannya dan dipotong $\pm 0.5-1$ cm secara kumulatif untuk menghilangkan lapisan lunaknya dengan gerindra **Gambar 2**.



Gambar 1. Pengeboran Searah



Gambar 2. Pengeboran Tegak Lurus

Pengeboran dilakukan pada 4 buah *spun piles* di lokasi One Galaxy Surabaya. Empat *spun piles* yang akan dibor masing-masing diberi nama A,B,C,D. *Spun pile* A memiliki dinding beton setebal 19 cm, *spun pile* B memiliki dinding beton setebal 18 cm, *spun pile* C memiliki dinding beton setebal 19 cm, dan *spun pile* D memiliki dinding beton setebal 15 cm. Pengambilan benda uji secara sejajar akan dilakukan pada *spun pile* A dan *spun pile* C, sedangkan pengambilan benda uji secara tegak lurus akan dilakukan pada setiap *spun pile* yang tersedia di One Galaxy Surabaya.

Untuk *case* searah dengan panjang tiang, 10 benda uji memiliki tinggi yang sama yaitu sepanjang 14.5 cm dan diberi nama oleh peneliti X(nama *spun pile*)-jarak dari titik pusat *spun pile* sampai mencapai titik pusat diameter pengeboran benda uji. Sedangkan *case* tegak lurus dengan panjang tiang perataan dan pemotongan benda uji untuk *spun pile* A,B dan C akan dipotong 1 cm secara kumulatif dari 4 buah benda uji yang didapat dari masing-masing tiang. Sedangkan untuk benda uji spun pile D akan dipotong 0,5 cm secara kumulatif dari 4 buah benda uji yang didapat dari masing-masing tiang. Peneliti memberikan nama untuk benda uji pada *case* ini Y (nama *spun pile*)-(nomor urut *coring*)-(nomor urut pemotongan) - [tinggi benda uji].

3.2. Pengeboran Beton Inti

Berdasarkan SNI 03-3403-1994, dan ASTM C42/42M-03 terlampir adanya batasan dalam uji *core*. Batasan-batasan tersebut ada 3 faktor yaitu, faktor koreksi C_0 , C_1 , C_2 . C_0 merupakan faktor koreksi yang berhubungan dengan arah pengambilan benda uji beton inti pada struktur beton (**Tabel 1**).

Tabel 1. Faktor Pengali C_0

Arah Pengambilan Benda Uji Beton Inti	C_0
Horizontal (tegak lurus pada arah tinggi dari struktur beton)	1
Vertikal (sejajar dengan arah tinggi dari struktur beton)	0.92

C_1 merupakan suatu faktor pengali yang ditentukan dengan rasio panjang sesudah diberi lapisan kaping dan diameter dari suatu sampel. Akan tetapi pada C_1 apabila rasio panjang dan diameternya adalah $1,94 \leq l/\Phi \leq 2,10$ maka C_1 diabaikan (**Tabel 2**). Apabila tidak terdapat pada **Tabel 2**, C_1 dapat dicari dengan cara interpolasi linear dan berlaku untuk beton normal dan beton ringan dengan berat isi antara 1600-1900 kg/m³, baik ditekan dalam keadaan kering ataupun lembap. C_1 pada **Tabel 2** berlaku hanya untuk kuat tekan beton silinder antara 13.8-41.4 MPa.

Tabel 2. Komposisi Campuran Mortar dalam Penelitian

L/D	C_1
1.75	1
1.50	0.96
1.25	0.93
1.00	0.87

Sedangkan untuk C_2 merupakan faktor pengali karena adanya kandungan tulangan besi dalam benda uji beton inti yang letaknya tegak lurus terhadap sumbu benda uji. Pada penelitian ini pengeboran menghindari adanya kandungan tulangan dalam benda uji, faktor C_2 dapat diabaikan. Kuat tekan benda uji beton inti yang dikoreksi, dihitung sampai dengan ketelitian 0,5 MPa dengan menggunakan rumus:

$$f'_{cc} = C_0 \times C_1 \times f'_c$$

dimana:

f'_{cc} = kuat tekan beton inti yang dikoreksi dalam MPa, dan

f'_c = kuat tekan sebelum dikoreksi dalam MPa.

3.3. Capping Pada Benda Uji

Bahan pembuatan belerang sebagai *capping* adalah dengan memanaskan belerang hingga mencair, dan dituang ke alat cetak *capping*. Selanjutnya permukaan silinder beton yang tidak rata di timpa ke alat cepat *capping* tersebut sampai belerang menutup permukaan beton dan mengeras (Mulyati, 2011:19).

3.4. Pengujian Kuat Tekan Benda Uji

Kuat tekan beban beton adalah besarnya beban per satuan luas, yang menyebabkan benda uji beton hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan. Metode ini dimaksudkan sebagai pegangan dalam pengujian untuk menentukan kuat tekan (*compressive strength*) beton dengan benda uji berbentuk silinder yang dibuat, dan dimatangkan (*curing*) di laboratorium maupun di lapangan (SNI-03-1974-1990).

4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Benda Uji Sejajar dengan Panjang *Spun Pile*

Setelah benda uji diambil dari penampang beton *spun pile* yang dibahas sebelumnya, masing-masing benda uji akan diuji tekan, ditimbang di laboratorium beton Universitas Kristen Petra. Benda uji diambil dari empat *spun pile* yang berbeda sehingga ketebalan dinding *spun pile* juga berbeda-beda. Untuk *spun pile* A memiliki dinding beton setebal 19 cm, *spun pile* B memiliki dinding beton setebal 18 cm, *spun pile* C memiliki dinding beton setebal 19 cm, dan *spun pile* D memiliki dinding beton setebal 15 cm. Diameter benda uji yang dipakai pada penelitian ini adalah sebesar 9 cm. Untuk hasil data case searah dengan panjang tiang dapat dilihat pada **Tabel 3 dan Tabel 4**.

Tabel 3. Hasil Data Benda Uji Sejajar Panjang *Spun Pile* A

Nama- Radius (R)	Berat (gr)	γ (Kg/m ³)	F (kN)	C0	C1	Fc Koreksi (kN)	σ Koreksi (MPa)
XA-28,50	2444	2649.47	368	0.92	1.00	338.560	53.218
XA-29,50	2419	2622.36	335	0.92	1.00	308.200	48.446
XA-30,50	2455	2661.39	360	0.92	1.00	331.200	52.061

XA-31,50	2514	2725.35	285	0.92	1.00	262.200	41.215
XA-33,80	2478	2686.32	315	0.92	1.00	289.800	45.554

Tabel 4. Hasil Data Benda Uji Sejajar Panjang *Spun Pile C*

Nama- Radius (R)	Berat (gr)	γ (Kg/m ³)	F (kN)	C0	C1	Fc Koreksi (kN)	σ Koreksi (MPa)
XC-28,00	2425	2628.87	294	0.92	1.00	270.480	46.214
XC-29,00	2422	2625.62	270	0.92	1.00	248.400	42.441
XC-31,00	2450	2655.97	335	0.92	1.00	308.200	52.659
XC-32,30	2485	2693.91	295	0.92	1.00	271.400	46.371
XC-33,50	2492	2701.50	295	0.92	1.00	271.400	46.371

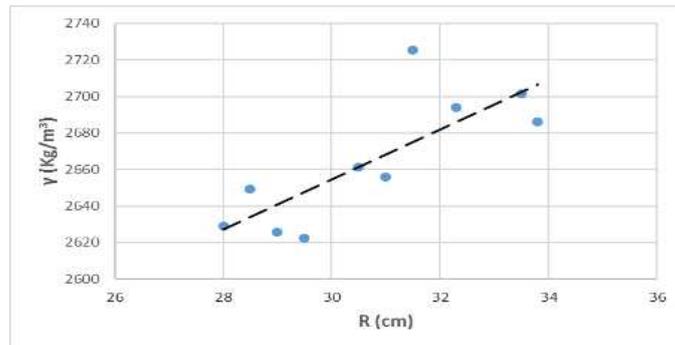
Keterangan:

γ = berat volume (kg/m³),

F = gaya tekan (kN), dan

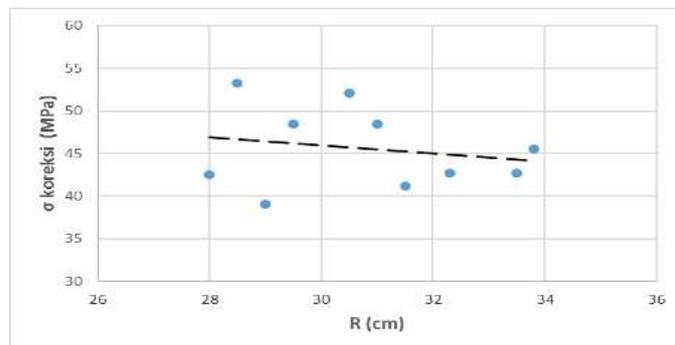
σ = kuat tekan terkoreksi (MPa).

Penyebaran kepadatan beton terhadap sumbu *spun pile* dapat dinyatakan tiga aspek yaitu, hubungan antara radius (R) dengan kepadatan (γ), hubungan antara radius (R) dengan kekuatan tekan (σ), hubungan antara kepadatan (γ) dengan kekuatan tekan (σ). Untuk *case* hubungan antara radius (R) dengan kepadatan (γ) dari kedua data *spun pile* (A dan C), dapat dilihat adanya kecenderungan semakin jauh benda uji dari sumbu *spun pile*, semakin besar kepadatannya (**Gambar 3**).



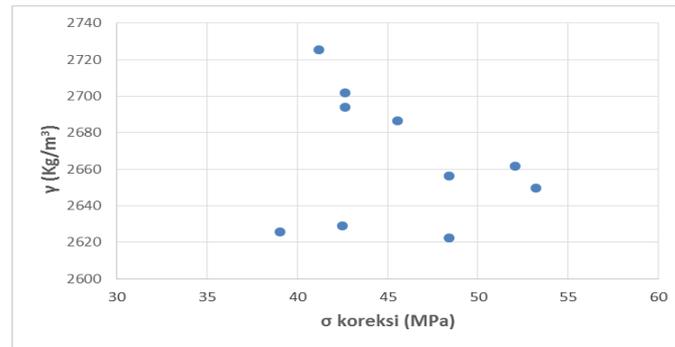
Gambar 3. Hubungan Radius dengan Kepadatan *Spun Pile A dan C*

Sedangkan untuk *case* hubungan antara radius (R) dengan kekuatan tekan (σ), kekuatan tekan beton benda uji yang diambil pada radius terjauh dari sumbu *spun pile* seharusnya relatif lebih kecil dari benda uji yang diambil pada radius lebih dekat dengan sumbu *spun pile*. Namun hal ini tidak terlihat pada **Gambar 4**, dimana kecenderungan kekuatan tekan beton benda uji yang diambil pada radius terjauh sumbu *spun pile* cenderung lebih besar, maka terlihat tidak adanya korelasi kekuatan tekan beton benda uji dengan radius dari sumbu *spun pile*.



Gambar 4. Hubungan Radius dengan Kekuatan Tekan *Spun Pile A dan C*

Untuk *case* hubungan antara kepadatan (γ) dengan kekuatan tekan (σ) juga terlihat tidak adanya korelasi kekuatan tekan beton benda uji dengan radius dari sumbu *spun pile* (**Gambar 5**).



Gambar 5. Hubungan Kepadatan dengan Kekuatan Tekan *Spun Pile* A dan C

4.2 Data Hasil Benda Uji Tegak Lurus dengan Panjang *Spun Pile*

Untuk hasil gaya tekan dan berat benda uji yang diambil tegak lurus dengan panjang tiang disajikan masing-masing pada **Tabel 5** sampai dengan **Tabel 8**.

Tabel 5. Hasil Data Benda Uji Tegak Lurus Panjang *Spun Pile* A

Nama	Tinggi+capping (cm)	Berat (gr)	γ (kg/m ³)	F (kN)	C0	C1	Fc Koreksi (kN)	σ Koreksi (MPa)
YA 4-1	19	3055	2667.865	360	1	1	360	56.588
YA 2-2	18	2845	2630.622	312	1	1	312	49.043
YA 3-3	17	2710	2662.407	355	1	1	355	55.802
YA 1-4	16	2581	2704.717	408	1	1	408	64.134

Tabel 6. Hasil Berat Benda Uji Tegak Lurus Panjang *Spun Pile* B

Nama	Tinggi+capping (cm)	Berat (gr)	γ (kg/m ³)	F (kN)	C0	C1	Fc Koreksi (kN)	σ Koreksi (MPa)
YB 3-1	17	2685	2637.846	353	1	1	353	55.488
YB 2-2	16	2533	2654.416	345	1	1	345	54.231
YB 1-3	15	2392	2685.705	304	1	1	304	47.786
YB 4-4	14	2214	2677.068	298	1	1	298	46.843
RYB	13	2040	2672.231	365	1	1	365	57.374

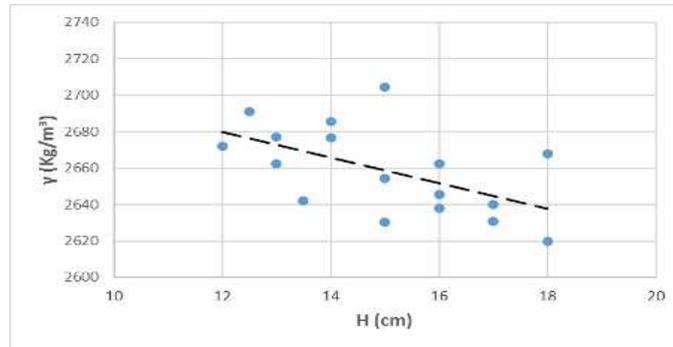
Tabel 7. Hasil Data Benda Uji Tegak Lurus Panjang *Spun Pile* C

Nama	Tinggi+capping (cm)	Berat (gr)	γ (kg/m ³)	F (kN)	C0	C1	Fc Koreksi (kN)	σ Koreksi (MPa)
YC 4-1	19	3000	2619.834	283	1	1	283	44.485
YC 1-2	18	2855	2639.868	310	1	1	310	48.729
YC 2-3	17	2693	2645.705	270	1	1	270	42.441
YC 3-4	16	2510	2630.314	318	1	1	318	49.986

Tabel 8. Hasil Data Benda Uji Tegak Lurus Panjang *Spun Pile* D

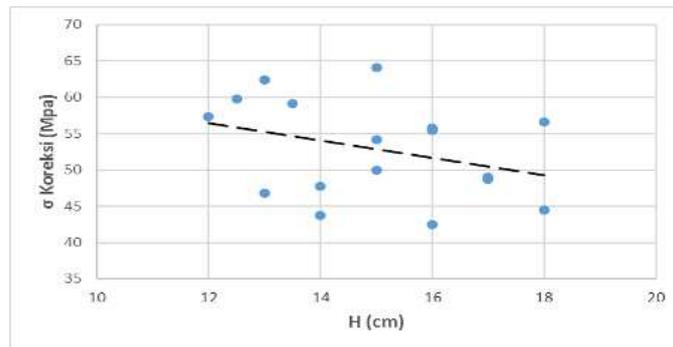
Nama	Tinggi+capping (cm)	Berat (gr)	γ (kg/m ³)	F (kN)	C0	C1	Fc Koreksi (kN)	σ Koreksi (MPa)
YD 1-1	15	2384	2676.722	278	1	1	278	43.699
YD 4-2	14.5	2269	2641.958	376	1	1	376	59.103
YD 2-3	14	2202	2662.558	397	1	1	397	62.404
YD 3-4	13.5	2140	2691.094	380	1	1	380	59.732

Untuk *case* hubungan antara tinggi (H) dengan kepadatan (γ) berdasarkan data *spun pile* (A,B,C dan D), dapat dilihat adanya kecenderungan bahwa kepadatan benda uji di daerah terluar dari *spun pile* akan semakin padat (**Gambar 6**).



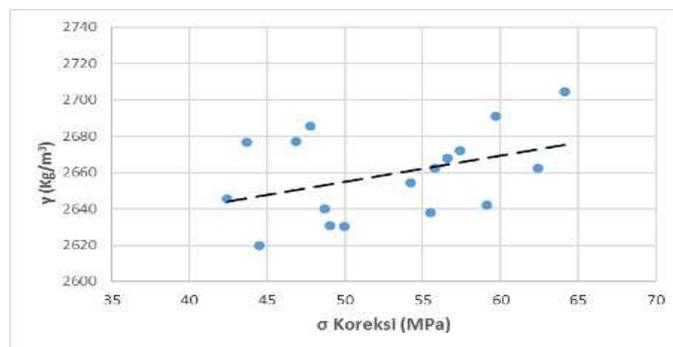
Gambar 6. Hubungan Tinggi dengan Kepadatan Spun Pile

Sedangkan untuk *case* hubungan antara tinggi (H) dengan kekuatan tekan (σ), kekuatan tekan beton benda uji yang diambil tegak lurus dengan panjang *spun pile* seharusnya kekuatan pada daerah terluar sumbu *spun pile* cenderung memiliki kuat tekan beton yang lebih kuat dibandingkan dengan daerah dekat sumbu *spun pile*. Namun hal ini tidak terlihat pada **Gambar 7** yang menunjukkan kuat tekan pada daerah dekat sumbu *spun pile* memiliki kekuatan tekan beton yang lebih kuat daripada kuat tekan pada daerah jauh sumbu tiang.



Gambar 7. Hubungan Tinggi dengan Kekuatan Tekan Spun Pile

Untuk *case* hubungan antara kepadatan (γ) dengan kekuatan tekan (σ) terlihat adanya kecenderungan yang menunjukkan semakin padat material dari benda uji, semakin besar kekuatannya (**Gambar 8**).



Gambar 8. Grafik Hubungan Tinggi dengan Kekuatan Tekan Spun Pile

5. KESIMPULAN

1. Untuk benda uji yang diambil sejajar dengan panjang spun pile secara keseluruhan menunjukkan bahwa, kepadatan benda uji yang diambil pada radius terjauh dari sumbu spun pile relatif lebih padat, akan tetapi kekuatan tekannya tidak menunjukkan konsistensi dengan kepadatan, dan pola keruntuhannya adalah vertikal.
2. Untuk benda uji yang diambil tegak lurus dengan panjang *spun pile* secara keseluruhan pada penelitian ini, semakin dekat tinggi benda uji yang diukur dari tepi terluar *spun pile* akan menghasilkan kepadatan yang makin padat dan kekuatan tekan yang makin besar. Keruntuhan benda uji tidak menyatakan adanya konsistensi pola yang sama.

Hasil penelitian awal ini menunjukkan bahwa, untuk hasil benda uji yang sejajar panjang tiang menunjukkan kepadatan benda uji yang diambil pada radius terjauh dari sumbu *spun pile* relatif lebih padat, akan tetapi kekuatan tekannya tidak menunjukkan konsistensi dengan kepadatan. Sedangkan untuk benda uji yang diambil tegak lurus panjang tiang, semakin jauh dari sumbu tiang semakin padat dan semakin kuat.

6. DAFTAR REFERENSI

- Badan Standarisasi Nasional, (2004). *SNI 15-2049-2004 Semen Portland*. BNS:Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (1990). *SNI 03-1970-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus*. BNS:Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (1990). *SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*. BNS:Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (1994). *SNI 03-3403-1994 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton Inti Pemboran*. BNS:Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional, (1990). *SNI 03-1974-1990 Metode Pengujian Kuat Tekan Beton*. BNS:Jakarta.
- Hadi,G.K., Ferryanto,S.G., Cahyono H., Dedy, (2000). Perbaikan Mutu pada Proses dan Produksi Spun-Pile dengan Menggunakan Metode Taguchi, *Dimensi Teknik Sipil*,2, 59-64.
- Mulyati,S.D., Febrianto V., (2011). Korelasi Nilai Kuat Tekan Beton antara *Hammer Test*, dan *Compression Test* Pada Benda Uji Silinder dan *Core Drill*.
- Spiesz,P., Brouwers, H.,J.,H., (2012). Influence Of The Applied Voltage On The Rapid Chloride Migration (RCM) Test, *Science Direct*,42,1072-1082.
- Sugiharto,H., Tjong,W.,F., et.all, (2004). Rancang Bangun Alat Uji Permeabilitas Beton, *Civil Engineering Dimension*,6(2),94-100.
- Tjitro,S.,Sugiharto, (2014). Pengaruh Kecepatan Putar pada Proses Pengecoran Aluminium Centrifugal.*Jurnal Teknik Mesin*,1,1-7.
- Widiantoro,K., (2011). Pengaruh Penggunaan Material Daur Ulang pada Beton Memadat Mandiri terhadap Kuat Tekan, Modulus Elastisitas, dan Kuat Lentur.
- Wijaya,S.B., (2013). Pengaruh Kecepatan Putar Cetakan terhadap Porositas dan Fatigue pada Produk Silinder Pejal Berbahan Al-Mg-Si Hasil Pengecoran Sentrifugal, *Konsentrasi Teknik Produksi*.