

KINERJA MUTU DAN WAKTU PELAKSANAAN TIANG PANCANG

Wiratna Tri Nugraha¹

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Suryakancana, Indonesia
wiratnayk@yahoo.com

Informasi Artikel

Kata Kunci:

kalendering, loading test, multikolinearitas, autokorelasi, regresi

Histori Artikel:

Disubmit 28 Maret 2023

Direvisi 13 April 2023

Diterima 27 Mei 2023

Tersedia daring 12 Juli 2023

Sitasi:

Wiratna Tri Nugraha, "Kinerja Mutu Dan Waktu Pelaksanaan Tiang Pancang," Pros. Semnastek Univ. Suryakancana, 2023.

*Penulis Korespondensi

Wiratna Tri Nugraha

Alamat E-mail:

wiratnayk@yahoo.com

Abstrak

Waktu yang diperlukan dalam pelaksanaan pemancangan maupun panjang total keseluruhan tiang pancang sulit diperkirakan sejak awal, karena kedalamannya sangat variatif. Kedalaman keseluruhan tiang pancang tersebut baru dapat diketahui pada saat selesainya pemancangan. Daya dukung tiang pancang yang sudah memenuhi persyaratan ditentukan oleh nilai pengukuran final set atau kalendering, dan indikator ini hanya khusus dimiliki pada pondasi tiang pancang saja. Untuk mendapatkan daya dukung tiang pancang yang lebih pasti dilakukan loading test. Berdasarkan hasil loading test, semua tiang pancang mampu memikul beban rencana dengan memuaskan. Dalam penelitian ini diketahui bahwa tidak terdapat multikolinearitas antar variabel bebas dalam model regresi dan tidak terdapat autokorelasi antara variabel-variabel bebas. Secara simultan variabel final set dan jumlah pukulan dapat menjelaskan variabel kedalaman pemancangan hanya sebesar 6,2 % saja, sedangkan sisanya 93,8 % ditentukan oleh faktor lain yang tidak termasuk dalam variabel-variabel bebas tersebut. Faktor lain tersebut seperti : daya dukung tanah, kedalaman tanah keras, jenis tanah, berat palu pancang, tipe tiang pancang, susunan tiang pancang maupun jumlah tiang pancang dalam satu pile cap. Persamaan regresi yang dihasilkan : $Y = -0,092 + 0,155 X_1 + 0,189 X_2$.

1. Pendahuluan

Pondasi merupakan bagian struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk mentransfer beban yang diterima struktur ke tanah. Jenis pondasi dibagi menjadi 2, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pekerjaan pondasi untuk bangunan gedung umumnya menggunakan pondasi dalam, dengan macam pondasi dalam antara lain pondasi tiang pancang atau pondasi bor pile.

Jika ditinjau berdasarkan kedalamannya pada pondasi dalam maka pondasi tiang pancang berbeda dengan pondasi bor pile. Untuk pondasi bor pile, kedalamannya dapat seragam atau sama semuanya, sedangkan pada pondasi tiang pancang kedalamannya sangat variatif, bahkan kedalaman keseluruhan tiang pancang belum dapat ditentukan dengan pasti pada saat proses perencanaan pondasinya. Kedalaman keseluruhan tiang pancang tersebut baru dapat diketahui pada saat selesainya pemancangan.

Hal ini disebabkan karena indikator pondasi tiang pancang dianggap sudah memenuhi daya dukung yang disyaratkan adalah nilai pengukuran final set atau kalendering, dan indikator ini hanya khusus dimiliki pada pondasi tiang pancang saja. Sehingga jika nilai pengukuran final set belum memenuhi yang disyaratkan maka pemancangan tiang pancang terus dilanjutkan sampai memenuhi final set yang disyaratkan.

Obyek dalam penelitian ini adalah pondasi tiang pancang yang dalam proses pemancangannya digunakan diesel hammer. Pondasi tiang pancang dalam proses pelaksanaannya terdiri dari bermacam-macam urutan aktivitas pekerjaan. Macam-macam aktivitas pekerjaan tiang pancang tersebut antara lain:

- Pembuatan tiang pancang,
- Pendatangan dan penurunan tiang pancang.
- Penarikan dan pemasangan tiang pancang pada diesel hammer.
- Pemancangan tiang pancang,
- Penentuan kalendering atau final set.
- Pemotongan dan pengupasan tiang pancang.

Berdasarkan hal tersebut di atas maka dalam penelitian ini akan dianalisa kinerja mutu dan waktu pada pelaksanaan pemancangan tiang pancang

2. Pengumpulan dan Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berasal dari rekapitulasi hasil pemancangan tiang pancang pada proyek swakelola pembangunan gedung pendidikan di suatu daerah yang dilaksanakan pada tahun 2000, dengan batasan yang dibahas hanya pada kedalaman 12 – 15 meter dari permukaan tanah. Tipe tiang pancang yang digunakan adalah tipe TPC 32 A, yaitu Precast prestressed concrete pile dengan bentuk segitiga sama sisi (32 x 32 x 32) cm yang mempunyai kuat tekan beton 500 kg/cm². Alat pancang yang digunakan adalah diesel hammer tipe K 25 dengan berat palu pancang 2,5 ton.

Data yang diperoleh tersebut kemudian dianalisa dengan menggunakan program SPSS, dengan variabel yang dianalisis:

- a. Nilai final set (kalendering).
- b. Jumlah pukulan.
- c. Kedalaman tiang pancang dari permukaan tanah.

Loading test (uji beban langsung) dilakukan pada tiang pancang yang selesai dipancang yang mempunyai nilai final set terbesar, dalam arti bahwa tiang pancang tersebut mempunyai daya dukung yang paling kecil dibandingkan dengan tiang pancang lainnya. Jika hasil loading test menunjukkan tiang pancang tersebut aman, maka dapat disimpulkan bahwa keseluruhan tiang pancang tersebut juga aman.

Berdasarkan laporan akhir pelaksanaan pekerjaan pemancangan tiang pancang diketahui waktu yang digunakan untuk menyelesaikan seluruh pemancangan tiang pancang tersebut adalah 90 hari untuk 797 titik pancang,

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Pemancangan Tiang Pancang Pada Proyek Swakelola
Pembangunan Gedung Pendidikan (12 – 15 m)

No.	Final Set (cm)	Jumlah Pukulan	Kedalaman (m)
1	12,2	418	14,70
2	10,2	382	13,70
3	9,1	391	14,15
4	11,8	380	12,55
5	9,8	253	12,50
6	10	242	12,20
7	11,9	296	12,40
8	9,3	266	12,10
9	12	244	12,50
10	7,4	246	12,40
11	7,2	233	12,60
12	9	373	12,40
13	9,1	379	12,60
14	10,4	324	12,50
15	11,2	357	12,75
16	10,3	320	13,00
17	9,3	336	13,20
18	11,3	281	13,20
19	9,3	278	13,20
20	13,7	192	13,30
21	12,7	241	13,50
22	9,8	442	12,80
23	11,7	318	13,20
24	9,1	413	12,80
25	10	366	12,90
26	11	475	13,80
27	10,5	365	12,60
28	11,6	424	13,80
29	12	372	13,90
30	9,5	346	13,30
31	8	346	13,20
32	12,2	356	12,90
33	13	386	13,50
34	9,2	309	12,70
35	8,8	241	12,70
36	8,1	226	12,50
37	8	270	12,90
38	5,7	285	12,80
39	11,3	270	12,10
40	12,1	281	13,00
41	6,1	489	14,80
42	11,4	510	14,10
43	7,4	553	13,50
44	7,7	423	15,00
45	5,6	409	12,50
46	12	298	13,10

No.	Final Set (cm)	Jumlah Pukulan	Kedalaman (m)
47	11,80	280	12,80
48	6	234	12,40
49	12	457	13,60
50	11,5	402	13,10
51	9,9	390	13,40
52	10,8	312	13,20
53	13,2	407	13,20
54	13,2	375	13,80
55	11	475	13,60
56	12,1	478	13,20
57	10,9	408	14,00
58	10,3	376	13,60
59	9	397	13,10
60	11,1	442	12,40
61	12,2	452	12,20
62	11,1	378	12,20
63	8,5	494	12,10
64	8,9	423	12,10
65	8,4	507	12,50
66	9,3	489	12,30
67	10,2	479	12,20
68	9,1	501	12,70
69	10	434	12,20
70	10,3	347	12,40
71	9,1	445	13,50
72	10,1	309	13,30
73	9,7	441	13,00
74	10,3	333	13,00
75	10,4	382	12,20
76	13,9	525	12,60
77	12,1	539	12,50
78	7,6	308	12,10
79	6,5	386	12,70
80	12,7	470	12,60
81	9,9	748	13,00
82	9,5	757	13,75
83	11,5	755	13,50
84	10,5	670	12,30
85	9,7	567	12,10
86	10,5	350	12,40
87	11,4	373	13,00
88	11,7	414	12,60
89	10,7	441	13,40
90	11,9	466	12,70
91	10,2	345	12,80
92	9,7	396	13,20
93	9,9	669	13,70
94	12,3	451	12,50
95	10,5	519	13,00
96	12,9	539	13,50
97	10,2	501	13,00
98	10,7	525	13,10
99	10,7	550	13,00
100	10,3	558	13,20
101	8,8	570	12,20
102	8,4	515	13,00
103	10	464	12,50
104	6,9	603	12,70

No.	Final Set (cm)	Jumlah Pukulan	Kedalaman (m)
105	9,4	519	13,20
106	7,7	553	12,70
107	8,5	635	12,80
108	11,3	596	12,40
109	8	569	12,50
110	6,6	421	13,00
111	10,1	867	13,10
112	11,3	751	12,90
113	9	679	12,10
114	8,3	643	12,70
115	11,6	530	13,00
116	9,5	362	13,20
117	9,3	342	12,50
118	7,6	426	12,80
119	8,3	549	13,00
120	6,2	532	12,30
121	11,3	848	13,00
122	8,9	417	12,40
123	4,3	725	12,70
124	8,3	709	13,00
125	11,1	608	12,30
126	6,9	452	12,10
127	10,2	370	12,50
128	11	405	12,30
129	11,1	430	12,30
130	10,8	370	12,30
131	11,2	435	12,20
132	9,9	501	12,90
133	9,6	463	13,10
134	9,9	505	12,80
135	12,8	451	12,20
136	10,4	561	13,10
137	12,4	469	12,80
138	12,6	439	12,80
139	10,5	508	13,10
140	13,8	430	12,80
141	8,8	505	13,90
142	10,5	460	13,50
143	10,2	510	13,00
144	10	478	13,00
145	11	466	13,50
146	12,8	485	13,60
147	10,8	524	13,80
148	11,5	392	12,90
149	11,5	394	12,10
150	9,9	577	13,00
151	10,7	475	13,00
152	9,1	476	12,80
153	9,2	488	12,80
154	9,8	460	12,70
155	9,3	436	12,30
156	10,5	536	12,60
157	7,5	462	12,90
158	6,4	543	12,70
159	8,5	591	12,70
160	12,7	605	12,80
161	13	615	12,90
162	10,6	468	13,00

No.	Final Set (cm)	Jumlah Pukulan	Kedalaman (m)
163	10	268	13,00
164	9,3	334	13,00
165	10,5	487	13,00
166	9	497	12,80
167	9,8	524	13,00
168	8,3	427	12,50
169	9	463	13,20
170	10,1	476	13,00
171	9	535	13,30
172	8,7	605	13,80
173	10,2	580	13,80
174	8,9	588	13,90
175	8,4	525	13,20
176	10,4	578	13,90
177	10,2	562	13,40
178	9	568	13,30
179	9,1	566	13,80
180	7,3	460	13,50
181	8,3	408	13,50
182	10	370	12,50
183	10,5	396	12,50
184	10,2	506	13,40
185	10,1	505	13,30
186	7,5	515	13,00
187	9,3	575	13,00
188	9,5	526	12,80
189	5,3	831	13,30
190	9,9	540	13,30
191	8,9	590	13,40
192	8,8	605	13,00
193	10,4	503	13,00
194	10,3	534	13,00
195	8	610	13,80
196	9	485	12,50
197	8,2	407	12,40
198	7,5	362	12,50
199	10,5	576	12,30
200	11	508	13,70
201	10,7	766	13,50
202	8,1	430	12,20
203	9,2	585	14,50
204	10	535	13,90
205	9,1	624	14,40
206	9,4	518	13,60
207	9,2	695	12,60
208	11,5	530	12,50
209	8,3	549	13,00
210	7,5	527	13,30
211	12,0	534	13,20
212	8,4	475	12,40
213	7,3	342	12,20
214	5,2	443	12,50
215	7,4	467	12,60
216	6,9	665	12,50
217	11,1	478	13,50
218	9,6	574	13,20
219	10,5	559	12,90
220	10	489	13,30

No.	Final Set (cm)	Jumlah Pukulan	Kedalaman (m)
221	11,8	436	13,40
222	12	448	12,50

Berhubung satuan data pemancangan di atas tidak sama, maka harus dinormalisasikan (disamakan) lebih dulu satuannya dengan menggunakan rumus $X_{(x)} = (X_i - X_{rata-rata}) / \text{standar deviasi}$.

Dengan :

$X_{(x)}$ = data variabel X

X_i = data variabel X ke i

$X_{rata-rata}$ = rata-rata data variabel X

Sehingga diperoleh data pancang hasil normalisasi seperti Tabel 2. berikut ini:

Tabel 2. Data Pancang Normalisasi

No.	Final Set	Jumlah Pukulan	Kedalaman
1	1.3281	-0.38596	2.9718
2	0.1895	-0.68601	1.3401
3	-0.4367	-0.611	2.1559
4	1.1004	-0.70268	-0.7448
5	-0.0382	-1.76121	-0.8354
6	0.0756	-1.8529	-1.3793
7	1.1573	-1.40281	-1.0167
8	-0.3228	-1.65286	-1.5606
9	1.2142	-1.83623	-0.8354
10	-1.4045	-1.81956	-1.0167
11	-1.5183	-1.92791	-0.6541
12	-0.4936	-0.76103	-1.0167
13	-0.4367	-0.71102	-0.6541
14	0.3034	-1.16944	-0.8354
15	0.7588	-0.89439	-0.3822
16	0.2464	-1.20278	0.0710
17	-0.3228	-1.06942	0.4336
18	0.8157	-1.52784	0.4336
19	-0.3228	-1.55284	0.4336
20	2.1820	-2.26964	0.6149
21	1.6127	-1.86123	0.9775
22	-0.0382	-0.18592	-0.2915
23	1.0434	-1.21945	0.4336
24	-0.4367	-0.42763	-0.2915
25	0.0756	-0.81937	-0.1102
26	0.6449	0.089131	1.5214
27	0.3603	-0.82771	-0.6541
28	0.9865	-0.33595	1.5214
29	1.2142	-0.76936	1.7027
30	-0.2090	-0.98607	0.6149
31	-1.0629	-0.98607	0.4336
32	1.3281	-0.90272	-0.1102
33	1.7835	-0.65267	0.9775
34	-0.3798	-1.29446	-0.4728
35	-0.6075	-1.86123	-0.4728
36	-1.0060	-1.98626	-0.8354
37	-1.0629	-1.61952	-0.1102
38	-2.3723	-1.4945	-0.2915
39	0.8157	-1.61952	-1.5606
40	1.2711	-1.52784	0.0710
41	-2.1445	0.205819	3.3344
42	0.8726	0.380852	2.0653
43	-1.4045	0.739252	0.9775
44	-1.2337	-0.34428	3.6969

No.	Final Set	Jumlah Pukulan	Kedalaman
45	-2.4292	-0.46097	-0.8354
46	1.2142	-1.38614	0.2523
47	1.1004	-1.53617	-0.2915
48	-2.2015	-1.91958	-1.0167
49	1.2142	-0.0609	1.1588
50	0.9296	-0.51932	0.2523
51	0.0187	-0.61933	0.7962
52	0.5311	-1.26946	0.4336
53	1.8973	-0.47764	0.4336
54	1.8973	-0.74436	1.5214
55	0.6449	0.089131	1.1588
56	1.2711	0.114135	0.4336
57	0.5880	-0.46931	1.8840
58	0.2464	-0.73602	1.1588
59	-0.4936	-0.56099	0.2523
60	0.7019	-0.18592	-1.0167
61	1.3281	-0.10257	-1.3793
62	0.7019	-0.71935	-1.3793
63	-0.7783	0.247493	-1.5606
64	-0.5506	-0.34428	-1.5606
65	-0.8352	0.355847	-0.8354
66	-0.3228	0.205819	-1.1980
67	0.1895	0.12247	-1.3793
68	-0.4367	0.305838	-0.4728
69	0.0756	-0.2526	-1.3793
70	0.2464	-0.97773	-1.0167
71	-0.4367	-0.16092	0.9775
72	0.1326	-1.29446	0.6149
73	-0.0951	-0.19426	0.0710
74	0.2464	-1.09442	0.0710
75	0.3034	-0.68601	-1.3793
76	2.2958	0.505875	-0.6541
77	1.2711	0.622563	-0.8354
78	-1.2906	-1.30279	-1.5606
79	-1.9168	-0.65267	-0.4728
80	1.6127	0.047456	-0.6541
81	0.0187	2.364554	0.0710
82	-0.2090	2.439568	1.4308
83	0.9296	2.422898	0.9775
84	0.3603	1.714433	-1.1980
85	-0.0951	0.85594	-1.5606
86	0.3603	-0.95273	-1.0167
87	0.8726	-0.76103	0.0710
88	1.0434	-0.4193	-0.6541
89	0.4741	-0.19426	0.7962
90	1.1573	0.014117	-0.4728
91	0.1895	-0.9944	-0.2915
92	-0.0951	-0.56933	0.4336
93	0.0187	1.706098	1.3401
94	1.3850	-0.11091	-0.8354
95	0.3603	0.455866	0.0710
96	1.7266	0.622563	0.9775
97	0.1895	0.305838	0.0710
98	0.4741	0.505875	0.2523
99	0.4741	0.714247	0.0710
100	0.2464	0.780926	0.4336
101	-0.6075	0.880945	-1.3793
102	-0.8352	0.422526	0.0710

No.	Final Set	Jumlah Pukulan	Kedalaman
103	0.0756	-0.00255	-0.8354
104	-1.6891	1.155996	-0.4728
105	-0.2659	0.455866	0.4336
106	-1.2337	0.739252	-0.4728
107	-0.7783	1.422712	-0.2915
108	0.8157	1.097651	-1.0167
109	-1.0629	0.87261	-0.8354
110	-1.8599	-0.36095	0.0710
111	0.8157	2.389558	-0.1102
112	-0.4936	1.789447	-1.5606
113	-0.8921	1.489391	-0.4728
114	0.9865	0.547549	0.0710
115	-0.2090	-0.85271	0.4336
116	-0.3228	-1.01941	-0.8354
117	-1.2906	-0.31928	-0.2915
118	-0.8921	0.705912	0.0710
119	-2.0876	0.564219	-1.1980
120	0.8157	3.198042	0.0710
121	-0.5506	-0.39429	-1.0167
122	-3.1693	2.172851	-0.4728
123	-0.8921	2.039493	0.0710
124	0.7019	1.19767	-1.1980
125	-1.6891	-0.10257	-1.5606
126	0.1895	-0.78603	-0.8354
127	0.6449	-0.49431	-1.1980
128	0.7019	-0.28594	-1.1980
129	0.5311	-0.78603	-1.1980
130	0.7588	-0.24426	-1.3793
131	0.0187	0.305838	-0.1102
132	-0.1521	-0.01089	0.2523
133	0.0187	0.339177	-0.2915
134	1.6696	-0.11091	-1.3793
135	0.3034	0.805931	0.2523
136	1.4419	0.039121	-0.2915
137	1.5558	-0.21093	-0.2915
138	0.3603	0.364182	0.2523
139	2.2389	-0.28594	-0.2915
140	-0.6075	0.339177	1.7027
141	0.3603	-0.03589	0.9775
142	0.1895	0.380852	0.0710
143	0.0756	0.114135	0.0710
144	0.6449	0.014117	0.9775
145	1.6696	0.17248	1.1588
146	0.5311	0.49754	1.5214
147	0.9296	-0.60266	-0.1102
148	0.9296	-0.58599	-1.5606
149	0.0187	0.939289	0.0710
150	0.4741	0.089131	0.0710
151	-0.4367	0.097466	-0.2915
152	-0.3798	0.197484	-0.2915
153	-0.0382	-0.03589	-0.4728
154	-0.3228	-0.23593	-1.1980
155	0.3603	0.597559	-0.6541
156	-1.3476	-0.01922	-0.1102
157	-1.9738	0.655903	-0.4728
158	-0.7783	1.055977	-0.4728
159	1.6127	1.172665	-0.2915
160	1.7835	1.256014	-0.1102

No.	Final Set	Jumlah Pukulan	Kedalaman
161	0.4172	0.030787	0.0710
162	0.0756	-1.63619	0.0710
163	-0.3228	-1.08609	0.0710
164	0.3603	0.189149	0.0710
165	-0.4936	0.272498	-0.2915
166	-0.0382	0.49754	0.0710
167	-0.8921	-0.31094	-0.8354
168	-0.4936	-0.01089	0.4336
169	0.1326	0.097466	0.0710
170	0.0756	-0.22759	0.0710
171	-0.4936	0.589224	0.6149
172	-0.6644	1.172665	1.5214
173	0.1895	0.964293	1.5214
174	-0.5506	1.030972	1.7027
175	-0.8352	0.505875	0.4336
176	0.3034	0.947624	1.7027
177	0.1895	0.814265	0.7962
178	-0.4936	0.864275	0.6149
179	-0.4367	0.847605	1.5214
180	-1.4614	-0.03589	0.9775
181	-0.8921	-0.46931	0.9775
182	0.0756	-0.78603	-0.8354
183	0.3603	-0.56933	-0.8354
184	0.1895	0.347512	0.7962
185	0.1326	0.339177	0.6149
186	-1.3476	0.422526	0.0710
187	-0.3228	0.922619	0.0710
188	-0.2090	0.51421	-0.2915
189	-2.6000	3.056349	0.6149
190	0.0187	0.630898	0.6149
191	-0.5506	1.047642	0.7962
192	-0.6075	1.172665	0.0710
193	0.3034	0.322507	0.0710
194	0.2464	0.580889	0.0710
195	-1.0629	1.21434	1.5214
196	-0.4936	0.17248	-0.8354
197	-0.9491	-0.47764	-1.0167
198	-1.3476	-0.85271	-0.8354
199	0.3603	0.930954	-1.1980
200	0.6449	0.364182	1.3401
201	0.4741	2.514581	0.9775
202	-1.0060	-0.28594	-1.3793
203	-0.3798	1.005968	2.7905
204	0.0756	0.589224	1.7027
205	-0.4367	1.331028	2.6092
206	-0.2659	0.447531	1.1588
207	-0.3798	1.922805	-0.6541
208	0.9296	0.547549	-0.8354
209	-0.8921	0.705912	0.0710
210	-1.3476	0.522545	0.6149
211	1.2142	0.580889	0.4336
212	-0.8352	0.089131	-1.0167
213	-1.4614	-1.01941	-1.3793
214	-2.6569	-0.17759	-0.8354
215	-1.4045	0.022452	-0.6541
216	-1.6891	1.672758	-0.8354
217	0.7019	0.114135	0.9775
218	-0.1521	0.914284	0.4336

No.	Final Set	Jumlah Pukulan	Kedalaman
219	0.3603	0.789261	-0.1102
220	0.0756	0.205819	0.6149
221	1.1004	-0.23593	0.7962
222	1.2142	-0.13591	-0.8354

Setelah dinormalisasikan, selanjutnya data pancang hasil normalisasi tersebut di cut off dengan maksud meniadakan data pancang yang ekstrim. Data cut off pemancangan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Data Cut Off Pemancangan

No	Final Set	Jumlah Pukulan	Kedalaman
1	0.1895	-0.686	1.3401
2	1.1004	-0.7027	-0.7448
3	-0.0382	-1.7612	-0.8354
4	0.0756	-1.8529	-1.3793
5	1.1573	-1.4028	-1.0167
6	-0.3228	-1.6529	-1.5606
7	1.2142	-1.8362	-0.8354
8	-1.4045	-1.8196	-1.0167
9	-1.5183	-1.9279	-0.6541
10	-0.4936	-0.761	-1.0167
11	-0.4367	-0.711	-0.6541
12	0.3034	-1.1694	-0.8354
13	0.7588	-0.8944	-0.3822
14	0.2464	-1.2028	0.071
15	-0.3228	-1.0694	0.4336
16	0.8157	-1.5278	0.4336
17	-0.3228	-1.5528	0.4336
18	2.182	-2.2696	0.6149
19	1.6127	-1.8612	0.9775
20	-0.0382	-0.1859	-0.2915
21	1.0434	-1.2194	0.4336
22	-0.4367	-0.4276	-0.2915
23	0.0756	-0.8194	-0.1102
24	0.6449	0.0891	1.5214
25	0.3603	-0.8277	-0.6541
26	0.9865	-0.3359	1.5214
27	1.2142	-0.7694	1.7027
28	-0.209	-0.9861	0.6149
29	-1.0629	-0.9861	0.4336
30	1.3281	-0.9027	-0.1102
31	1.7835	-0.6527	0.9775
32	-0.3798	-1.2945	-0.4728
33	-0.6075	-1.8612	-0.4728
34	-1.006	-1.9863	-0.8354
35	-1.0629	-1.6195	-0.1102
36	-2.3723	-1.4945	-0.2915
37	0.8157	-1.6195	-1.5606
38	1.2711	-1.5278	0.071
39	-1.4045	0.7393	0.9775
40	-2.4292	-0.461	-0.8354
41	1.2142	-1.3861	0.2523
42	1.1004	-1.5362	-0.2915
43	-2.2015	-1.9196	-1.0167
44	1.2142	-0.0609	1.1588
45	0.9296	-0.5193	0.2523
46	0.0187	-0.6193	0.7962

No	Final Set	Jumlah Pukulan	Kedalaman
47	0.5311	-1.2695	0.4336
48	1.8973	-0.4776	0.4336
49	1.8973	-0.7444	1.5214
50	0.6449	0.0891	1.1588
51	1.2711	0.1141	0.4336
52	0.588	-0.4693	1.884
53	0.2464	-0.736	1.1588
54	-0.4936	-0.561	0.2523
55	0.7019	-0.1859	-1.0167
56	1.3281	-0.1026	-1.3793
57	0.7019	-0.7194	-1.3793
58	-0.7783	0.2475	-1.5606
59	-0.5506	-0.3443	-1.5606
60	-0.8352	0.3558	-0.8354
61	-0.3228	0.2058	-1.198
62	0.1895	0.1225	-1.3793
63	-0.4367	0.3058	-0.4728
64	0.0756	-0.2526	-1.3793
65	0.2464	-0.9777	-1.0167
66	-0.4367	-0.1609	0.9775
67	0.1326	-1.2945	0.6149
68	-0.0951	-0.1943	0.071
69	0.2464	-1.0944	0.071
70	0.3034	-0.686	-1.3793
71	2.2958	0.5059	-0.6541
72	1.2711	0.6226	-0.8354
73	-1.2906	-1.3028	-1.5606
74	-1.9168	-0.6527	-0.4728
75	1.6127	0.0475	-0.6541
76	0.0187	2.3646	0.071
77	-0.209	2.4396	1.4308
78	0.9296	2.4229	0.9775
79	0.3603	1.7144	-1.198
80	-0.0951	0.8559	-1.5606
81	0.3603	-0.9527	-1.0167
82	0.8726	-0.761	0.071
83	1.0434	-0.4193	-0.6541
84	0.4741	-0.1943	0.7962
85	1.1573	0.0141	-0.4728
86	0.1895	-0.9944	-0.2915
87	-0.0951	-0.5693	0.4336
88	0.0187	1.7061	1.3401
89	1.385	-0.1109	-0.8354
90	0.3603	0.4559	0.071
91	1.7266	0.6226	0.9775
92	0.1895	0.3058	0.071
93	0.4741	0.5059	0.2523
94	0.4741	0.7142	0.071
95	0.2464	0.7809	0.4336
96	-0.6075	0.8809	-1.3793
97	-0.8352	0.4225	0.071
98	0.0756	-0.0026	-0.8354
99	-1.6891	1.156	-0.4728
100	-0.2659	0.4559	0.4336
101	-1.2337	0.7393	-0.4728
102	-0.7783	1.4227	-0.2915
103	0.8157	1.0977	-1.0167
104	-1.0629	0.8726	-0.8354

No	Final Set	Jumlah Pukulan	Kedalaman
105	-1.8599	-0.361	0.071
106	0.8157	2.3896	-0.1102
107	-0.4936	1.7894	-1.5606
108	-0.8921	1.4894	-0.4728
109	0.9865	0.5475	0.071
110	-0.209	-0.8527	0.4336
111	-0.3228	-1.0194	-0.8354
112	-1.2906	-0.3193	-0.2915
113	-0.8921	0.7059	0.071
114	-2.0876	0.5642	-1.198
115	0.8157	3.198	0.071
116	-0.5506	-0.3943	-1.0167
117	-3.1693	2.1729	-0.4728
118	-0.8921	2.0395	0.071
119	0.7019	1.1977	-1.198
120	-1.6891	-0.1026	-1.5606
121	0.1895	-0.786	-0.8354
122	0.6449	-0.4943	-1.198
123	0.7019	-0.2859	-1.198
124	0.5311	-0.786	-1.198
125	0.7588	-0.2443	-1.3793
126	0.0187	0.3058	-0.1102
127	-0.1521	-0.0109	0.2523
128	0.0187	0.3392	-0.2915
129	1.6696	-0.1109	-1.3793
130	0.3034	0.8059	0.2523
131	1.4419	0.0391	-0.2915
132	1.5558	-0.2109	-0.2915
133	0.3603	0.3642	0.2523
134	2.2389	-0.2859	-0.2915
135	-0.6075	0.3392	1.7027
136	0.3603	-0.0359	0.9775
137	0.1895	0.3809	0.071
138	0.0756	0.1141	0.071
139	0.6449	0.0141	0.9775
140	1.6696	0.1725	1.1588
141	0.5311	0.4975	1.5214
142	0.9296	-0.6027	-0.1102
143	0.9296	-0.586	-1.5606
144	0.0187	0.9393	0.071
145	0.4741	0.0891	0.071
146	-0.4367	0.0975	-0.2915
147	-0.3798	0.1975	-0.2915
148	-0.0382	-0.0359	-0.4728
149	-0.3228	-0.2359	-1.198
150	0.3603	0.5976	-0.6541
151	-1.3476	-0.0192	-0.1102
152	-1.9738	0.6559	-0.4728
152	-0.7783	1.056	-0.4728
153	1.6127	1.1727	-0.2915
154	1.7835	1.256	-0.1102
156	0.4172	0.0308	0.071
157	0.0756	-1.6362	0.071
158	-0.3228	-1.0861	0.071
159	0.3603	0.1891	0.071
160	-0.4936	0.2725	-0.2915
161	-0.0382	0.4975	0.071
162	-0.8921	-0.3109	-0.8354

No	Final Set	Jumlah Pukulan	Kedalaman
163	-0.4936	-0.0109	0.4336
164	0.1326	0.0975	0.071
165	0.0756	-0.2276	0.071
166	-0.4936	0.5892	0.6149
167	-0.6644	1.1727	1.5214
168	0.1895	0.9643	1.5214
169	-0.5506	1.031	1.7027
170	-0.8352	0.5059	0.4336
171	0.3034	0.9476	1.7027
172	0.1895	0.8143	0.7962
173	-0.4936	0.8643	0.6149
174	-0.4367	0.8476	1.5214
175	-1.4614	-0.0359	0.9775
176	-0.8921	-0.4693	0.9775
177	0.0756	-0.786	-0.8354
178	0.3603	-0.5693	-0.8354
179	0.1895	0.3475	0.7962
180	0.1326	0.3392	0.6149
181	-1.3476	0.4225	0.071
182	-0.3228	0.9226	0.071
183	-0.209	0.5142	-0.2915
184	-2.6	3.0563	0.6149
185	0.0187	0.6309	0.6149
186	-0.5506	1.0476	0.7962
187	-0.6075	1.1727	0.071
188	0.3034	0.3225	0.071
189	0.2464	0.5809	0.071
190	-1.0629	1.2143	1.5214
191	-0.4936	0.1725	-0.8354
192	-0.9491	-0.4776	-1.0167
193	-1.3476	-0.8527	-0.8354
194	0.3603	0.931	-1.198
195	0.6449	0.3642	1.3401
196	0.4741	2.5146	0.9775
197	-1.006	-0.2859	-1.3793
198	0.0756	0.5892	1.7027
199	-0.2659	0.4475	1.1588
200	-0.3798	1.9228	-0.6541
201	0.9296	0.5475	-0.8354
202	-0.8921	0.7059	0.071
203	-1.3476	0.5225	0.6149
204	1.2142	0.5809	0.4336
205	-0.8352	0.0891	-1.0167
206	-1.4614	-1.0194	-1.3793
207	-2.6569	-0.1776	-0.8354
208	-1.4045	0.0225	-0.6541
209	-1.6891	1.6728	-0.8354
210	0.7019	0.1141	0.9775
211	-0.1521	0.9143	0.4336
212	0.3603	0.7893	-0.1102
213	0.0756	0.2058	0.6149
214	1.1004	-0.2359	0.7962
215	1.2142	-0.1359	-0.8354

Data *cut off* pemancangan tersebut selanjutnya dianalisa dengan program SPSS untuk variabel final set, jumlah pukulan terhadap kedalaman pemancangan.

Data Loading Test

Loading test dilakukan dengan pembebanan 40 ton (100% beban rencana) dan 80 ton (200% beban rencana). Rencana pembebanan dilakukan dalam berbagai *cycle* pembebanan, yaitu :

- Cycle I* : 0% - 25% - 50% - 25% - 0%.
- Cycle II* : 0% - 50% - 75% - 100% - 75% - 50% - 0%.
- Cycle III* : 0% - 50% - 100% - 125% - 150% - 125% - 100% - 50% - 0%.
- Cycle IV* : 0% - 50% - 100% - 150% - 175% - 200% - 150% - 100% - 50% - 0%.

Loading test dilakukan pada 3 buah tiang pancang dan berdasarkan uji beban langsung diperoleh hasil :

Tabel 4. Hasil Loading Test 1

Penurunan	Beban Rencana 40 T (mm)	Beban Rencana 80 T (mm)
Total	3,65	9,38
Tetap	0,69	1,43
Elastis	2,96	7,95

Tabel 5. Hasil Loading Test 2

Penurunan	Beban Rencana 40 T (mm)	Beban Rencana 80 T (mm)
Total	1,58	5,89
Tetap	0,58	2,05
Elastis	1,00	3,84

Loading test 2 dilakukan pada tiang pancang yang mempunyai kedalaman 12,6 m dan final set 13,9 mm.

Tabel 6. Hasil Loading Test 3

Penurunan	Beban Rencana 40 T (mm)	Beban Rencana 80 T (mm)
Total	0,66	2,03
Tetap	0,37	0,83
Elastis	0,29	1,20

Loading test 3 dilakukan pada tiang pancang yang mempunyai kedalaman 6,8 m dan final set 12,7 mm.

3. Pembahasan

A. Analisa Mutu

- Berdasarkan laporan akhir pelaksanaan pekerjaan pemancangan tiang pancang diperoleh nilai final set terbesar yaitu 13,9 cm yang lebih kecil dari yang disyaratkan (14 cm). Penentuan besarnya nilai final set yang disyaratkan tersebut diperoleh dari hasil perhitungan dengan formula Kobelco dengan faktor aman 3.
- Berdasarkan *loading test* menunjukkan bahwa semua tiang mampu memikul beban rencana dengan memuaskan (mempunyai daya dukung sesuai dengan rencana), karena penurunan total yang diperoleh (9,38 mm, 5,89 mm dan 2,03 mm) masih memenuhi syarat (< 10 mm).

B. Analisa Waktu

Untuk mengetahui apakah ada pengaruh final set (X_1), jumlah pukulan (X_2) terhadap kedalaman (Y), maka dilakukan analisis data dengan menggunakan bantuan SPSS for Windows Versi 14,0. Analisis yang digunakan antara lain :

1) Uji Multikolinearitas

Uji multikoleniaritas dengan SPSS dilakukan dengan uji regresi, dengan nilai patokan VIF (*Variance Inflation Factor*) dan koefisien korelasi antar variabel bebas. Kriteria yang digunakan adalah jika nilai VIF di sekitar angka 1 atau memiliki toleransi mendekati 1, maka tidak terdapat masalah multikolinearitas. Berdasarkan analisa dengan SPSS untuk uji multikolinearitas diperoleh hasil seperti tabel 6. berikut ini.

Tabel 6. Uji Multikolinearitas

Coefficients(a)							
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics
		B	Std. Error	Beta			Tolerance VIF
1	(Constant)	-.092	.058		-1.594	.113	
	Final Set	.155	.058	.177	2.651	.009	.987 1.013
	Jumlah Pukulan	.189	.058	.219	3.285	.001	.987 1.013

a. Dependent Variable: Kedalaman

Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat multikolinearitas antar variabel bebas dalam model regresi, karena nilai VIF dan tolerance mendekati 1.

2) Uji Autokorelasi

Autokorelasi biasanya terjadi apabila pengukuran variabel dilakukan dalam interval waktu tertentu. Untuk mendeteksinya digunakan uji statistik Durbin-Watson, dengan ketentuan bahwa autokorelasi terjadi jika nilai $d = 0$. Berdasarkan analisa dengan SPSS untuk uji autokorelasi diperoleh hasil seperti tabel 5.2 berikut ini.

Tabel 7. Uji Autokorelasi

Model Summary(b)

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.265(a)	.070	.062	.8430564	1.176

a. Predictors: (Constant), Jumlah Pukulan, Final Set
b. Dependent Variable: Kedalaman

Dari hasil output SPSS diperoleh nilai $d = 1,176 > 0$, dengan demikian tidak terdapat autokorelasi antara variabel-variabel bebas

3) Regresi Berganda

Dari hasil analisis data, diperoleh nilai konstan - 0,092 dan nilai koefisien regresi (X_1 dan X_2) masing-masing adalah 0,155 dan 0,189 seperti yang disajikan pada tabel 5.3 berikut ini.

Tabel 8. Regresi Berganda

Coefficients(a)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.092	.058		-1.594	.113
	Final Set	.155	.058	.177	2.651	.009
	Jumlah Pukulan	.189	.058	.219	3.285	.001

a. Dependent Variable: Kedalaman

Sehingga pengaruh final set final set (X_1), jumlah pukulan (X_2) terhadap kedalaman pemancangan (Y) dapat dinyatakan dengan persamaan regresi sebagai berikut : $Y = - 0,092 + 0,155 X_1 + 0,189 X_2$.

Setelah persamaan regresinya diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai koefisien determinan untuk regresi berganda (R^2) yang sudah disesuaikan atau tertulis **Adjusted R Square**, karena telah disesuaikan dengan jumlah variabel yang digunakan dalam penelitian. Koefisien determinan ini menunjukkan seberapa besar pengaruh final set, jumlah pukulan dan kedalaman dapat menjelaskan variabel waktu pemancangan dalam bentuk persen. Berdasarkan output SPSS besarnya nilai koefisien determinan adalah 6,2 % (nilai *Adjusted R Square*) seperti pada tabel 5.4 berikut ini.

Tabel 9. Tabel Koefisien Determinan

Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	.265(a)	.070	.062	.8430564

a. Predictors: (Constant), Jumlah Pukulan, Final Set

Nilai koefisien determinan tersebut dengan Adjusted R Square sebesar 0,062 yang berarti sebesar 6,2 % perubahan waktu pemancangan dapat dijelaskan oleh perubahan atau variasi dari variabel final set, jumlah pukulan dan kedalaman, sedangkan sisanya 93,8 % ditentukan oleh faktor lain yang tidak termasuk dalam variabel-variabel tersebut di atas, antara lain : daya dukung tanah, kedalaman tanah keras, jenis tanah, berat palu pancang, tipe tiang pancang, susunan tiang pancang, dan jumlah tiang pancang dalam satu *pile cap*.

Untuk membuktikan apakah pengaruh tersebut cukup signifikan atau tidak, dilakukan uji hipotesis (uji signifikansi) melalui uji F pada taraf 5 %, dengan ketentuan jika nilai $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima, sebaliknya jika nilai $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak. Dengan : H_0 = tidak ada pengaruh yang signifikan masing-masing variabel, H_1 = ada pengaruh yang signifikan masing-masing variabel. Nilai F_{tabel} pada taraf signifikan 5 % dengan db pembilang 3 dan db penyebut 215 adalah $\approx 2,65$. Besarnya nilai F_{hitung} dapat dilihat tabel 5.5 berikut ini.

Tabel 10. Anova

ANOVA(b)

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	11.401	2	5.700	8.020	.000(a)
	Residual	150.678	212	.711		
	Total	162.078	214			

a. Predictors: (Constant), Jumlah Pukulan, Final Set

b. Dependent Variable: Kedalaman

Ternyata nilai F_{hitung} lebih besar dari nilai F_{tabel} ($8,020 > 2,65$), artinya **H_0 ditolak dan H_1 diterima**. Dengan demikian variabel final set, jumlah pukulan dan kedalaman tidak mempunyai pengaruh yang signifikan (nyata) terhadap waktu pemancangan.

4. Kesimpulan

A. Analisa Kuantitatif

1. Tidak terdapat multikolinearitas antar variabel bebas dalam model regresi, karena nilai VIF dan tolerance mendekati 1.
2. Tidak terdapat autokorelasi antara variabel-variabel bebas karena nilai $d = 1,176 > 0$.
3. Diperoleh persamaan regresi sebagai berikut : $Y = -0,092 + 0,155 X_1 + 0,189 X_2$.
4. Nilai koefisien determinan tersebut menunjukkan bahwa secara simultan variabel final set, jumlah pukulan dan kedalaman dapat menjelaskan variabel waktu pemancangan hanya sebesar 6,2 % saja, sedangkan sisanya 93,8 % ditentukan oleh faktor lain yang tidak termasuk dalam variabel-variabel bebas.
5. Ketidak pastian hasil pemancangan bisa besar karena disebabkan kondisi tanah dan alat pancang.

B. Analisa Kualitatif

Berdasarkan data hasil pancang menunjukkan hal-hal sebagai berikut :

1. Sebanyak 106 (47,75 %) pemancangan tiang pancang menghasilkan final set > 10 cm.
2. Kedalaman pemancangan interval (12 – 13) m sebanyak 63,06 %, interval (13 – 14) m sebanyak 33,78 % dan interval (14 – 15) m sebanyak 3,16 %.
3. Kedalaman pemancangan > 13 m dengan final set < 10 cm sebanyak 15,77 %.
4. Jumlah pukulan pemancangan > 400 pukulan sebanyak 64,86 %.
5. Rata-rata pemancangan tiang pancang/hari = $797 \text{ tiang} / 90 \text{ hari} = 8,85 \text{ tiang/hari}$

6. Saran

Untuk mendapatkan hasil analisa yang lebih teliti sebaiknya :

1. Disertakan faktor-faktor lain yang tidak termasuk dalam variabel-variabel bebas, antara lain : daya dukung tanah, kedalaman tanah keras, jenis tanah, berat palu pancang, tipe tiang pancang dan jumlah tiang pancang dalam satu *pile cap*.
2. Analisis dilakukan terhadap keseluruhan hasil pemancangan tiang pancang.
3. Perlu analisis perbedaan *final set* bila dalam grup yang berdekatan menunjukkan lokasi tersebut masih belum tanah keras yang sesungguhnya kemungkinan karena batu.
4. Kondisi tanah harus dilakukan secara detail dan titik pengambilan sampel harus banyak, sehingga perbedaan kondisi struktur tanah dapat dianalisis untuk diselesaikan dengan alat pancang dan dimensi panjang yang tepat

Ucapan Terimakasih

Terima kasih kepada Fakultas Teknik Universitas Suryakancana yang telah menjadi wadah bagi para peneliti untuk mengembangkan penelitian jurnal ini. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang besar bagi kemajuan ilmu pengetahuan di Indonesia.

Referensi

- [1] American Society For Testing And Materials (1994): Standard Test Method For Piles Under Static Axial Compressive Load.
- [2] Bowles, Joseph dan Silaban, Pantur (1984): Analisa dan Disain Pondasi, Erlangga
- [3] Kasturi, Silvia dan Iskandar, Rudi: Analisa Kapasitas Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal Dengan Metode Analitis dan Metode Elemen Hingga, Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara
- [4] Laboratorium Mekanika Tanah, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta (2000): Laporan Penyelidikan Tanah Untuk Gedung Kuliah dan Kantor Fakultas Kampus Terpadu, UMY.
- [5] Limanto, Sentosa (2009): Analisis Produktivitas Pemancangan Tiang Pancang Pada Bangunan Tinggi Apartemen, Seminar Nasional 2009 – Jurusan Teknik Sipil, FT-UKM, 15 Agustus 2009
- [6] Limanto, Sentosa: Analisa Produktivitas Pemancangan Steel Casing Pada Bored Pile Jembatan Suramadu Bentang Main Bridge, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya
- [7] Limanto, Sentosa: Evaluasi Pemancangan Tekan Pada Bangunan Tinggi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Petra Surabaya

- [8] PT. Pakubumi Semesta (2000): Laporan Pekerjaan Compression Loading Test Proyek Pengembangan Kampus UMY
- [9] Purwanto, Dwi : Uji Tiang Pancang Beton Prategang Menggunakan Standar Uji JIS A 5335, Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur, BPPT
- [10] Putra, Hendri Gusti: Pertimbangan Dalam Pemilihan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Dengan Beberapa Metode (Statik, Dinamik, Tes PDA), Jurnal Rekayasa Sipil, Volume 4 No. 2, Oktober 2008
- [11] Quedarusman, George Peter, Balamba, S, Ticoh, J. H, Sarajar, A. N: Analisa Kelelahan Struktur Pada Sambungan Antar Tiang Pancang Akibat Beban Horizontal, Jurnal Sipil Statik, Vol. 1 No. 2, Januari 2013 (141 – 144)
- [12] Sardjono (1988): Pondasi Tiang Pancang, Sinar Wijaya
- [13] Siregar, R, Christina dan Iskandar, Rudi: Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang Secara Analitis Pada Proyek GBI Bethel Medan, Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara
- [14] SPSS Inc (2003): SPSS for Windows 14.0
- [15] SPSS Inc (2003): SPSS 14.0 Brief Guide
- [16] Sudjana (2005): Metoda Statistika, Tarsito
- [17] Sulisty, Joko (2012): 6 Hari Jago SPSS 17, Cakrawala
- [18] Tambunan, Jhonson: Studi Analisa Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang, Jurnal Rancang Sipil, Volume 1 Nomor 1, Desember 2012
- [19] Tim Swakelola Manajemen Konstruksi UMY (2000): Laporan Harian Pengawasan Pekerjaan Tiang Pancang.
- [20] Tim Swakelola Manajemen Konstruksi UMY (2000): Laporan Akhir Pelaksanaan Pekerjaan Pemancangan Tiang Pancang.
- [21] Utami, Gati Sri dan Laksono, Hendro: Pemilihan Tipe Pondasi Dalam Berdasarkan Lokasi dan Biaya Total Struktur Pondasi Untuk Bangunan 4 Lantai, Jurnal Rekayasa Perencanaan, Vol. 2 No. 2, Februari 2005