STUDI KUAT PONDASI EKSISTING GEDUNG KULIAH JURUSAN TEKNIK MESIN POLITEKNIK NEGERI MALANG DENGAN MEMPERHITUNGKAN KUAT KAPASITAS KOLOM YANG TERPASANG

Ike Dwi Cahyani
Dosen Pembimbing :
Ir. Pujo Priyono, MT[1] ; Ilanka Cahya Dewi, ST., MT[2]
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia
Email : ikedwicahyani201@gmail.com

Abstrak

Pondasi adalah bagian terpenting dalam suatu bangunan yang memikul beban struktur yang berdiri di atasnya sehingga harus kuat dan kokoh. Beban yang diterima pondasi, diteruskan sampai ke lapisan tanah di bawahnya. Kemampuan pondasi memikul beban disebut daya dukung pondasi. Pembangunan Gedung Kuliah Jurusan Teknik Mesin POLINEMA terdiri dari 8 lantai dengan rincian 8 lantai ke atas dan 2 lantai basement dengan struktur atas adalah struktur beton dan lantai dari beton. Dari hasil pengujian pengeboran tanah keras terdapat pada kedalaman 16 sampai 18 meter, pengambilan sempel menggunakan SPT (Standar Penetration Test). Struktur bawah menggunakan pondasi Bored Pile dengan kedalaman 14 meter serta pelat basement untuk menahan tanah dibawahnya pada kedalaman 10 meter. Data-data yang dibutuhkan dalam tugas akhir ini adalah data Tanah, Data Mutu bahan, data material.Analisis kapasitas kolom pada tiap-tiap penampang kolom mengalami kondisi terkendali tekan dan analisis kapasitas penampang kolom serta perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang bahwa distribusi kapasitas beban tiap-tiap kolom eksisting terhadap pondasi pada pembangunan Gedung Kuliah Politeknik Negeri Malang masih memenuhi.

Kata kunci : Pondasi, Standart penetration test, terkendali tekan

1. PENDAHULUAN

Pemerintah Kabupaten Malang melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat berupaya meningkatkan pelayanan terhadap masyarakat melalui kegiatan Manajemen Konstruksi Pembangunan Gedung Kuliah Laboratorium Dan Bengkel Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Pemerintah Daerah Kabupaten Malang ingin mewujudkan suatu sarana dan prasarana fisik gedung pelayanan lembaga legislatife baik secara kualitas maupun kuantitas yang diharapkan mampu menciptakan suasana kerja dan pelayanan kepada masyarakat yang nyaman. Setiap bangunan maupun sarana prasarana lainnya harus diwujudkan dengan sebaik-baiknya sehingga mampu memenuhi secara optimal fungsi ruang / bangunannya, supaya dapat sebagai teladan bagi lingkungannya dan dapat memenuhi kriteria teknis yang layak dari segi mutu, biaya, dan kriteria administrasi.Penulis menjadikan proyek Pembangunan Gedung Kuliah Jurusan Teknik Mesin POLINEMA sebagai bahan penelitian yang terdiri dari 8 lantai dengan rincian 8 lantai ke atas dan 2 lantai basement dengan struktur atas adalah struktur beton dan lantai dari beton. Dari hasil pengujian pengeboran tanah keras terdapat pada kedalaman 16 sampai 18 meter, pengambilan sempel menggunakan SPT (Standar Penetration

Test). Struktur bawah menggunakan pondasi Bored Pile dengan kedalaman 14 meter serta pelat basement untuk menahan tanah dibawahnya pada kedalaman 10 meter. Berkaitan dengan hal tersebut penulis meneliti kemampuan pondasi dengan memperhitungkan kuat kapasitas kolom eksisting pada proyek Pembangunan Gedung Kuliah Jurusan Teknik Mesin POLINEMA.

Perencanaan suatu bangunan meliputi perencanaan bangunan atas dan perencanaan bangunan bawah, perencanaan bangunan atas meliputi bagian struktur dari bangunan yang ada diatas permukaan tanah seperti kerangka pemikul bangunan tersebut. Sedangkan untuk bangunan bawah adalah bagian bangunan yang ada di bawah permukaan tanah, dalam hal ini bangunan yang dimaksud adalah pondasi. Pondasi berfungsi untuk mendukung seluruh beban bangunan dan meneruskan beban bangunan tersebut kedalam tanah dibawahnya. Suatu sistem pondasi harus dapat menjamin, harus mampu mendukung beban bangunan diatasnya, termasuk gaya-gaya luar seperti gaya angin, gempa dan lain-lain. Bangunan bertingkat tinggi didukung oleh pondasi dalam, seperti pondasi tiang pancang atau pondasi sumuran. Tetapi banyak juga bangunan bertingkat yang saat ini didukung oleh pondasi dangkal seperti pondasi rakit. Pondasi ini berupa plat beton besar yang berfungsi meneruskan beban melalui sekumpulan kolom atau dinding ke lapisan tanah di bawahnya

.

Pondasi sebagai struktur bawah secara umum dapat dibagi dalam 2 (dua) jenis yaitu pondasi dalam dan pondasi dangkal. Pemilihan jenis pondasi tergantung kepada jenis struktur atas apakah termasuk konstruksi beban ringan atau beban berat dan juga tergantung pada jenis tanahnya. Pembangunan Gedung ini dilakukan pada beberapa tahap dan pada tahap lanjutan pembangunan dilakukan penambahan lantai yang dalam perencanaan awal hingga 8 lantai namun dalam tahap pembangunan awal dilakukan hingga 4 lantai sehingga perlu dianilisis kemampuan pondasi serta kapasitas kolom eksisting. Dalam perhitungan nantinya akan digunakan aplikasi teknik sipil *PCA Column* untuk mengetahui kapasitas kolom eksisting.

2. TINJAUAN UMUM

Struktur Bawah (Pondasi)

Struktur bawah adalah struktur yang seluruh bagiannya berada dalam tanah atau berada di bawah permukaan tanah. Struktur bawah dari suatu bangunan terdiri atas pile cap dan pondasi namun komponen yang lebih dikenal adalah pondasi karena tugasnya lebih berat yaitu memikul beban bangunan di atasnya. Seluruh muatan (beban) dari bangunan, termasuk beban-beban yang bekerja pada bangunan dan berat pondasi sendiri, harus dipindahkan atau diteruskan oleh pondasi ke tanah dasar dengan sebaik-baiknya.

Pemilihan Jenis Struktur Bawah (Pondasi)

Pemilihan jenis struktur bawah harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

a. Keadaan tanah pondasi
   Keadaan tanah pondasi kaitannya adalah dalam pemilihan tipe pondasi yang sesuai. Hal tersebut meliputi jenis tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras dan sebagainya.
b. Batasan-batasan akibat struktur di atasnya
   Keadaan struktur atas akan sangat mempengaruhi pemilihan tipe pondasi. Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu atau tak tentu, kekakuannya, dll.)
c. Batasan-batasan keadaan lingkungan di sekitarnya. Yang termasuk dalam batasan ini adalah kondisi lokasi proyek, dimana perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu ataupun membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada di sekitarnya.

d. Biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan
Sebuah proyek pembangunan akan sangat memperhatikan aspek waktu dan biaya pelaksanaan pekerjaan, karena hal ini sangat erat hubungannya dengan tujuan pencapaian kondisi yang ekonomis dalam pembangunan.

Pengertian Pondasi

Pondasi adalah strukur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari kostruksi yang berfungsi menahan gaya beban diatasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yag kuat yang terdapat dibawah kostruksi. Pondasi dapat didefinnisikan sebagi bagian paling bawah dari suatu kostruksi yang kuat dan stabil(*solid*).

Dalam perencanan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan dari segi ekonomi.

Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangat penting mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan yang berfungsi mendukung bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban itu, baik beban mati, beban hidup dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya.bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan pada tanah yang keras.

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ketanah keras atau batu yang terletak jauh dari permukaan seperti:

A. Pondasi Tiang (*Pile Foundation*)

Pondasi tiang digunakan bila tanah ponadsi pada kedalamn yang normal tidak mampu mendukung bebanya dan tanah kerasnya terletak pada kedalaman yang sangat dalam. Pondasi tiang umunya berdiameter lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran *(Bowles, 1991)*

Fungsi Pondasi

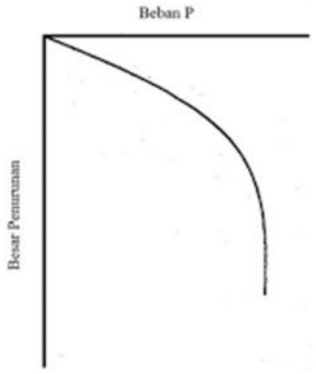
Pondasi dalam suatu bangunan konstruksi mempunyai peranan penting karena berfungsi sebagai penahan atau penopang beban bangunan yg ada diatasnya untuk diteruskan ke lapisan tanah yang ada dibawahnya. Untuk menghasilkan bangunan yang kuat dan kokoh, pondasi suatu bangunan harus direncanakan dengan baik.

Perencanaan dalam pemilihan pondasi suatu bangunan ditentukan berdasarkan jenis tanah, kekuatan dan daya dukung tanah dan beban bangunan itu sendiri. Pada tanah yang memiliki daya dukung baik, maka pondasinya juga membutuhkan konstruksi yang sederhana. Jika tanahnya labil dan memiliki daya dukung yg jelek, maka penentuan pondasinya juga harus lebih teliti. Pondasi suatu konstruksi bangunan harus mampu menahan beban :

a. Beban horizontal/beban geser, seperti beban akibat gaya tekan tanah
b. Beban mati/dead load, atau berat sendiri bangunan
c. Beban hidup/live load,atau beban sesuai fungsi bangunan.
d. Beban gempa
e. Beban angin
f. Gaya angkat air
g. Momen dan torsi

Daya Dukung

Daya dukung tanah didefinisikan sebagai kekuatan maksimum tanah menahan tekanan dengan baik tanpa menyebabkan terjadinya *failure*. Sedangkan failure pada tanah adalah penurunan (*settlement*) yang berlebihan atau ketidakmampuan tanah melawan gaya geser dan untuk meneruskan beban pada tanah. *(Bowles, 1992).*



Gambar 1. Daya Dukung Batas dari Tanah Pondasi
Sumber : Bowles, 1992

Perhitungan daya dukung pada pondasi dangkal dapat menggunakan persamaan:
Analisis *Terzaghi* :
$q_{ult} = cN_cS_c + qN_q + 0{,}5\,\gamma BN\gamma S\gamma$

Persamaan daya dukung dapat digunakan untuk menghitung kapasitas tanah, yakni :
$q_{ult} = cNc\ S_c i_c d_c + \gamma DN\ qS_q i_q d_q + \frac{1}{2}\lambda BN\ \gamma S_\gamma i_\gamma d_\gamma$
atau
$q_{ult} = 5.14S_u(1 + S'_c + d'_c - i'_c + q)$

Beban Eksentris
Beban vertical eksentris dapat dianalogikan dengan beban momen dan beban vertical sentries terhadap pusat berat pondasi (0)
Luas dasar pondasi (A) = Bx . By dan My = P . e_x didapat :
$\sigma eks = \frac{P}{A}\left(1 \pm \frac{6.ex}{Bx}\right)$ atau $\sigma eks = \frac{P}{Bx.By}\left(1 \pm \frac{6.ex}{Bx}\right)$
Bila dijumpai adanya momen pada sumbu y (Mx) dan momen pada sumbu x (My) maka persamaan diatas dapat di tulis :

$$\sigma eks = \frac{P}{ABx.By}\left(1 \pm \frac{6.ex}{Bx} + \frac{6.ey}{By}\right)$$

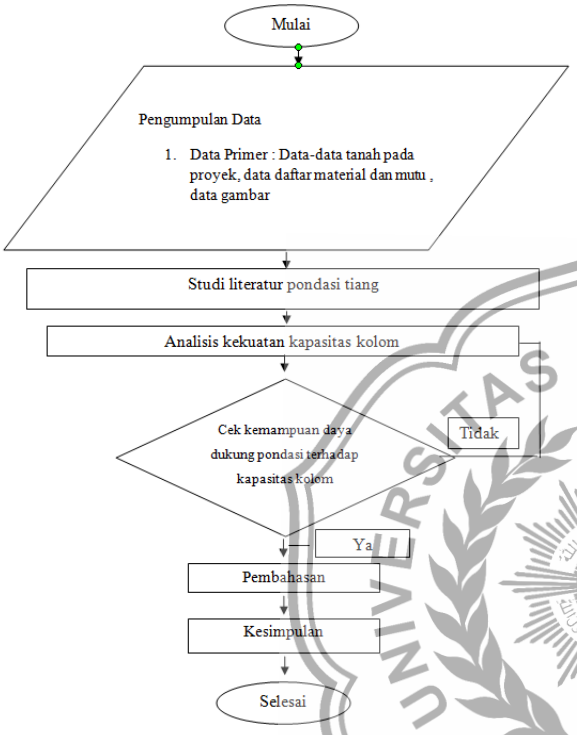
Kapasitas kolom merupakan tingkat kemampauan tekan menerima beban sehingga kolom mengalami keruntuhan .dalam metode pendekatan Pn – Mn diagaram interaksi tersebut dibagi 3 daerah keruntuhan sesuai *SNI-03-2847-2013* sebagai berikut :

1. Keruntuhan kolom dapat terjadi bila baja tulangannya leleh karena tarik (terjadi pada kolom *under reinforced*) shg disebut keruntuhan tarik $P_n < P_{nb}$
2. Keruntuhan kolom dapat terjadi bila terjadi kehancuran beton tekannya (terjadi pada kolom *over reinforced*) shg disebut keruntuhan tekan $P_n > P_{nb}$
3. Keruntuhan kolom dapat terjadi bila baja tulangannya leleh karena tarik bersama2 terjadi kehancuran beton tekannya (terjadi pada kolom *balanced*) shg disebut keruntuhan *balanced* $P_n = P_{nb}$

Program PCA Column
PCA Column adalah paket perangkat lunak komprejensif yang digunakan untuk analisa dan desain kolom. Desain kolom beton, beton bertulang atau penampang komposit dapat dianalisa menggunakan aplikasi ini . PCA COL menyediakan alat *" Quick Design Wizard"* yang memandu pengguna demi langkah melalui proses desain kolom, ini membuat proses desain sederhana teratur dan efisien dengan menggunakan ACI-318-11, ACI 318-08.
PCA column mampu menangani kombinasi beban yang tidak terbatas baik dalam kondisi sway dan non-sway. Tindakan desain dapat ditentukan secara langsung atau dapat dihitung oleh program menggunakan metode pembesaran momen. Desain dan analisis memperhitungkan efek kelangsingan .
Output PCA mencangkup kapasitas permukaan interaksi, kurva momen-beban, kurva momen-momen, kurva momen-kelengkungan untuk berbagai kriteria kegagalan, kontur kombinasi tegangan elastis lentur aksial, tekanan rebar dll.

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan pelaksanaan penelitian dibuat dalam bentuk bagan alir berikut ini.



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data ini diperoleh dari pihak kontraktor dengan data sebagai berikut :

1. Panjang Bored Pile : 14000-16000 mm
2. Diameter Bored Pile : 400 mm
3. Jumlah Titik Bored Pile : 36 titik
4. Mutu Beton Bored Pile : K-350
5. Baja Tulangan :
   D10 < = Fy 240
   D10 > = Fy 400

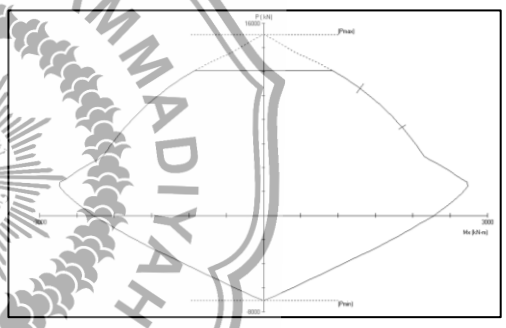
Data yang digunakan pada tugas akhir ini, keseluruhannya merupakan data sekunder. Data sekunder dalam penelitian ini meliputi gambar rencana, data perencanaan, data tanah yang merupakan hasil dari pengujian Standard Penetration Test (SPT) dan data Sondir.

Tabel 1. Dimensi Penampang Kolom Eksisting

Kode Kolom	Dimensi Kolom			Mutu Beton	Mutu Baja	Tulangan Utama		Tulangan Sengkang		Selimut Beton
	(b)	(h)	(l)	(f'c)	(fy)	Jumlah	Diameter	Diameter	Jarak	
	mm	mm	mm	Mpa	Mpa	Σ	mm	mm	mm	mm
K1E	800	800	4000	29.05	400	24	32	13	150	40
K1D	800	800	4000	29.05	400	30	32	13	150	40
K2A	400	800	4000	29.05	400	20	16	10	150	40
K2B	400	800	4000	29.05	400	20	22	10	150	40
K2C	400	800	4000	29.05	400	24	22	13	150	40
K1F	800	800	4000	29.05	400	24	32	13	150	40
K4	300	300	4000	29.05	400	12	16	10	150	40
K1A	800	800	4000	29.05	400	24	19	13	150	40

Sumber : Data Gambar Struktur, 2015

Diagram Interaksi Kolom K1E



Gambar 3. Diagram Interaksi Kolom K1E hasil PCA Coloumn
Sumber: PCA Coul, 2021

Tabel 2. Resume Analisis Pada Tiap-Tiap Penampang Kolom

Kode Kolom	HASIL GAYA DALAM PCA		
	P	M	e
	kN	kNm	mm
K1E	2639.3	2761	1046.111
K1D	1892.2	3355	1773.068
K2A	1682.6	861	511.708
K2B	1287.4	1111	862.980
K2C	1091.8	1181	1081.700
K1F	2639.3	2761	1046.111
K4	153.2	99	646.214
K1A	3652.4	1740	476.399

Sumber : PCA Coul, 2021

Kode Kolom	Elastisitas Baja	Regangan Beton (seimbang)	Regangan tulangan tarik	Luas Tulangan	Tinggi Efektif
	Es	Ɛ	Ɛy	Ab	deff
	Mpa		(fy/Es)	mm2	mm
K1E	200000	0,003	0,002	804,25	731,00
K1D	200000	0,003	0,002	804,25	731,00
K2A	200000	0,003	0,002	201,06	742,00
K2B	200000	0,003	0,002	380,13	739,00
K2C	200000	0,003	0,002	380,13	736,00
K1F	200000	0,003	0,002	804,25	731,00
K4	200000	0,003	0,002	201,06	242,00
K1A	200000	0,003	0,002	283,53	737,50

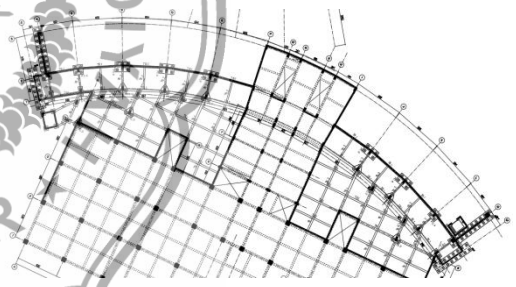
Kode Kolom	Gaya Tekan Pada Tulangan	Kekuatan aksial (regangan seimbang)	Momen (regangan seimbang)	Nilai eksentrisitas	Menentukan Kondisi Seimbang, Terkendali Tekan, Terkendali Tarik
	Cs	Pb	Mb	eb	
	N	N	Nmm	mm	
K1E	7244164,822	6887875,457	6526414081,423	947,522	*Terkendali tekan*
K1D	9055206,028	6768722,136	7764763108,674	1147,153	*Terkendali tekan*
K2A	1509201,005	3638359,906	1854112341,913	509,601	*Terkendali tekan*
K2B	2853333,149	3534813,991	2785722335,010	788,082	*Terkendali tekan*
K2C	3423999,779	3482156,473	3163781689,144	908,570	*Terkendali tekan*
K1F	7244164,822	6887875,457	6526414081,423	947,522	*Terkendali tekan*
K4	809808,477	758975,719	244011741,287	321,501	*Terkendali tekan*
K1A	2553851,075	7261948,450	3355247801,306	462,031	*Terkendali tekan*

Kode Kolom	Tinggi Muka Kolom ke tul. Tekan	Pusat berat Plastis	Tinggi Muka Kolom ke tul. Tarik	Faktor hub tinggi blok tekan & smbu netral	Jarak dari pusat tul ke permukaan beton
	d'	y	d''	βi	cb
	mm	mm	mm		mm
K1E	69,00	400	331	0,85	438,600
K1D	69,00	400	331	0,85	438,600
K2A	58,00	400	342	0,85	445,200
K2B	61,00	400	339	0,85	443,400
K2C	64,00	400	336	0,85	441,600
K1F	69,00	400	331	0,85	438,600
K4	58,00	150	92	0,85	145,200
K1A	62,50	400	337,5	0,85	442,500

Kode Kolom	Tinggi balok tegangan persegi	Periksa Tulangan sudah luluh			
	ab	Ɛs'	fs'	fs' Pakai	
	mm		Mpa	Mpa	Ket
K1E	372,810	0,003	505,609	400,000	f s>fy gunakan fy
K1D	372,810	0,003	505,609	400,000	f s>fy gunakan fy
K2A	378,420	0,003	521,833	400,000	f s>fy gunakan fy
K2B	376,890	0,003	517,456	400,000	f s>fy gunakan fy
K2C	375,360	0,003	513,043	400,000	f s>fy gunakan fy
K1F	372,810	0,003	505,609	400,000	f s>fy gunakan fy
K4	123,420	0,002	360,331	360,331	f s<fy gunakan f's
K1A	376,125	0,003	515,254	400,000	f s>fy gunakan fy

Kode Kolom	Gaya Tekan Pada Beton	
	Cc	T
	N	N
K1E	7364488,740	7720778,105
K1D	7364488,740	9650972,632
K2A	3737654,340	1608495,439
K2B	3722542,530	3041061,689
K2C	3707430,720	3649274,026
K1F	7364488,740	7720778,105
K4	914264,505	965097,263
K1A	7429973,250	2721875,875

PENURUNAN RUMUS DENGAN HUBUNGAN ANTARA GAYA REAKSI KOLOM DENGAN NILAI GAYA TEKAN YANG TERJADI PADA PONDASI TIANG PANCANG



Gambar 4. Denah Pondasi Tiang Pancang

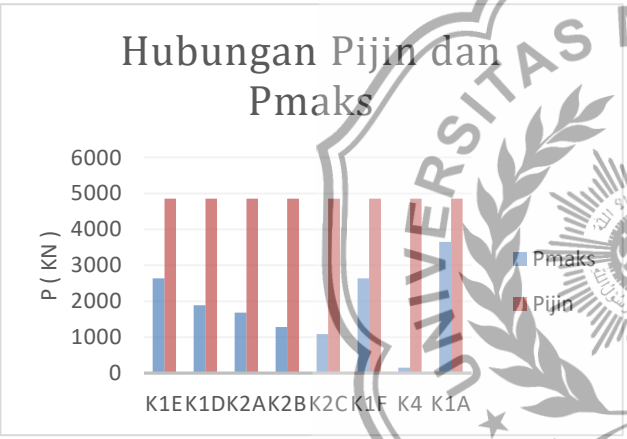
No	Uraian Daya Dukung Aksial Tiang Pancang	P (kN)
1	Berdasarkan Kekuatan Bahan	2191,20
2	Pengujian SPT	1259,00
	Daya Dukung Ijin Tiang Adalah	1259,00

$$Eff = 1 - \frac{\phi}{90}\left(\frac{(a-1)\times b + (b-1)\times a}{a \times b}\right)$$

Nilai Eff = 0.96
Pijin = Eff x Qall
Pijin = 0.96 x 1259
Pijin = 1213.25
Pgroup = 4852.9 Kn

Kode Kolom	Dimensi Kolom			HASIL GAYA DALAM PCA		Daya Dukung Ijin Tiang Pancang Kelompok	Keterangan
	(b)	(h)	(l)	Pmaks	M	Pijin	
	mm	mm	mm	kN	kNm	kN	
K1E	800	800	4000	2639.3	2761	4852.99	OKE
K1D	800	800	4000	1892.2	3355	4852.99	OKE
K2A	400	800	4000	1682.6	861	4852.99	OKE
K2B	400	800	4000	1287.4	1111	4852.99	OKE
K2C	400	800	4000	1091.8	1181	4852.99	OKE
K1F	800	800	4000	2639.3	2761	4852.99	OKE
K4	300	300	4000	153.2	99	4852.99	OKE
K1A	800	800	4000	3652.4	1740	4852.99	OKE

Sumber : PCA Coul. 2021



PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarakan penelitian yang telah dilakukan terhadap struktur kolom dengan kapasitas serta kemampuan pondasi pada Pembangunan Gedung Kuliah Politeknik Negeri Malang dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari analisis perhitungan kapasitas kolom dengan menggunakan software PCA Coloumn mengahasilkan nilai gaya dalam (P) pada kolom K1E Sebesar 2639.3 kN , Kolom K1D Sebesar 1892.2 kN, Kolom K2A Sebesar 1682.6 kN, Kolom K2B sebesar 1287.4 kN , Kolom K2C sebesar 1091.8 kN , Kolom K1F Sebesar 2639.3 kN , Kolom K4 sebesar 153.2 kN ,dan Kolom K1A sebesar 3652.4 kN.
2. Dari analisis kapasitas penampang kolom serta perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang bahwa distribusi kapasitas beban tiap-tiap kolom eksisting terhadap pondasi pada pembangunan Gedung Kuliah Politeknik Negeri Malang masih memenuhi

Saran

Beberapa saran yang dapat diberikan pada penelititan ini adalah

1. Untuk penelitian selanjutnya agar dapat melakukan kajian dengan kondisi distribusi beban secara kesuluruhan pada struktur sehingga didapatkan analisis yang memadai dengan mempertimbangkan gaya-gaya dalam pada tiap-tiap elemant struktur.
2. Penelitian selanjutnya bisa mengkaji pengaruh beban gempa terhadap struktur atas yang berinteraksi dengan pondasi pada element struktur.
3. Pengunaan perangkat lunak agar dianalisis dengan manual sehingga meminimalisir kemungkinan *error* terhadap pengunaan *software* karena keterbatasan pengetahuan.

DAFTAR PUSTAKA

Bowles, J.E. Analisis Dan Desain Pondasi Jilid I. Alih Bahasa Pantur Silababan, Ph.D. Penerbit Erlangga Jakarta, 1988.

Braja M. Das. Mekanika Tanah Jilid I. Alih bahasa Ir. Noor Endah Mochtar M.Sc., Ph.D. dan Ir. Indrasurya B. Mochtar M.Sc., Ph.D. Penerbit Erlanga Jakarta, 1988.

Djatmiko Soedarmo, G, Ir. dan Edy Purnomo, S.J, Ir. MekanikaTanah 2

.Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 2847-2013.

Priscasari, Nindiari Ade. Analisis Penambahan Jumlah Lantai Gedung Unej Dengan Kolom Diperkuat Carbon Polymer terhadap kekuatan Pondasi Eksisting. Universitas Muhammadiyah Jember, 2020.

Bachtiar Muhammad Arif. Studi Evaluasi Struktur Dengan Penambahan Lantai Atas Pada Gedung Perkuliahan di IAIN Jember Berdasarkan Faktor Keamanan Pondasi Lama. Universitas Muhammadiyah Jember, 2020.

Christiawan, Ignatius. Evaluasi Kinerja dan Perkuatan Struktur Gedung Guna Alih Fungsi Bangunan, Universitas Diponegoro,2018

Candra, Agata Iwan. Studi Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pada Pembangunan Gedung LP3M Universitas Kadiri, Universitas Islam Lamongan,2018