

**Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK Taruna
dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan
Program SAP2000**

Shanti Wahyuni Megasari^{*1}, Zainuri², Fadrizal Lubis³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lancang Kuning

^{*}Corresponding authors e-mail : shanti@unilak.ac.id

Submitted : 06 Agustus 2024

Accepted: 31 Oktober 2024

DOI: <https://doi.org/10.31849/fleksibel.v5i2.22229>

Abstrak

Dalam perancangan bangunan bidang teknik sipil dituntut untuk dapat mengoperasikan *software-software engineering*, sehingga dapat menyelesaikan pekerja dengan mudah, teliti, dengan waktu yang lebih singkat, dan lebih canggih. *Structural Analysis Program* (SAP 2000) adalah salah satu program yang paling umum digunakan untuk menganalisis struktur konstruksi gedung beton bertulang ataupun baja. Permasalahan mitra adalah belum memiliki pengetahuan dan kemampuan dalam melakukan perancangan struktur bangunan menggunakan *software* SAP2000. Mitra yang dilibatkan yaitu Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) Taruna Pekanbaru dengan mengirimkan 20 siswa sebagai peserta pelatihan. Metode pelaksanaan dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat adalah ceramah, praktek dan diskusi. Waktu pelatihan pada hari Kamis tanggal 30 Mei 2024 yang dimulai pada jam 08.30 WIB dan berakhir pada jam 12.30 WIB. Adapun pelatihan diawali dengan sesi test pendahuluan (*pre-test*), materi dasar analisa struktur, pengenalan *software* SAP2000, materi tahapan pemodelan struktur *software* SAP2000, praktek perancangan struktur bangunan menggunakan *software* SAP2000 dan pelaksanaan test akhir (*post test*). Setelah dilakukan evaluasi terhadap 20 responden (peserta). Diperoleh hasil evaluasi *pre-test* terhadap pengetahuan peserta sebelum melakukan pelatihan diperoleh nilai rata-rata 33,3 dengan kategori kurang efisien ($\geq 21 - < 41$). Setelah dilaksanakan pelatihan, pemahaman peserta mengalami peningkatan yaitu dengan nilai rata-rata *post-test* sebesar 60,4 menjadi kategori cukup efisien ($\geq 41 - < 61$). Peningkatan nilai rata-rata peserta Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK di Kota Pekanbaru dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan Program SAP2000 sebanyak 82,0% dari sebelum dilakukan pelatihan (*pre-test*) dengan setelah dilakukan pelatihan (*post-test*), sehingga dapat dikatakan bahwa peserta pelatihan mengalami peningkatan pengetahuan, mampu memahami materi Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK di Kota Pekanbaru dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan Program SAP2000 dengan baik.

Kata kunci : Analisa stuktur, pelatihan, perancangan bangunan, SAP2000, *software*

Abstract

In building design, the field of civil engineering is required to be able to operate engineering software, so that it can complete the work easily, thoroughly, in a shorter time, and more sophisticated. The Structural Analysis Program (SAP 2000) is one of the most commonly used programs to analyze the construction structure of reinforced concrete or steel buildings. The problem of partners is that they do not have the knowledge and ability to design building structures using SAP2000 software. The partner involved is the Pekanbaru Taruna Vocational High School (SMK) by sending 20 students as training participants. The implementation methods in community

service activities are lectures, practices and discussions. The training time is on Thursday, May 30, 2024, which starts at 08.30 WIB and ends at 12.30 WIB. The training began with a pre-test session, basic structural analysis material, introduction to SAP2000 software, material on the stages of modeling the structure of SAP2000 software, practice of building structure design using SAP2000 software and the implementation of the final test (post test). The results of the pre-test evaluation of the participants' knowledge before conducting the training obtained an average score of 33.3 with the category of inefficient (≥ 21 - < 41). After the training, the participants' understanding improved, with an average post-test score of 60.4 into the category of quite efficient (≥ 41 - < 61). The increase in the average score of the participants of the Vocational Student Competency Improvement Training in Pekanbaru City in Building Structure Design Using the SAP2000 Program was 82.0% from before the training (pre-test) and after the training was carried out (post-test), so that it can be said that the trainees have increased their knowledge, able to understand the material of the Vocational School Student Competency Improvement Training in Pekanbaru City in Building Structure Design Using the SAP2000 Program well.

Keywords: Mushalla, planning, budget plan

1. Pendahuluan

Salah satu proses penting dalam perencanaan struktur bangunan adalah tahapan analisa struktur. Analisa struktur merupakan proses perhitungan dan penentuan efek akibat beban yang bekerja pada struktur (bangunan, jembatan, dermaga atau objek lainnya) yang menimbulkan reaksi berupa gaya dalam (*internal forces*) pada struktur. Analisis struktur sangat penting untuk memastikan alur, distribusi dan dampak beban terhadap struktur yang ditinjau. Selain beban yang mempengaruhi perilaku struktur adalah bahan yang digunakan dan geometri (sistem) struktur. Dengan melakukan analisis struktur maka dapat diketahui perilaku struktur dan tingkat keamanannya saat dikenai beban yang diperkirakan akan bekerja.

Finite Element Analysis (FEA) adalah metode numerik kompleks yang digunakan untuk menyelesaikan masalah rumit yang berisi sejumlah input variabel seperti kondisi batas, aplikasi beban, dan jenis tumpuan. Dengan perkembangan pengetahuan dan teknologi, telah tersedia bermacam software serta aplikasi yang dapat dipergunakan untuk menganalisa struktur dengan lebih cepat dan mudah. Ada beberapa perangkat lunak analisis struktural yang dapat melakukan perhitungan FEA akurat tanpa kesulitan harus secara manual mengatur proses yang kompleks, seperti ETABS, SAP2000, MIDAS, STAADPro, ABAQUS, SAFE, Tekla Structural Designer, S-FRAME ANALYSIS dan lainnya. *Software-software* tersebut bertujuan untuk membantu mempermudah penganalisis untuk :

1. Pemodelan material struktur, geometri struktur, pembebanan struktur dan batasan-batasan lain yang ditentukan oleh engineer,
2. Melakukan perhitungan dan analysis gaya-gaya dalam pada elemen-elemen struktur akibat beban dan kombinasi beban yang bekerja dan
3. Membantu pengecekan kekuatan elemen pada tahap disain.

Structural Analysis Program (SAP 2000) adalah salah satu program yang paling umum digunakan untuk menganalisis struktur konstruksi gedung beton bertulang ataupun baja. *Software* SAP2000 dapat melakukan perhitungan analisis struktur statik maupun dinamik, saat melakukan desain penampang beton bertulang maupun struktur baja, SAP2000 juga menyediakan metode *interface* (antarmuka) yang secara grafis mudah digunakan dalam proses penyelesaian analisis struktur (Zega dkk, 2022). SAP2000 sangat cocok untuk desain jembatan karena menu yang diperlukan untuk mendesain sudah tersedia dan dapat mempermudah perhitungan gaya-gaya pada

konstruksi jembatan.

Bagi penyedia jasa konstruksi di bidang Teknik sipil dituntut untuk dapat mengoperasikan software-software engineering, sehingga dapat menyelesaikan pekerjaan dengan mudah, teliti, dengan waktu yang lebih singkat, dan lebih canggih. Kendala utama dalam perancangan struktur bangunan adalah dibutuhkan pemahaman, ketelitian, tenaga serta waktu yang lebih lama apabila dikerjakan secara manual. Apabila dipergunakan *software* maka terdapat beberapa kendala, antara lain adalah kesalahan dalam penginputan data baik data material, dimensi elemen struktur maupun pembebanan yang bekerja sehingga menyebabkan output hasil yang tidak akurat serta berbahaya jika hasilnya *under design*, dan akan merugikan pengguna jasa jika hasilnya *over design*.

Sehingga SMK Taruna Pekanbaru melakukan kerjasama dengan Tim Pengabdian Kepada Masyarakat Program Studi Teknik Sipil untuk melaksanakan Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK di Kota Pekanbaru dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan *Software* SAP2000.

Permasalahan mitra dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Mitra belum memiliki pengetahuan tentang tahapan perancangan struktur bangunan
2. Mitra belum memiliki pengetahuan tentang peraturan yang harus dipergunakan dalam perancangan struktur bangunan
3. Mitra belum memiliki kemampuan dalam melakukan perancangan struktur bangunan menggunakan *software* SAP2000

2. Metode

2.1 Mitra Pengabdian Kepada Masyarakat

Kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat ini melibatkan mitra yaitu SMK Taruna Pekanbaru yang beralamat pada Jalan Rajawali Sakti, Panam No. 90, Kelurahan Simpang Baru, Kecamatan Tampan.. Langkah awal adalah dengan menjalin kerjasama dengan Kepala Sekolah SMK Taruna Pekanbaru serta dilanjutkan dengan penandatanganan surat kesediaan sebagai mitra. Kemudian dilakukan pengiriman undangan untuk meminta kepada mitra agar dapat mengutus 20 (dua puluh) orang. Nama-nama peserta yang akan diutus untuk mengikuti pelatihan dikirim kepada pelaksana untuk kelengkapan pendataan.

2.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Tempat pelatihan dilaksanakan pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Lancang Kuning, Jalan Yos Sudarso Km. 08 Rumbai Kota Pekanbaru. Waktu pelaksanaan pelatihan dilaksanakan selama 1 (satu) hari kerja yang dimulai dari pukul 09.00 sampai 12.30 WIB.

2.3 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan kegiatan Pengabdian Kepada Masyarakat dibagi atas beberapa tahapan, tahapan yang dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- a. Tahapan pertama adalah tahapan perencanaan, pada tahapan perencanaan dilaksanakan dengan menjalin komunikasi dan kerjasama dengan Kepala Sekolah SMK Taruna membahas tentang kebutuhan mitra dan melaksanakan survey pendahuluan terhadap kondisi dari mitra.
- b. Tahapan kedua adalah tahapan persiapan, pada tahapan ini dilakukan persiapan dokumen administrasi, penandatanganan surat kesediaan sebagai mitra serta penentuan tanggal dan lokasi pelaksanaan Pelatihan.
- c. Tahapan ketiga adalah tahapan pelaksanaan dilakukan Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK di Kota Pekanbaru dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan Program SAP2000.

d. Tahapan keempat adalah tahapan evaluasi yang dilaksanakan sebelum pelaksanaan pelatihan (*pre-test*) dan setelah pelatihan (*post-test*) untuk mengetahui peningkatan pemahaman peserta setelah dilaksanakan pelatihan. Menurut (Arikunto, 2010) Penentuan kategori penilaiannya adalah :

- 1) ≤ 20 : Sangat Kurang efisien
- 2) $\geq 21 - < 41$: Kurang efisien
- 3) $\geq 41 - < 61$: Cukup efisien
- 4) $\geq 61 - \leq 80$: efisienzzzzzz
- 5) $\geq 81 - 100$: Sangat efisien

Bila terjadi peningkatan yang cukup signifikan dapat dikatakan pelatihan yang diberikan memberikan hasil positif sesuai yang diharapkan. Dengan kata lain bukan besarnya nilai yang diperhitungkan tapi peningkatan nilai yang menjadi perhatian utama kegiatan pengabdian kepada masyarakat. Adapun sesi pelaksanaan pelatihan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Sesi Pelatihan

Waktu	Kegiatan
08.30 - 08.45	Pembukaan
08.45 - 09.15	<i>Pre Test</i>
09.15 - 09.45	Penyampaian Materi Pengenalan <i>Software</i> SAP2000
09.45 - 10.00	<i>Coffe Break</i>
10.00 - 11.45	Praktek Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan <i>Software</i> SAP2000
11.45 - 12.15	<i>Post Test</i>
12.15 - 12.30	Penutupan

3. Hasil dan Pembahasan

Untuk tahapan pelaksanaan pelatihan dibagi atas 7 (tujuh) sesi selama 1 (satu) hari, pembukaan kegiatan Expo Fakultas Teknik dan Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK di Kota Pekanbaru dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan Program SAP2000 dihadiri oleh Dekan Fakultas Teknik yaitu Bapak Dr. Zainuri, S.T., M.T. dan narasumber pelatihan yaitu Shanti Wahyuni Megasari, S.T., M.Eng yang dapat dilihat pada gambar1.



Gambar 1. Foto Bersama Saat Pembukaan Kegiatan Pelatihan

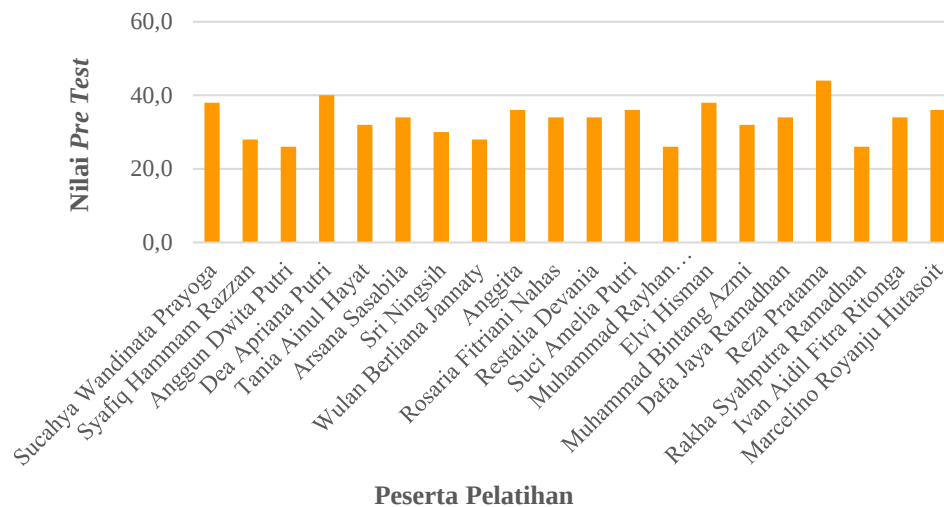
Sebelum pelaksanaan pelatihan telah dilakukan evaluasi awal terkait pengetahuan peserta melalui *pre-test*, maka diperoleh hasil rekapitulasi pada tabel 2, gambar 2, gambar 3 dan gambar 4.



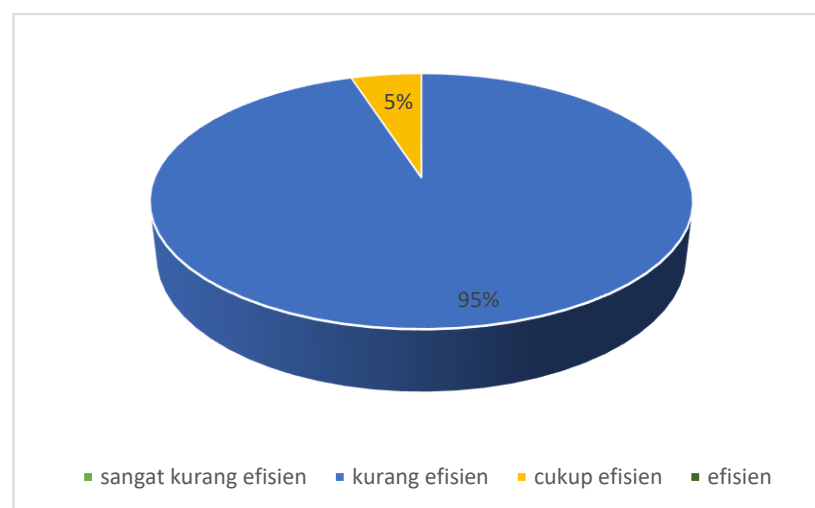
Gambar 2. Peserta Melakukan Pengisian *Pre-Test* melalui *Google Form*

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai *Pre-Test* Peserta Pelatihan

No	Nama Peserta	Nilai <i>Pre-Test</i>	Keterangan
1	Sucahya Wandinata Prayoga	38,0	Kurang efisien
2	Syafiq Hammam Razzan	28,0	Kurang efisien
3	Anggun Dwita Putri	26,0	Kurang efisien
4	Dea Apriana Putri	40,0	Kurang efisien
5	Tania Ainul Hayat	32,0	Kurang efisien
6	Arsana Sasabila	34,0	Kurang efisien
7	Sri Ningsih	30,0	Kurang efisien
8	Wulan Berliana Jannaty	28,0	Kurang efisien
9	Anggita	36,0	Kurang efisien
10	Rosaria Fitriani Nahas	34,0	Kurang efisien
11	Restalia Devania	34,0	Kurang efisien
12	Suci Amelia Putri	36,0	Kurang efisien
13	Muhammad Rayhan Hidayatullah	26,0	Kurang efisien
14	Elvi Hisman	38,0	Kurang efisien
15	Muhammad Bintang Azmi	32,0	Kurang efisien
16	Dafa Jaya Ramadhan	34,0	Kurang efisien
17	Reza Pratama	44,0	Cukup efisien
18	Rakha Syahputra Ramadhan	26,0	Kurang efisien
19	Ivan Aidil Fitra Ritonga	34,0	Kurang efisien
20	Marcelino Royanju Hutasoit	36,0	Kurang efisien
Rata-rata Nilai <i>Pre-Test</i>		33,3	



Gambar 3. Hasil Nilai *Pre-Test* Peserta Pelatihan



Gambar 4. Persentase Nilai *Pre-Test* Peserta Pelatihan

Dari hasil *pre-test* peserta diperoleh 19 (sembilan belas) orang peserta atau sebesar 95,00% dari 20 (dua puluh) peserta yang memperoleh nilai sangat kurang efisien pengetahuan terhadap perancangan struktur bangunan menggunakan program SAP2000 dan 1 (satu) orang peserta atau sebesar 5,00% dari 20 (dua puluh) peserta yang memperoleh nilai cukup efisien pengetahuan terhadap perancangan struktur bangunan menggunakan program SAP2000.

Pada hari pelatihan, instruktur menyampaikan pengenalan *software* SAP2000 untuk perancangan bangunan yang terdiri dari pengenalan *toolbar* SAP2000 dan tahapan pemodelan perancangan bangunan menggunakan *software* SAP2000 yang terdiri dari tahapan penentuan bentuk struktur, tahapan penginputan properties material, tahapan pendimensian dan penulisan elemen struktur, tahapan penentuan jenis tumpuan, tahapan pengaplikasian beban yang bekerja, proses *running* hingga tahapan memperoleh gaya dalam yang bekerja. Pelaksanaan pelatihan dilanjutkan dengan praktek perancangan struktur bangunan menggunakan *software* SAP2000, setiap peserta mengaplikasikan secara langsung pemodelan struktur bangunan dan mendapatkan bantuan serta bimbingan dari para mahasiswa yang terlibat dalam kegiatan pelatihan. Dokumentasi pelaksanaan pelatihan dapat dilihat pada gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Penjelasan Materi Pelatihan oleh Narasumber



Gambar 6. Peserta Mendapatkan Bimbing dari Mahasiswa Selama Pelaksanaan Praktek Pelatihan

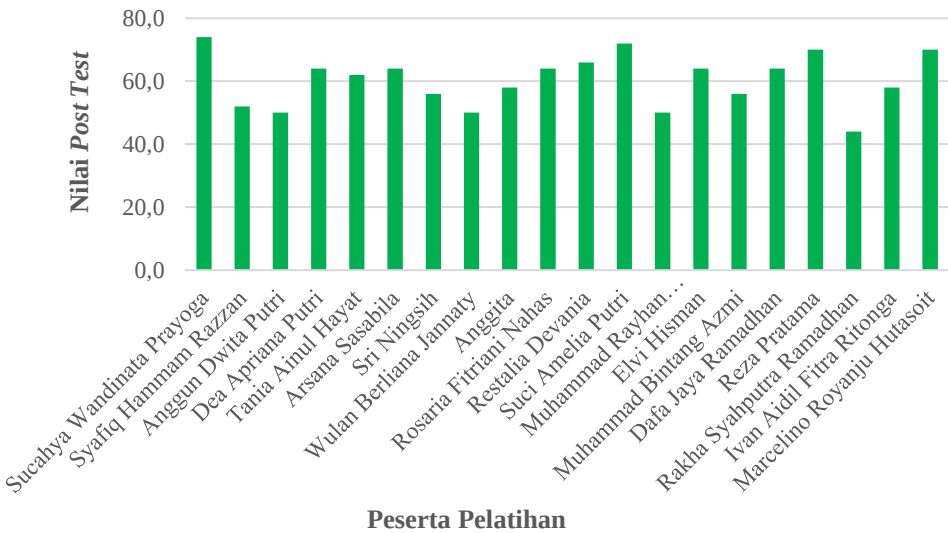
Setelah pelaksanaan penyampaian materi pelatihan telah dilakukan evaluasi awal terkait pengetahuan peserta melalui *post-test*. Setelah dilakukan *post-test* kemudian dihitung rekapitulasi nilai dari *post-test* para peserta, maka diperoleh hasil rekapitulasi seperti pada tabel 3, gambar 7 dan gambar 8.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai *Post-Test* Peserta Pelatihan

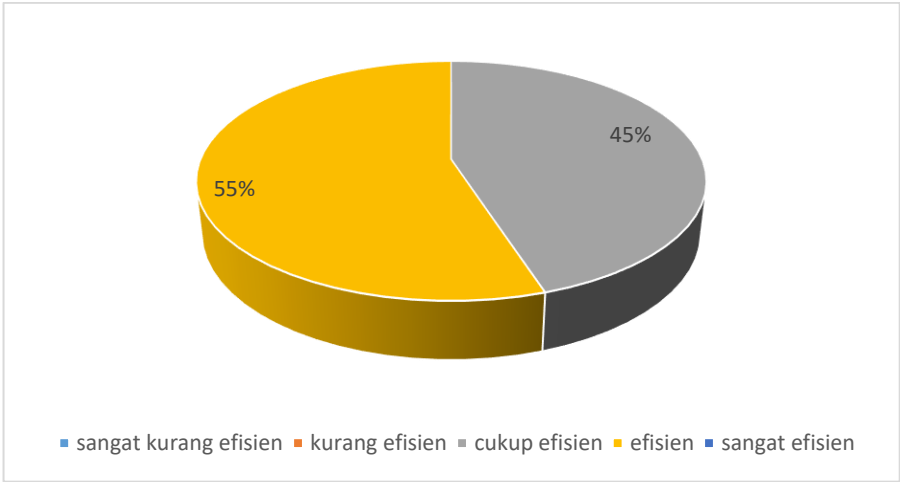
No	Nama Peserta	Nilai <i>Post-Test</i>	Keterangan
1	Sucahya Wandinata Prayoga	74,0	efisien
2	Syafiq Hammam Razzan	52,0	Cukup efisien
3	Anggun Dwita Putri	50,0	Cukup efisien
4	Dea Apriana Putri	64,0	efisien
5	Tania Ainul Hayat	62,0	efisien
6	Arsana Sasabila	64,0	efisien
7	Sri Ningsih	56,0	Cukup efisien
8	Wulan Berliana Jannaty	50,0	Cukup efisien
9	Anggita	58,0	Cukup efisien
10	Rosaria Fitriani Nahas	64,0	efisien

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai *Post-Test* Peserta Pelatihan (Lanjutan)

No	Nama Peserta	Nilai <i>Post-Test</i>	Keterangan
11	Restalia Devania	66,0	efisien
12	Suci Amelia Putri	72,0	efisien
13	Muhammad Rayhan Hidayatullah	50,0	Cukup efisien
14	Elvi Hisman	64,0	efisien
15	Muhammad Bintang Azmi	56,0	Cukup efisien
16	Dafa Jaya Ramadhan	64,0	efisien
17	Reza Pratama	70,0	efisien
18	Rakha Syahputra Ramadhan	44,0	Cukup efisien
19	Ivan Aidil Fitra Ritonga	58,0	Cukup efisien
20	Marcelino Royanju Hutasoit	70,0	efisien
Rata-rata Nilai <i>Post-Test</i>		60,4	



Gambar 7. Hasil *Post-Test* Peserta Pelatihan



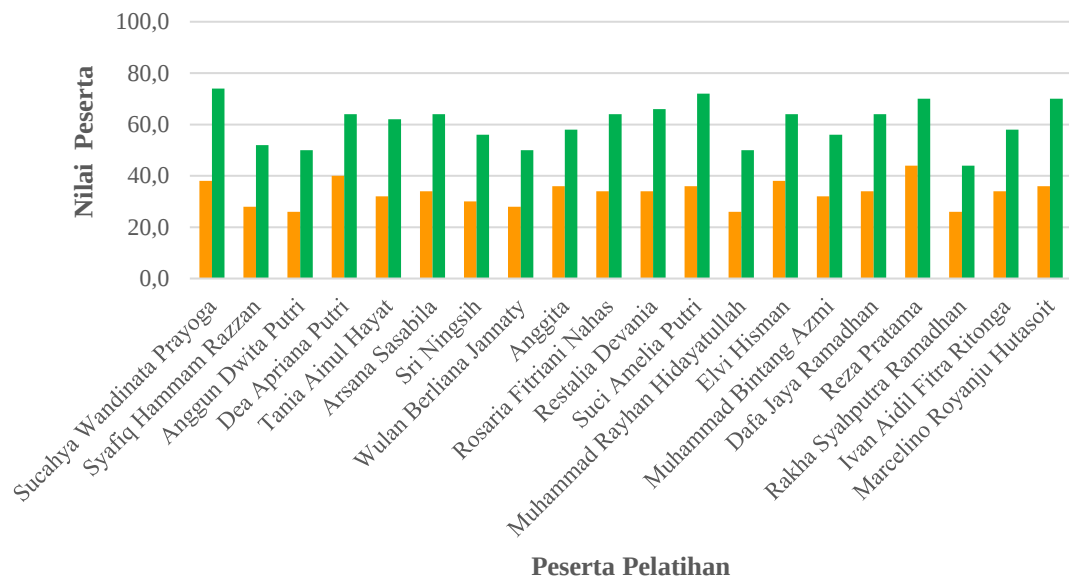
Gambar 8. Persentase Nilai *Post-Test* Peserta Pelatihan

Dari hasil *post-test* peserta diperoleh 9 (sembilan) orang peserta atau sebesar 45,00% dari 20 (dua puluh) peserta yang memperoleh nilai cukup efisien pengetahuan terhadap perancangan struktur bangunan menggunakan program SAP2000, 11 (sebelas) orang peserta atau sebesar 55,00% dari 20 (dua puluh) peserta yang memperoleh nilai efisien pengetahuan terhadap perancangan struktur bangunan menggunakan program SAP2000.

Apabila dibandingkan dari hasil *pre-test* dan *post-test* peserta, maka terdapat peningkatan pengetahuan peserta setelah dilaksanakan Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK di Kota Pekanbaru dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan Program SAP2000. Peningkatan pengetahuan peserta dapat dilihat pada tabel 4 dan gambar 9.

Tabel 4. Peningkatan Nilai *Pre-Test* dan *Post-Test* Peserta Pelatihan

No	Nama Peserta	Nilai <i>Pre-Test</i>	Nilai <i>Post-Test</i>	Peningkatan Nilai (%)
1	Sucahya Wandinata Prayoga	38,0	74,0	94,7
2	Syafiq Hammam Razzan	28,0	52,0	85,7
3	Anggun Dwita Putri	26,0	50,0	92,3
4	Dea Apriana Putri	40,0	64,0	60,0
5	Tania Ainul Hayat	32,0	62,0	93,8
6	Arsana Sasabila	34,0	64,0	88,2
7	Sri Ningsih	30,0	56,0	86,7
8	Wulan Berliana Jannaty	28,0	50,0	78,6
9	Anggita	36,0	58,0	61,1
10	Rosaria Fitriani Nahas	34,0	64,0	88,2
11	Restalia Devania	34,0	66,0	94,1
12	Suci Amelia Putri	36,0	72,0	100,0
13	Muhammad Rayhan Hidayatullah	26,0	50,0	92,3
14	Elvi Hisman	38,0	64,0	68,4
15	Muhammad Bintang Azmi	32,0	56,0	75,0
16	Dafa Jaya Ramadhan	34,0	64,0	88,2
17	Reza Pratama	44,0	70,0	59,1
18	Rakha Syahputra Ramadhan	26,0	44,0	69,2
19	Ivan Aidil Fitra Ritonga	34,0	58,0	70,6
20	Marcelino Royanju Hutasoit	36,0	70,0	94,4
Rata-rata Nilai		33,3	60,4	82,0



Gambar 9. Perbandingan Hasil *Pre-Test* dan *Post-Test* Peserta Pelatihan

Dari hasil evaluasi berdasarkan nilai *pre-test* dan *post-test*, dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan nilai rata-rata peserta saat sebelum pelaksanaan pelatihan yang ditandai dengan nilai rata-rata *pre-test* sebesar 33,3 dalam kategori kurang, meningkat menjadi 60,4 dalam kategori cukup pada saat setelah pelaksanaan pelatihan yang ditandai dengan nilai rata-rata *post-test*. Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK di Kota Pekanbaru dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan Program SAP2000 sebesar 82,0%. Hasil yang diperoleh belum maksimal karena waktu pelaksanaan pelatihan yang terbatas sehingga peserta belum dapat memahami secara lebih detail dan menyeluruh tahapan dari perancangan bangunan menggunakan program SAP2000.



Gambar 10. Sesi Foto Bersama Pelatihan

4. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari Pengabdian Kepada Masyarakat adalah :

1. Pengetahuan peserta sebelum melakukan pelatihan mendapatkan nilai rata-rata 33,3 dengan kategori kurang dalam pengetahuan terhadap perancangan struktur bangunan menggunakan program SAP2000 (< 40).
2. Setelah dilaksanakan pelatihan, pemahaman peserta mengalami peningkatan yaitu dengan nilai rata-rata sebesar 60,4 menjadi kategori cukup dalam pengetahuan terhadap perancangan struktur bangunan menggunakan program SAP2000 ($\geq 55 - < 70$).
3. Terjadi peningkatan nilai rata-rata peserta Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK di Kota Pekanbaru dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan Program SAP2000 sebanyak 82,0% dari sebelum dilakukan pelatihan (*pre-test*) dengan setelah dilakukan pelatihan (*post-test*), sehingga dapat dikatakan bahwa peserta pelatihan mengalami peningkatan pengetahuan, mampu memahami materi Pelatihan Peningkatan Kompetensi Siswa SMK di Kota Pekanbaru dalam Perancangan Struktur Bangunan Menggunakan Program SAP2000 dengan baik.

5. Daftar Pustaka

- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Dan Baja Tahan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2012, *Prosiding Konferensi Nasional PKM dan CSR Ke 2 - 2016*, Padang.
- Laksito, B., 2014, *Metode Perencanaan dan Perancangan Arsitektur*, Griya Kreasi, Jakarta.
- Pertiwi, N., 2016, Penerapan Aplikasi SAP2000 Pada Mata Kuliah Struktur Beton Gedung Melalui Metode Pelatihan Pada Mahasiswa PTSP FT UNM, *Jurnal Media Komunikasi Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, Vol. 3 No. 2, pp. 152–157.
- Pratama, M. M. A., 2022, *Buku Ajar Perancangan Struktur Bangunan Gedung Tinggi*, Mazda Media, Malang.
- Santoso, H. T., 2022, *Buku Ajar Komputer Terapan SAP2000 Untuk Program Vokasi dan Terapan*, Deepublish Publisher, Yogyakarta.
- Sholeh, M. N., 2023, *Analisa Struktur SAP2000 v22 (Edisi Revisi) Panduan Praktis Menghitung Struktur Bangunan*, Pustaka Pranala, Yogyakarta.
- Zega, B. C., Dani, H., Triarso, A., dan Zulfikar, A. R., 2021, Pelatihan Analisis Pemodelan Struktur Bangunan dengan Menggunakan Software SAP2000 kepada Guru dan Siswa pada SMK Teknik Bangunan, *Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat 2021*.