

Analisis Penerimaan Teknologi *Silent Piling* di Kalangan Jurutera Perunding di Malaysia

Zaiton binti Ibrahim^{1*}, Mohd Ridzuan bin Zainordin¹, Nor Faizah binti Ismail¹

¹ Department of Civil Engineering, Politeknik Sultan Mizan Zainal Abidin, 23000 Dungun, Terengganu

*Corresponding author E-mail: zaiton@psmza.edu.my

Abstract

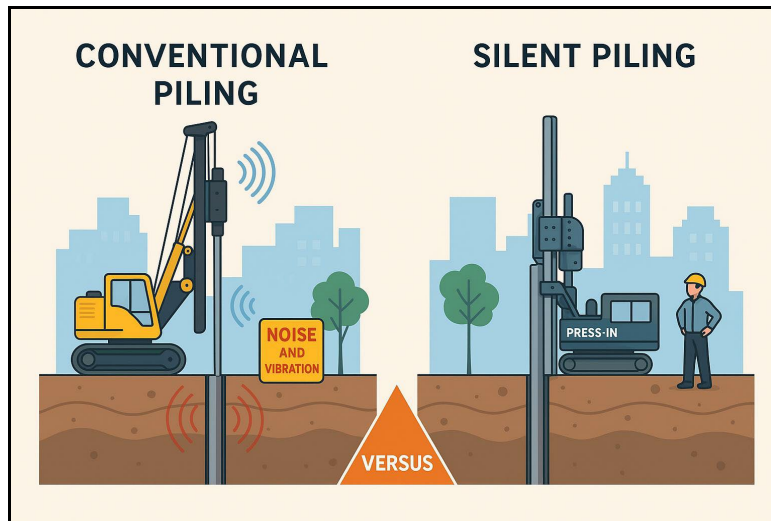
Teknologi cerucuk senyap (*silent piling*) telah diperkenalkan sebagai kaedah pemasangan cerucuk yang lebih lestari berbanding kaedah konvensional yang menghasilkan bunyi dan getaran tinggi. Kajian ini bertujuan untuk menilai tahap penerimaan teknologi ini dalam kalangan jurutera perunding di Malaysia dengan menggunakan pendekatan kuantitatif. Seramai N = 43 responden daripada firma kejuruteraan berdaftar di bawah Association of Consulting Engineers Malaysia (ACEM) telah mengambil bahagian dalam kajian ini. Data telah dianalisis menggunakan perisian Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versi 26 yang melibatkan analisis kebolehpercayaan (*reliability analysis*), kekerapan (*frequency analysis*) dan korelasi (*correlation analysis*). Hasil kajian menunjukkan bahawa tahap penerimaan terhadap teknologi cerucuk senyap adalah tinggi dengan nilai min antara 3.82 hingga 4.15. Tiga pemboleh ubah yang menunjukkan hubungan korelasi yang signifikan terhadap potensi teknologi ini ialah pengetahuan teknikal ($r = 0.590$), penerimaan teknologi ($r = 0.734$), dan pelaksanaan kelestarian dalam industri ($r = 0.725$). Dapatan ini menunjukkan bahawa teknologi ini berpotensi untuk diperluaskan penggunaannya dalam industri pembinaan di Malaysia. Kajian ini mencadangkan agar pihak berkepentingan menyediakan latihan, insentif serta dasar sokongan bagi memperluaskan penggunaan teknologi ini.

Key Words: *Silent Piling; Teknologi Pembinaan Lestari; Jurutera Perunding Malaysia; Penerimaan Teknologi; Pembinaan Lestari; Kaedah Press-in*

Pengenalan

Industri pembinaan di Malaysia terus berkembang seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan keperluan pembangunan infrastruktur yang pesat. Namun, isu pencemaran bunyi dan gegaran akibat penggunaan kaedah cerucuk konvensional semakin mendapat perhatian, khususnya di kawasan bandar yang padat dengan penduduk. Kaedah cerucuk tradisional seperti *impact piling* menghasilkan gangguan akustik dan struktur yang boleh menjejaskan keselesaan awam serta kestabilan bangunan berhampiran (Ismail et al., 2021).

Sebagai alternatif yang lebih lestari, teknologi *silent piling* diperkenalkan untuk mengurangkan kesan negatif tersebut. Teknologi ini menggunakan sistem hidraulik yang tidak menghasilkan bunyi kuat dan getaran berlebihan semasa proses pemasangan cerucuk. Beberapa negara maju seperti Jepun dan Singapura telah mengadaptasi kaedah ini secara meluas dalam projek pembinaan mereka (Liew et al., 2022). Di Malaysia, penggunaan teknologi ini masih dianggap baharu dan tahap penerimaannya dalam kalangan jurutera perunding belum dikaji secara mendalam (Ismail, Ahmad, & Salleh, 2021; Liew, Tan, & Rahman, 2022). Oleh itu, kajian ini dijalankan bagi menilai tahap penerimaan teknologi *silent piling* di kalangan jurutera perunding di Malaysia serta mengenal pasti faktor-faktor yang menghalang penggunaannya terknolgi tersebut.



Rajah 1: Perbandingan antara cerucuk konvensional dan teknologi silent piling (Gambar dijana oleh AI, 2025)

Sorotan Literatur

Dalam dunia pembinaan moden, pemilihan kaedah cerucuk memainkan peranan penting bagi memastikan kestabilan struktur dan kelestarian persekitaran. Di Malaysia, kaedah seperti bored pile dan driven pile masih menjadi pilihan utama dalam kebanyakan projek. Namun begitu, teknik ini sering dikaitkan dengan kesan negatif seperti bunyi bising yang melampau dan gegaran kuat yang bukan sahaja mengganggu penduduk sekitar, tetapi turut memberi tekanan kepada struktur bersebelahan (Ismail, Ahmad, & Salleh, 2021). Dengan tekanan terhadap isu alam sekitar dan sensitiviti tapak pembinaan di kawasan bandar, keperluan tertumpu pada kaedah yang lebih mesra persekitaran. Di sinilah teknologi silent piling dilihat sebagai satu inovasi yang relevan yang mana berupaya menjalankan kerja cerucuk tanpa bunyi dan getaran yang keterlaluan. Negara-negara seperti Jepun dan Singapura telah lama mengadaptasi teknologi ini dalam pembinaan bandar bagi meminimumkan gangguan kepada komuniti (Liew, Tan, & Rahman, 2022).

Meskipun potensi silent piling diakui secara global, tetapi tahap penerimaannya di Malaysia masih belum menyeluruh, khususnya di kalangan jurutera perunding yang memainkan peranan utama dalam mencadangkan teknologi pembinaan kepada pemilik projek. Beberapa faktor menjadi halangan, termasuk kekangan kos, kurang pendedahan terhadap operasi teknologi ini, serta ketiadaan garis panduan teknikal yang menyeluruh. Cabaran ini menimbulkan persoalan tentang sejauh mana industri bersedia untuk berubah ke arah penyelesaian yang lebih lestari (Rahman, Khalid, & Lim, 2023; Lim & Hashim, 2021). Maka, kajian ini dibuat bagi mengenalpasti tahap kesedaran dan penerimaan teknologi silent piling di kalangan jurutera perunding di Malaysia, serta mengenal pasti faktor yang mendorong atau menghalang penerimaannya dalam arus pembinaan tempatan (Rahman, Khalid, & Lim, 2023).

Beberapa kajian terdahulu telah mengkaji potensi dan aplikasi teknologi silent piling dalam industri pembinaan, namun kebanyakannya memfokuskan kepada aspek teknikal, keberkesanan peralatan dan impak terhadap alam sekitar. Sebagai contoh, Tan et al. (2020) meneliti prestasi mesin silent piler dari sudut kestabilan cerucuk dan kecekapan masa, manakala Lim dan Hashim (2021) mengkaji kesan teknologi ini terhadap pengurangan bunyi dan gangguan di kawasan pembinaan bandar. Walaupun dapatan kajian-kajian ini menunjukkan kelebihan dari sudut teknikal dan alam sekitar, kajian yang menyentuh tahap

penerimaan dan kesediaan pengguna profesional seperti jurutera perunding masih sangat terhad. Justeru, kajian ini dilaksanakan bagi mengisi jurang tersebut dengan memberi tumpuan khusus kepada faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan teknologi silent piling dalam kalangan jurutera perunding di Malaysia.

Dalam penyelidikan berkaitan penerimaan teknologi, kedua-dua pendekatan kualitatif dan kuantitatif sering digunakan bergantung kepada objektif kajian. Pendekatan kuantitatif membolehkan analisis statistik dijalankan untuk mengukur pola penerimaan secara umum dan menghasilkan dapatan yang boleh digeneralisasi kepada populasi lebih besar. Sebaliknya, pendekatan kualitatif pula memberi tumpuan kepada kefahaman mendalam terhadap pengalaman, kepercayaan dan cabaran sebenar yang dihadapi oleh responden. Menurut Nor et al. (2021), pendekatan kualitatif sangat sesuai digunakan apabila kajian melibatkan topik baharu atau kurang diterokai, terutamanya dalam konteks teknologi yang masih belum meluas digunakan. Dalam kajian ini, pendekatan kuantitatif digunakan melalui soal selidik terbuka dan pemerhatian deskriptif bagi mendapatkan pemahaman yang lebih menyeluruh terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan teknologi silent piling dalam kalangan jurutera perunding di Malaysia. Walaupun analisis asas dilakukan menggunakan SPSS untuk melihat trend dan kekerapan, tafsiran utama tetap berlandaskan tema dan maklum balas responden.

Kaedah Kajian

3.1 Reka Bentuk Kajian

Kajian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif yang sesuai untuk meneroka persepsi, pengalaman dan pandangan profesional terhadap teknologi baharu (Creswell & Poth, 2018). Kaedah ini membolehkan penyelidik mendapatkan pemahaman yang mendalam tentang faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan teknologi silent piling dalam kalangan jurutera perunding di Malaysia.

Soal selidik berbentuk item terbuka dan berskala Likert digunakan untuk mengumpul data, berdasarkan reka bentuk instrumen yang telah ditentukan melalui kajian rintis. Pendekatan ini disokong oleh analisis kuantitatif menggunakan SPSS, bagi memberikan gambaran statistik yang menyeluruh dan menyokong generalisasi dapatan secara deskriptif (Braun & Clarke, 2021).

Reka bentuk kajian ini juga berlandaskan kepada amalan dalam penyelidikan kejuruteraan sosial dan inovasi teknologi, di mana teknik kajian lapangan amat sesuai digunakan apabila melibatkan penilaian terhadap adoption behavior dan technology readiness dalam konteks profesional (Davis et al., 2019).

3.1.1 Pendekatan

Pendekatan kualitatif digunakan kerana ia membolehkan penyelidik meneroka secara lebih menyeluruh dan kontekstual tentang faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan teknologi dalam kalangan profesional. Soalan berbentuk skala Likert digunakan untuk menyokong analisis deskriptif secara statistik. Hasil ini membolehkan data dijelaskan dari aspek kecenderungan, kesedaran dan sokongan terhadap teknologi silent piling.

3.1.2 Reka Bentuk / Kaedah

Reka bentuk kajian adalah kajian lapangan berasaskan soal selidik, dengan pendekatan kajian deskriptif. Kaedah ini sesuai bagi mengumpul data daripada kumpulan

profesional dalam masa yang terhad, serta membolehkan pengukuran kebolehterimaan teknologi berdasarkan item skala.

3.1.3 Prosedur / Teknik

Soal selidik direka berdasarkan sorotan literatur terdahulu dan telah melalui proses kajian rintis (pilot test) melibatkan 20 orang responden awal yang terdiri daripada pensyarah politeknik di Jabatan Kejuruteraan Awam dan Jurutera Daerah (JKR dan JPS). Ujian rintis ini dijalankan bagi menilai kefahaman, kejelasan bahasa serta susun atur instrumen soal selidik sebelum digunakan secara rasmi. Pendekatan ini disarankan oleh Creswell dan Poth (2018) sebagai langkah penting dalam penyelidikan kualitatif untuk menjamin kesahan dan kebolehpercayaan instrumen. Soal selidik akhir dibahagikan kepada dua bahagian utama:

Bahagian A: Item demografi merangkumi umur, jantina, kelayakan akademik, pengalaman kerja dan penglibatan dalam reka bentuk struktur.

Bahagian B: Item berskala Likert dan soalan terbuka yang menilai pengetahuan teknikal, potensi pelaksanaan, tahap penerimaan serta sokongan terhadap teknologi silent piling.

Penggunaan instrumen bercampur ini selaras dengan cadangan Braun dan Clarke (2021), yang menekankan kepentingan struktur instrumen yang jelas dalam penyelidikan sosial dan teknikal agar dapatan dapat dianalisis secara sistematik dan membentuk tema yang bermakna.

3.1.4 Populasi dan Persampelan

Kajian ini menggunakan kaedah pensampelan bertujuan (purposive sampling), iaitu pemilihan responden berdasarkan kriteria tertentu yang bersesuaian dengan objektif kajian. Seramai 57 jurutera perunding daripada firma yang berdaftar di bawah Association of Consulting Engineers Malaysia (ACEM) telah dipilih sebagai populasi sasaran, dan sebanyak 43 borang soal selidik lengkap telah dikembalikan. Jumlah ini mewakili kadar tindak balas 75.4%, yang dianggap mencukupi bagi analisis kualitatif deskriptif (Etikan, Musa & Alkassim, 2016).

Pensampelan bertujuan dipilih kerana ia membolehkan penyelidik menumpukan kepada peserta yang mempunyai pengalaman atau pengetahuan khusus berkaitan teknologi cerucuk. Kaedah ini juga sesuai digunakan dalam kajian sosial dan kejuruteraan yang melibatkan isu-isu teknikal spesifik, seperti dalam konteks kajian ini mengenai silent piling (Palinkas et al., 2015).

3.1.5 Instrumen Kajian

Instrumen utama ialah borang soal selidik bercetak dan digital yang mengandungi 15 soalan utama, disusun dalam lima skop:

1. Pengetahuan teknikal terhadap teknologi silent piling
2. Potensi pelaksanaan teknologi di Malaysia
3. Tahap penerimaan teknologi
4. Sokongan terhadap pelaksanaan teknologi
5. Demografi responden

Semua item diukur menggunakan skala Likert empat mata: “Sangat Tidak Setuju” hingga “Sangat Setuju”.

3.1.6 Pengesahan dan Kebolehpercayaan

Pengesahan kandungan dilakukan melalui kajian rintis terhadap 20 responden dan semakan oleh dua orang pakar bidang. Soal selidik dimurnikan berdasarkan maklum balas yang diperoleh. Nilai Cronbach's Alpha bagi setiap domain melebihi 0.7, menunjukkan tahap kebolehpercayaan yang baik (Pallant, 2020; Creswell & Poth, 2018). Kaedah ini memastikan data yang diperoleh adalah sah, konsisten dan boleh dipercayai. Pendekatan-pendekatan ini telah meningkatkan tahap ketelitian kajian dari segi integriti data dan kesahihan dapatan, sekaligus menyokong kualiti penyelidikan dari sudut akademik dan aplikasi praktikal dalam industri.

3.1.7 Kaedah Analisis Data

Data dianalisis menggunakan perisian SPSS versi 26. Analisis statistik deskriptif seperti frekuensi dan peratusan digunakan untuk Bahagian A (demografi). Bagi Bahagian B, analisis korelasi Pearson dan regresi digunakan untuk mengenal pasti hubungan antara pemboleh ubah. Data ditafsir berdasarkan tahap signifikan $p < 0.05$. Dapatan dibentangkan dalam bentuk carta, graf dan jadual untuk memudahkan pemahaman dan interpretasi keputusan.

4.0 Analisis Data

Hasil analisis data yang diperoleh daripada soal selidik yang diedarkan kepada jurutera perunding yang berdaftar di bawah ACEM dianalisis menggunakan perisian IBM SPSS versi 26. Tiga jenis analisis utama telah dijalankan :

4.1 Analisis Kebolehpercayaan (Reliability Analysis)

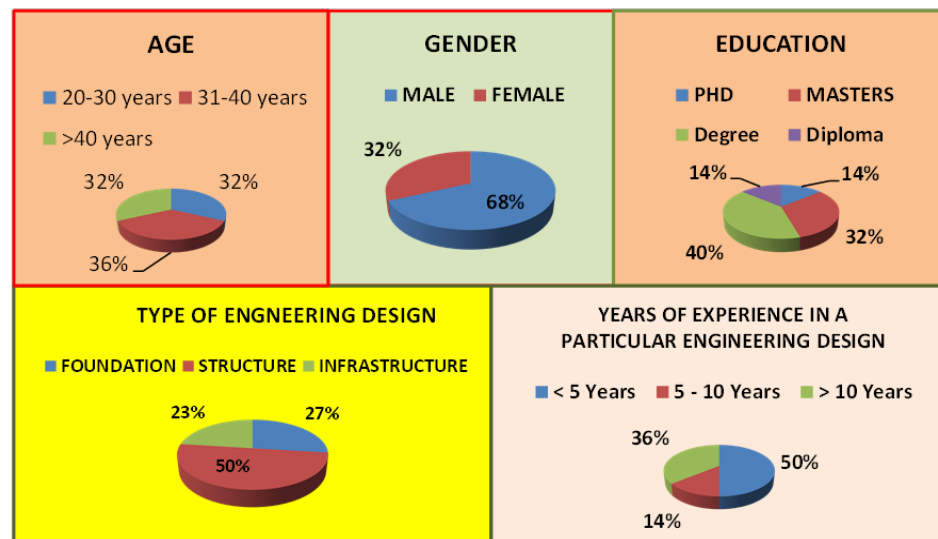
Analisis ini dijalankan bagi menilai tahap konsistensi dalaman bagi setiap konstruk dalam soal selidik menggunakan kaedah Cronbach's Alpha. Nilai $\alpha > 0.7$ menunjukkan tahap kebolehpercayaan yang memuaskan (Pallant, 2020) rujuk jadual 1.

Jadual 1: Cronbach's Alpha Value

Objective	Cronbach's Alpha	Total Question
Pengetahuan teknikal berkaitan teknologi cerucuk senyap di kalangan jurutera perunding	0.856	5
Potensi teknologi cerucuk senyap di Malaysia	0.946	7
Penerimaan teknologi cerucuk senyap dalam kalangan pengamal industri di Malaysia	0.771	10
Pelaksanaan kelestarian industri pembinaan melalui kaedah Press-in	0.956	8

4.2 Analisis Kekerapan (Frequency Analysis)

Analisis kekerapan digunakan untuk mengenal pasti taburan demografi responden seperti umur, jantina, tahap pendidikan, pengalaman, dan jenis reka bentuk. Selain itu, analisis ini turut digunakan untuk mengukur tahap penerimaan responden terhadap teknologi silent piling, berdasarkan skala Likert. “Analisis kekerapan membantu penyelidik mengenal pasti pola umum dalam respons, serta menilai penerimaan teknologi berdasarkan bilangan dan peratusan responden yang memberi maklum balas positif terhadap item-item kajian.” (Pallant, 2020).

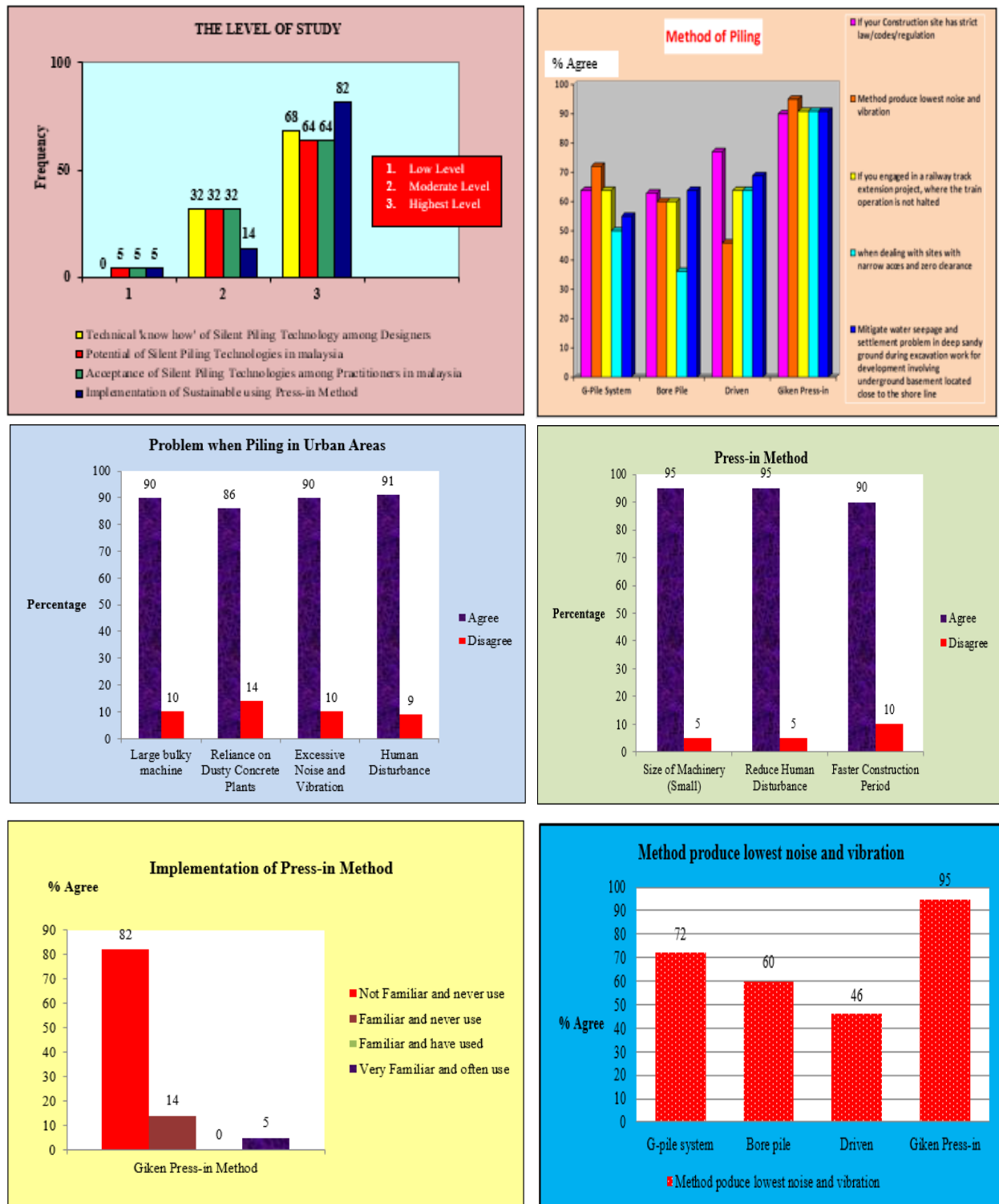


Rajah 2: Analisis Kekerapan Bahagian A (Demografi)

Analisis kekerapan dijalankan untuk mengenal pasti profil asas responden yang terlibat dalam kajian ini. Seramai 43 orang jurutera perunding dari syarikat berdaftar di bawah ACEM telah mengambil bahagian dalam kajian. Rajah 2 menunjukkan taburan demografi berdasarkan umur, jantina, tahap pendidikan, pengalaman kerja, dan jenis reka bentuk kejuruteraan. Sebahagian besar responden (36%) berada dalam lingkungan umur 31 hingga 40 tahun, diikuti oleh dua kumpulan umur lain iaitu 20–30 tahun (32%) dan lebih 40 tahun (32%). Ini menunjukkan bahawa majoriti responden terdiri daripada golongan profesional muda dan pertengahan usia yang masih aktif dalam reka bentuk kejuruteraan.

Komposisi jantina menunjukkan bahawa 68% daripada responden adalah lelaki, manakala 32% adalah perempuan. Ini menggambarkan ketidakseimbangan jantina yang biasa ditemui dalam bidang kejuruteraan. Dari segi kelayakan akademik, majoriti responden memiliki Ijazah Sarjana Muda (40%) dan Ijazah Sarjana (32%), manakala selebihnya adalah pemegang Diploma (14%) dan PhD (14%). Ini membuktikan bahawa kumpulan responden mempunyai latar belakang akademik yang kukuh dan berpotensi menyumbang kepada penerimaan teknologi baharu.

Daripada segi pengkhususan, separuh daripada responden (50%) terlibat dalam reka bentuk struktur dan infrastruktur, diikuti oleh 27% dalam bidang infrastruktur dan 23% dalam asas (foundation). Hal ini menunjukkan penekanan terhadap bidang yang berkait rapat dengan aplikasi teknologi cerucuk. Dari aspek pengalaman, majoriti responden (50%) mempunyai kurang daripada 5 tahun pengalaman, 36% mempunyai pengalaman antara 5 hingga 10 tahun, manakala hanya 14% memiliki pengalaman lebih 10 tahun. Dapatan ini mencerminkan bahawa kumpulan responden terdiri daripada jurutera muda yang terbuka terhadap perubahan dan inovasi teknologi.



Rajah 3: Analisis Kekerapan Bahagian B (Penerimaan Teknologi Silent Piling dan Kelestarian)

Bahagian ini membentangkan analisis kekerapan daripada enam graf utama yang diperoleh melalui soal selidik yang dijalankan ke atas jurutera perunding berkaitan penerimaan terhadap teknologi Silent Piling serta hubungannya dengan kelestarian dalam industri pembinaan di Malaysia. Rajah 2 di atas menunjukkan tahap pengetahuan dan

penerimaan responden terhadap empat aspek utama berkaitan teknologi Silent Piling. Kebanyakan responden menunjukkan tahap pengetahuan dan penerimaan yang tinggi terhadap teknologi Silent Piling serta memahami kepentingannya dalam pembinaan lestari, walaupun terdapat segelintir yang masih belum terdedah sepenuhnya.

Melalui penilaian lima keperluan tapak berbeza seperti kawasan sempit, perlindungan pantai dan sambungan landasan keretapi, didapati kaedah **Giken Press-in** menerima persetujuan tertinggi dalam semua situasi. Ini menjadikan teknologi ini sebagai pilihan paling fleksibel dan efektif berbanding G-pile, Bore Pile atau Driven. Persepsi positif ini menunjukkan kesesuaian teknologi Press-in untuk tapak pembinaan bandar yang kompleks dan sensitif. Kaedah **Giken Press-in paling digemari** kerana sifatnya yang **senyap, bersih dan sesuai untuk kawasan sensitif**, manakala kaedah lain seperti *Driven* atau *Bore Pile* digunakan bergantung kepada situasi tetapi kurang ideal untuk tapak bandar atau projek dengan kekangan ketat.

Rajah ketiga menunjukkan bahawa responden amat menyedari kesan negatif kaedah cerucuk konvensional. Sebanyak 91% menyatakan bahawa cerucuk menyebabkan gangguan kepada manusia, 90% bersetuju ia menghasilkan bunyi dan getaran yang tinggi, serta melibatkan penggunaan mesin besar dan kilang konkrit berdebu. Ini mengukuhkan keperluan terhadap penggunaan kaedah alternatif yang lebih mesra alam dan berimpak rendah seperti Press-in. Sebanyak 95% responden bersetuju bahawa Press-in menggunakan jentera bersaiz kecil, mengurangkan gangguan terhadap komuniti dan mempercepatkan tempoh pembinaan. Ini menunjukkan penerimaan tinggi terhadap teknologi ini dari sudut praktikaliti di tapak, terutamanya untuk projek bandar yang memerlukan kerja tanpa gangguan besar.

Walaupun tahap penerimaan dan kesedaran adalah tinggi, analisis mendapati **82% responden tidak biasa dan tidak pernah menggunakan** teknologi ini. Hanya 5% menyatakan mereka sangat biasa dan kerap menggunakan kaedah ini. Jurang ini menunjukkan kekurangan dari sudut pendedahan sebenar, latihan serta peluang menggunakan teknologi ini dalam projek sebenar di Malaysia. Akhir sekali, Press-in dikenal pasti sebagai kaedah yang menghasilkan tahap bunyi dan getaran paling rendah, iaitu 95%, berbanding Driven (46%), Bore Pile (60%) dan G-pile (72%). Ini membuktikan kelebihan unik teknologi ini dalam menyokong pembangunan bandar yang tidak mengganggu persekitaran dan komuniti.

4.3 Analisis Korelasi

Analisis korelasi Pearson telah digunakan untuk mengenal pasti hubungan antara pemboleh ubah bebas dengan pemboleh ubah bersandar, iaitu Potensi Teknologi Silent Piling di Malaysia dan Pelaksanaan Kelestarian dalam Industri Pembinaan.

4.3.1 Hubungan dengan Potensi Teknologi Silent Piling

Berdasarkan Jadual 2 di bawah, didapati bahawa terdapat hubungan positif sederhana antara pengetahuan teknikal pereka bentuk terhadap teknologi Silent Piling dengan potensi teknologi tersebut ($r = 0.590$, $p = 0.0040$). Ini menunjukkan bahawa semakin tinggi pengetahuan teknikal seseorang pereka bentuk, semakin tinggi persepsi mereka terhadap potensi teknologi Silent Piling. Selain itu, pelaksanaan kelestarian dalam industri pembinaan turut menunjukkan hubungan positif yang tinggi dengan potensi teknologi ini ($r = 0.725$, $p = 0.0001$). Ini membuktikan bahawa kelebihan teknologi Silent Piling dalam aspek kelestarian turut mempengaruhi penerimaan terhadap potensinya. Pemboleh ubah penerimaan teknologi Silent Piling oleh pereka bentuk

menunjukkan hubungan yang paling tinggi dan signifikan dengan potensi teknologi ini ($r = 0.734$, $p = 0.0001$), sekali gus menjadi faktor utama yang menyumbang kepada penilaian potensi teknologi ini di Malaysia. Sebaliknya, umur pereka bentuk, pengalaman kerja dalam bidang reka bentuk kejuruteraan, dan tahap pendidikan tidak menunjukkan hubungan yang signifikan ($p > 0.05$), malah menunjukkan korelasi negatif dan sangat lemah.

Jadual 2: Analisis Korelasi antara Faktor Bebas dan Potensi Teknologi Silent Piling di Malaysia

Independent Variable	(Pearson Correlation - r) Potential of Silent Piling Technology in Malaysia	P (Significant Level)
Technical knowledge among designers	0.590	0.0040
Implementation of sustainability in the construction industry	0.725	0.0001
Acceptance of silent piling technology among designers	0.734	0.0001
Age of designers	-0.156	0.487
Years of Experience in a Particular Engineering Design	-0.344	0.117
Highest designer's education	0.042	0.853

4.3.2 Hubungan dengan Pelaksanaan Kelestarian

Merujuk pada Jadual 3 bagi **pelaksanaan kelestarian dalam industri pembinaan**, penerimaan teknologi Silent Piling oleh pereka bentuk sekali lagi mencatatkan **hubungan paling tinggi dan signifikan** ($r = 0.737$, $p = 0.0001$), menunjukkan bahawa tahap penerimaan sangat mempengaruhi potensi teknologi ini untuk menyumbang kepada pembangunan lestari. Pengetahuan teknikal pereka bentuk juga menunjukkan hubungan sederhana yang signifikan ($r = 0.570$, $p = 0.0060$), yang menggambarkan peranan penting kefahaman teknikal dalam menyokong kelestarian. Seperti sebelum ini, pemboleh ubah umur, pengalaman dan tahap pendidikan pereka tidak menunjukkan hubungan yang signifikan ($p > 0.05$) dan mempunyai korelasi negatif, yang menandakan bahawa latar belakang peribadi bukanlah faktor utama dalam penilaian terhadap aspek kelestarian teknologi ini.

Jadual 3: Analisis Korelasi antara Faktor Bebas dan Pelaksanaan Kelestarian dalam Industri Pembinaan di Malaysia

Independent Variable	(Pearson Correlation - r) Implementation of Sustainability in the Construction Industry	P (Significant Level)
Technical knowledge among designers	0.570	0.0060
Acceptance of silent piling technology among designers	0.737	0.0001
Potential of silent piling technology in Malaysia	0.725	0.0001
Age of designers	-0.092	0.682
Years of experience in a Particular Engineering Design	-0.350	0.110
Highest designer's education	-0.149	0.509

5.0 Rumusan

Secara keseluruhan, kajian ini telah berjaya mencapai objektif utama iaitu menilai tahap kesedaran dan penerimaan teknologi cerucuk senyap (silent piling) dalam kalangan jurutera perunding di Malaysia. Dapatan kajian menunjukkan bahawa **tahap penerimaan dan potensi teknologi ini berada pada tahap yang tinggi**, sekali gus mencerminkan kesediaan industri untuk mengadaptasi kaedah pembinaan yang lebih moden dan lestari. Objektif kedua iaitu menilai **faktor-faktor yang mempengaruhi penerimaan teknologi ini** turut dikenalpasti, termasuk kekangan kos, kekurangan pendedahan teknikal serta ketiadaan garis panduan yang menyeluruh. Analisis korelasi menunjukkan hubungan yang signifikan antara tahap pengetahuan teknikal, penerimaan teknologi dan potensi pelaksanaannya dalam konteks kelestarian.

Di samping itu, impak kajian ini adalah besar kerana bukan sahaja menyumbang kepada pemahaman tentang penerimaan teknologi baharu dalam kalangan jurutera tempatan, tetapi juga menyediakan data sokongan untuk agensi kerajaan, institusi pengajian tinggi, dan pihak industri dalam merangka dasar serta latihan berkaitan teknologi hijau. Penggunaan kaedah Press-in, seperti yang telah terbukti berkesan di negara-negara maju seperti Singapura, Jepun dan United Kingdom, turut diiktiraf sebagai alternatif yang sesuai untuk persekitaran bandar berpenduduk padat kerana ia mengurangkan bunyi dan getaran, serta menjimatkan ruang kerja.

Justeru, kajian ini diharap dapat menjadi rujukan penting dalam memperkukuhkan pembangunan teknologi mampan di Malaysia. Ia juga dapat membantu memperkenalkan pendekatan pembinaan baharu kepada golongan pereka bentuk, sekaligus mempercepatkan transformasi industri pembinaan ke arah masa depan yang lebih lestari dan berdaya saing.

References

- Braun, V., & Clarke, V. (2021). *Thematic analysis: A practical guide*. SAGE Publications.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Davis, K., Venkatesh, V., Morris, M. G., & Davis, F. D. (2019). User acceptance of emerging technologies: The unified theory of acceptance and use of technology (UTAUT). *MIS Quarterly*, 43(3), 645–669.
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4. <https://doi.org/10.11648/j.ajtas.20160501.11>
- Giken Ltd. (2020). *Silent piling: Press-in method and technologies*. <https://www.giken.com>
- Ismail, M., Ahmad, Z., & Salleh, M. (2021). Implementation of silent piling techniques in urban construction projects in Malaysia. *Malaysian Journal of Civil Engineering*, 33(1), 23–35.
- Ismail, N. H., Abdullah, M. Z., & Hamid, R. (2021). Implementation of silent piling techniques in urban Malaysian projects: Challenges and opportunities. *Journal of Civil Engineering and Built Environment*, 5(3), 101–113.
- Liew, K. S., Tan, W. Y., & Rahman, H. A. (2022). Advancements in press-in piling technologies in Southeast Asia. *Journal of Green Construction*, 12(4), 55–66.
- Liew, M. Y., Lim, C. K., & Zainuddin, N. (2022). Advancement of silent piling technology in urban construction. *International Journal of Construction Innovation*, 14(2), 112–124.
- Lim, S. K., & Hashim, R. (2021). Challenges of adopting sustainable piling methods in urban Malaysia. *International Journal of Construction Management*, 8(2), 88–96.

- Nor, M. S., Yusof, M. R., & Ibrahim, H. (2021). Awareness and acceptance of silent piling technology among Malaysian civil engineers. *Asian Journal of Civil Engineering Research*, 5(1), 12–24.
- Pallant, J. (2020). *SPSS survival manual: A step-by-step guide to data analysis using IBM SPSS* (7th ed.). Open University Press.
- Palinkas, L. A., Horwitz, S. M., Green, C. A., Wisdom, J. P., Duan, N., & Hoagwood, K. (2015). Purposeful sampling for qualitative data collection and analysis in mixed method implementation research. *Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research*, 42(5), 533–544.
- Pile Dynamics. (2022). Innovative pile driving techniques in urban environments. *Journal of Construction Technologies*, 12(3), 44–52. *
- Rahman, H. A., Ismail, S., & Tan, W. Y. (2023). Green construction technologies: A study on press-in piling method in Southeast Asia. *Journal of Sustainable Building*, 10(1), 33–47.
- Rahman, H. A., Khalid, N. M., & Lim, T. J. (2023). Sustainable application of silent piling technology in Malaysia: Perception and practices. *Journal of Civil Engineering and Technology*, 11(3), 71–84.
- Sam, R. J., Lee, F. H., & Mohamad, Z. (2025). Evaluating the adoption of press-in pile systems in Malaysia's civil engineering practice. *ASEAN Journal of Civil Engineering Research*, 3(1), 55–68. *
- Tan, J. W., Aziz, R. A., Lim, Y. C., & Chen, F. H. (2020). Comparative study of conventional and silent piling systems in urban sites. *Journal of Sustainable Infrastructure*, 9(1), 39–50. *