

SKRIPSI

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL PALM OIL FUEL ASH DAN AIR
LAUT TERHADAP KEKUATAN DAN DURABILITAS *PAVING BLOCK***

Diajukan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar sarjana teknik (ST) pada
Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas
Sulawesi Barat



Disusun Oleh :

GILANG RAMADHAN

D01 21 513

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULAWESI BARAT

MAJENE

2025



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
FAKULTAS TEKNIK**

Alamat : Kampus Padhang-Padhang Banggae Timur Majene Sulawesi Barat
Website ://ft.unsulbar.ac.id Instagram : ft_universitas Sulawesi Barat

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH UKURAN PARTIKEL PALM OIL FUEL ASH DAN AIR LAUT
TERHADAP KEKUATAN DAN DURABILITAS *PAVING BLOCK***

TUGAS AKHIR

Oleh

GILANG RAMADHAN

NIM: D0121513

Tugas Akhir ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)

Tanggal 14 Maret 2025

Menyetujui,

Tim Pembimbing,

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Dr. Eng. Ir. Dahlia Patah, ST., M.Eng
NIP. 19860825 201504 2 001

Nur Okviyani, S., SI., MT.
NIP. 19901022 202203 2 012

Mengetahui,

Koordinator Program Studi

Dekan Fakultas Teknik

Amalia Nurdin, ST., MT
NIP. 19871212 201903 2 017

Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T
NIP. 19640405 199003 2 002

ABSTRAK

PENGARUH UKURAN PARTIKEL *PALM OIL FUEL ASH* DAN AIR LAUT TERHADAP KEKUATAN DAN DURABILITAS *PAVING BLOCK*

GILANG RAMADHAN

Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat (2024)

grmdhn409@gmail.com

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ukuran partikel Palm Oil Fuel Ash (POFA) dan penggunaan air laut terhadap kekuatan dan durabilitas *paving block*. Dua variasi ukuran partikel digunakan, yaitu Ground Palm Oil Fuel Ash (GPOFA) dan Nano Palm Oil Fuel Ash (NPOFA), dengan air laut sebagai substitusi air tawar dalam campuran. Metode penelitian menggunakan eksperimen laboratorium dengan pengujian kuat tekan dan daya serap air.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran partikel POFA berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tekan *paving block*. *Paving block* yang menggunakan POFA dengan ukuran partikel halus (NPOFA) menunjukkan kekuatan tekan rata-rata sebesar 16,49 MPa pada umur 56 hari, sedangkan *paving block* dengan GPOFA hanya mencapai 5,41 MPa. Selain itu, daya serap air *paving block* dengan ukuran partikel lebih besar meningkat hingga 14,29%, menunjukkan bahwa partikel kecil dapat mengurangi porositas. Ketahanan terhadap larutan asam juga diperoleh hasil yang baik, dengan penurunan kekuatan tekan yang lebih rendah pada *paving block* yang menggunakan air laut.

Kata kunci: *Paving block*, Air Laut, Kuat Tekan, Daya Serap, *Palm Oil Fuel Ash*.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Paving block merupakan salah satu bahan bangunan yang digunakan sebagai lapisan atas struktur jalan selain aspal atau beton (Mildawati dkk., 2023). *Paving block* sering digunakan untuk trotoar, jalan setapak, dan area parkir karena kemampuannya dalam mendistribusikan beban dan mengurangi kerusakan akibat cuaca ekstrem. Kualitas *Paving block* menurut standar SNI 03-0691-1996 ditentukan oleh kekuatan tekanannya. Kekuatan *Paving block* dilihat dari kemampuan material dalam menahan beban tanpa mengalami kerusakan struktural, sementara durabilitas berkaitan dengan daya tahannya terhadap ancaman seperti abrasi, serapan air, dan perubahan cuaca.

Kekuatan dan durabilitas merupakan dua atribut utama yang diapresiasi dalam pembuatan *Paving block*. Keduanya menjadi indikator penting dalam menilai performa material tersebut terhadap tekanan serta ketahanannya terhadap kondisi lingkungan. *Paving block* dapat diproduksi dengan menggunakan bahan-bahan daur ulang atau limbah sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan dibandingkan dengan bahan konstruksi lain. Adapun limbah yang biasa digunakan dan sudah diteliti sebelumnya yaitu abu sekam padi (Patah & Dasar, 2021), (Patah & Dasar, 2022), fly ash (Patah dkk., 2020), (Patah dkk., 2021), (Patah dkk., 2023), abu cangkang sawit (Dasar & Patah, 2024), (Dasar dkk., 2024), cangkang kelapa sawit (Patah dkk., 2024), abu cangkang sawit, abu sekam padi, dan abu serat padi (Ridhayani dkk., 2023). Penekanan pada aspek keberlanjutan dalam produksi *paving block* dan penggunaannya dapat menjadi fokus penting.

Di Indonesia, tepatnya di Mamuju Tengah, Sulawesi Barat merupakan salah satu penghasil kelapa sawit terbesar yang ada di pulau Sulawesi. Jumlah limbah padat yang dihasilkan berbanding lurus dengan jumlah produksi yang dilakukan. Limbah padat atau biasa disebut Cangkang sawit digunakan sebagai bahan bakar pada boiler pabrik kelapa sawit. Abu hasil pembakaran

cangkang sawit pada boiler biasanya tidak digunakan dan biasanya hanya digunakan sebagai bahan timbunan oleh masyarakat.

Menurut Syarif (2022), *Paving block* yang menggunakan geopolimer abu cangkang sawit dengan tambahan semen tipe 1 menunjukkan hasil kuat tekan yang signifikan. Demikian pula, penelitian oleh (Mildawati dkk., 2023) menemukan bahwa penggunaan abu fiber kelapa sawit dalam campuran *Paving block* sebagai pengganti sebagian semen turut meningkatkan kuat tekan dan menurunkan daya serap air. Penelitian dari (Wiratno dkk., 2020) juga mendukung temuan ini dengan pemanfaatan limbah cangkang sawit sebagai aditif alternatif, yang mengindikasikan bahwa penguatan material dari sumber bahan limbah dapat memberikan kekuatan tambahan pada *Paving block*.

Durabilitas *Paving block* juga terbukti menjadi faktor yang krusial dalam penggunaannya di lingkungan eksternal, terutama di area yang sering terpapar air laut. Air laut yang mengandung klorida dapat bersifat korosif terhadap material konstruksi jika tidak memiliki durabilitas yang cukup. Syarif (2022), menjelaskan bahwa *Paving block* dengan komposisi geopolimer abu sawit menunjukkan ketahanan yang lebih baik terhadap serapan air dan pelapukan. komposisi abu fiber kelapa sawit juga menambah durabilitas dengan menurunkan daya resap air secara signifikan. Ini menunjukkan bahwa penggunaan berbagai material alternatif dari limbah sawit tidak hanya meningkatkan kekuatan tetapi juga durabilitas *Paving block*, membuatnya menjadi solusi potensial yang berkelanjutan dalam industri konstruksi.

Pada penelitian ini, *paving block* mutu B yang direncanakan digunakan. Menurut standar SNI 03-0691-1996, *paving block* mutu B cocok untuk lahan parkir. *Paving block* yang akan dibuat dalam penelitian ini memiliki ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, tinggi 8 cm dan panjang 10 cm, lebar 10 cm, tinggi 8 cm. *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* (NPOFA) digunakan sebagai substitusi semen dengan variasi persentase tambah sebesar 0%, 20% dan Air laut digunakan sebagai bahan campuran

Paving block. Dari penjelasan di atas, penulis memilih judul "**PENGARUH UKURAN PARTIKEL PALM OIL FUEL ASH DAN AIR LAUT TERHADAP KEKUATAN DAN DURABILITAS *PAVING BLOCK***". Penggunaan abu cangkang sawit sebagai pengganti semen pada *Paving block* diharapkan dapat meningkatkan kualitas *Paving block* tersebut. Selain itu, diharapkan dapat membantu mengurangi masalah limbah lingkungan dan mengatasi kekurangan air bersih dengan menggunakan air laut dalam pembuatan *Paving block*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh penggunaan air laut dan *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) 20% dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* (NPOFA) 20% sebagai bahan pengganti semen yang tertahan pada saringan No.50 dan No.200 mm terhadap kuat tekan *Paving block*?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan air laut dan *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) 20% dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* (NPOFA) 20% sebagai bahan pengganti semen yang tertahan pada saringan No.50 dan No.200 mm terhadap daya serap air *Paving block*?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan air laut dan *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) 20% dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* (NPOFA) 20%, sebagai bahan pengganti semen yang tertahan pada saringan No.50 dan No.200 mm terhadap ketahanan Acid setelah perendaman 28 hari *paving blok*?

1.3 Tujuan Penelitian

Pada penelitian Pemanfaatan Pasir Pantai Dan Air Laut Dalam Pembuatan *Paving block* Untuk Pembuatan Parkiran ini, bertujuan untuk :

1. Pengaruh penggunaan air laut dan *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) 20% dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* (NPOFA) 20% sebagai bahan pengganti semen yang tertahan pada saringan No.50 dan No.200 mm terhadap kuat tekan *Paving block*?

2. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan air laut dan *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) 20% dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* (NPOFA) 20% sebagai bahan pengganti semen yang tertahan pada saringan No.50 dan No.200 mm terhadap daya serap air *Paving block*?
3. Untuk mengetahui pengaruh penggunaan air laut dan *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) 20% dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* (NPOFA) 20% sebagai bahan pengganti semen yang tertahan pada saringan No.50 dan No.200 mm terhadap ketahanan acid setelah perendaman 28 hari *Paving block*?

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini sangat diperlukan untuk mempermudah arah dan pembagian masalah dalam penelitian ini, yang mana dalam penelitian ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut :

1. semen yang digunakan adalah semen *porland composit* (PCC) tipe 1.
2. Bahan pengganti yang digunakan adalah *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) 20% dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* (NPOFA) 20%, yang berasal dari PT. Surya Lestari II di kecamatan Budong-budong, Kabupaten Mamuju Tengah, Provinsi Sulawesi Barat.
3. Bahan pengganti yang digunakan adalah *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) 20% dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* (NPOFA) 20% ukuran butiran lolos saringan No. 50 dan No. 200.
4. Agregat halus yang digunakan adalah pasir yang berasal dari Mapilli Kecamatan Mapilli, Kabupaten Polewali Mandar.
5. Agregat kasar yang digunakan berasal dari CV. Anato Group, Kecamatan Duampanua, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan.
6. Pencampuran menggunakan air laut yang diambil dari lingkungan Pangali-ali, Kecamatan Banggae, Kabupaten Majene.
7. Target Faktor Air Semen (FAS) maksimal 0,30
8. Perawatan yang di lakukan menggunakan air tawar yang berasal dari sumur bor laboratorium terpadu universitas Sulawesi barat.

9. Target mutu *Paving block* yang ingin dicapai adalah mutu B (Digunakan untuk pelataran parkir) sesuai dengan SNI 03-0691-1996.
10. Benda uji berukuran Panjang 20 cm x lebar 10 cm x tinggi 8 cm dan panjang 10 x lebar 10 x tinggi 8.
11. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 7 hari, 28 hari, dan 56 hari dengan jumlah *Paving block* 45, sampel dengan SNI 03-0691-1996.
12. Pengujian daya serap air dilakukan pada umur 28 hari dengan jumlah *Paving block* ukuran panjang 10 x lebar 10 x tinggi 8 sebanyak 2 sampel mengacu pada SNI-03-0691- 1996.
13. Pengujian ketahanan *acid* di lakukan pada umur 28 hari sampai 56 hari dengan jumlah *Paving block* 15 sampel, mengacu pada ASTM-C1898-20.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Manfaat teoritis dari penelitian ini adalah memberikan masukan pengaruh *Ground Palm Oil Fuel Ash* (GPOFA) dan *Nano Palm Oil Fuel Ash* terhadap kuat tekan, serapan air dan ketahanan acid pada *Paving block* dengan pencampuran air laut dan perawatan menggunakan air tawar.
2. Manfaat praktis dari penelitian ini adalah dapat digunakan sebagai bahan referensi bagi penelitian selanjutnya khususnya di bidang ketekniksipilan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam proses penyusunan proposal penelitian sistematika penulisan sangat dibutuhkan agar penulis dapat menyelesaikan dengan terstruktur. Dalam penulisan proposal penelitian ini ada beberapa tahap sistematika penulisan diantaranya sebagai berikut :

BAB I Latar Belakang

Bab ini memuat latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan tentang teori-teori yang menyangkut tentang penelitian ini.

BAB III Metode Penelitian

Bab ini memuat bagan alir penelitian, tahapan selama penelitian meliputi tempat dan waktu penelitian, alat penelitian, prosedur kerja, metode percobaan, metode pengumpulan data, serta diagram alir penelitian.

BAB IV Hasil dan Penelitian

Bab ini merupakan penjabaran dari hasil-hasil pengujian kuat tekan, porositas, daya serap dan ketahanan acid.

BAB V Penutup

Bab ini memuat kesimpulan singkat mengenai analisis hasil yang di peroleh saat penelitian dan disertai dengan saran.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Hasil dari penelitian ini pastinya berkaitan erat dengan studi-studi sebelumnya. Dalam menunjang penulisan penelitian ini, penulis merujuk pada beberapa artikel yang telah dipublikasikan sebelumnya. Berikut adalah beberapa kajian yang relevan dengan topik penelitian yang sedang dijalankan:

1. (Mildawati dkk., 2023) pengaruh abu fiber kelapa sawit pada campuran *Paving block* sebagai pengganti sebagian semen terhadap kuat tekan dan daya serap air. Hasil kuat tekan rata-rata *Paving block* pada variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% secara berturut-turut adalah 141,40 kg/cm², 148,20 kg/cm², 152,28 kg/cm², 125,08 kg/cm², 118,29 kg/cm², 100,61 kg/cm², dan 80,22 kg/cm². Sedangkan hasil daya serap air rata-rata *Paving block* pada variasi 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% secara berturut-turut adalah 7,7%, 7,86%, 8,01%, 8,67%, 9,48%, 10,68% dan 11,11%. Kesimpulannya ialah hasil pengujian kuat tekan menunjukkan bahwa penggantian semen dengan abu fiber sawit di atas 5% dari volume semen mengalami penurunan.
2. (Wiratno dkk., 2020) pemanfaatan limbah cangkang kelapa sawit sebagai alternatif bahan tambah dalam pembuatan *Paving block*. Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium menggunakan benda uji kotak dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 10 cm, tinggi 6 cm sebanyak 40 buah. Campuran menggunakan perbandingan 1 semen dan 5 pasir dengan fas 0,3. Perawatan benda uji dengan cara direndam dalam air untuk selanjutnya dilakukan pengujian kuat tekan dan penyerapan pada umur 28 hari. Berdasarkan pengujian nilai kuat tekan *Paving block* dengan presentase 0%, 5%, 10%, 15% berturut-turut sebesar 8,08 MPa; 7,18 MPa; 6,46 MPa; 5,94 MPa. Nilai serapan air *Paving block* dengan presentase 0%, 5%, 10%, 15% berturut-turut sebesar 9,88 %; 10,25%; 12,27%; 12,44%.

3. (Syarif., 2022) kuat tekan dan *absorpsi Paving block geopolimer* abu sakit (*palm oil fuel ash*) menggunakan tambahan semen tipe 1 (*ordinary portland cement*) dengan air gambut. Pengujian akhir yang dilakukan pengujian kuat tekan dan absorpsi (penyerapan air) pada umur pengujian 7 dan 28 hari. Dari hasil yang didapat, kuat tekan variasi 20% untuk pengujian 7 dan 28 hari memiliki kuat tekan tertinggi 25 MPa umur 7 hari dan 30 MPa umur 28 hari, sedangkan untuk *absorpsi* menghasilkan 5,1% umur 7 hari dan 4,7% umur 28 hari. Dari data hasil pengujian absorpsi yang didapat, hasil pengujian *absorpsi* berbanding terbalik dengan hasil pengujian kuat tekan. Sehingga pengujian kuat tekan dan absorpsi ini mempunyai kaitan satu sama lainnya.
4. (Palepy., 2021) pengaruh penambahan limbah abu cangkang kelapa sawit terhadap kuat tarik pada beton dengan bahan tambahan *superplasticizer*. Sampel pengujian beton yang digunakan adalah silinder dengan ukuran 15 x 30 cm³ sebanyak 12 benda uji. Pengujian kuat tarik belah beton dilakukan pada umur 28 hari. Nilai kuat tarik yang diperoleh mengalami kenaikan pada variasi 10% dengan nilai (4,74 MPa) dari beton normal dengan nilai (4,60MPa) dan mengalami penurunan pada variasi 20% (3,96 MPa) dan variasi 30% (3,54MPa). Nilai kuat tarik optimum terjadi pada variasi abu cangkang kelapa sawit 10%.
5. (Anggoro dkk., 2023) pemanfaatan cangkang kelapa sawit sebagai bahan campuran pada pembuatan *Paving block*. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode rancangan blok lengkap (RBL) dengan 2 faktor. Didapatkan kombinasi sampel terbaik pada masing masing parameter pada uji kuat tekan diperlukan F1G2 mendapat nilai dengan rata-rata 4,350 MPa, uji kuat lentur diperlakukan F2G2 mendapatkan nilai rata rata 0,430 MPa, uji densitas air diperlakukan F2G2 mendapat nilai rata-rata 1,565 gr/cm³, uji penyerapan air perlakuan F2G2 dikarenakan pada pengujian ini mendapat rata-rata 4,035%.

2.2 *Paving block*

1. Definisi *Paving block*

Paving block atau dikenal juga sebagai bata beton adalah bahan bangunan yang digunakan untuk pelapis permukaan tanah seperti jalan, trotoar, halaman, dan lain sebagainya. Penggunaan *Paving block* menjadi solusi efektif untuk mengatasi problematika ini karena memiliki sifat yang kuat, tahan lama, serta mudah dipasang dan dilepas kembali jika diperlukan. *Paving block* juga memiliki keunggulan dibanding material lainnya, seperti memiliki variasi desain dan warna yang memperkaya nilai estetika suatu permukaan, serta membantu mencegah genangan air dengan sistem permeabilitasnya.

Di Indonesia, *Paving block* mulai populer digunakan pada sekitar tahun 1980-an dan semakin berkembang hingga saat ini, terutama untuk penggunaan pada jalan setapak, halaman rumah, tempat parkir, dan area publik lainnya. *Paving block* telah menjadi pilihan populer di Indonesia karena harganya yang relatif terjangkau, proses pemasangan yang mudah, dan tahan terhadap beban yang berat. Seiring dengan perkembangan teknologi, produksi *Paving block* kini menggunakan teknik dan bahan yang lebih maju. Teknologi baru ini memungkinkan pembuatan *Paving block* dengan kualitas yang lebih baik, lebih tahan lama, serta desain yang lebih variatif.

Ketebalan *Paving block* yang sering digunakan (*specifications for Precast Concrete Paving block*, 1980) yaitu:

- a. Ketebalan 6 cm, digunakan untuk beban lalu lintas ringan yang frekuensinya terbatas, seperti pejalan kaki, sepeda motor.
- b. Ketebalan 8 cm, digunakan untuk beban lalu lintas yang frekuensinya padat, seperti sedan, pick up, bus dan truk.
- c. Ketebalan 10 cm atau lebih, digunakan untuk beban lalu lintas yang superberat seperti crane, loader.

2. Klasifikasi *Paving block*

Berdasarkan SK SNI T-04-1990-F, klasifikasi *Paving block* didasarkan atas bentuk, tebal, kekuatan, dan warna. Klasifikasi tersebut antara lain :

a. Klasifikasi Berdasarkan Bentuk

Bentuk *Paving block* secara garis besar terbagi atas banyak macam yaitu :



Gambar 2.1 Jenis-jenis *Paving block*
Anonim, 2024 diakses pada
(<https://japdesain.com/blog/tips-memilih-paving-block/>)

b. Klasifikasi Berdasarkan Ketebalan

- 1) Bata beton dengan ketebalan 60 mm
- 2) Bata beton dengan ketebalan 80 mm
- 3) Bata beton dengan ketebalan 100 mm

c. Klasifikasi Berdasarkan Warna

Warna yang tersedia dipasaran antara lain abu-abu, hitam, dan merah. *Paving block* yang berwarna kecuali menambah keindahan juga dapat digunakan untuk memberi batas pada perkerasan seperti tempat parkir, tali air, dan lain-lain.

3. Mutu *Paving block*

Menurut SNI-03-0691-1996, syarat mutu *Paving block* sebagai berikut:

a. Sifat Tampak

Beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusaknya tidak mudah dirapuhkan dengan kekuatan jari tangan.

b. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi $\pm 8\%$.

c. Sifat Fisika

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Sifat-sifat Fisika Bata Beton

Mutu	Kuat Tekan (MPa)		Ketahanan aus (mm/menit)		Penyerapan air rata-rata maks
	Rata-rata	Min.	Rata-rata	Min.	(%)
A	40	35	0,090	0,103	3
B	20	17	0,130	0,149	6
C	15	12,5	0,160	0,184	8
D	10	8,5	0,219	0,251	10

Sumber: (Bata Beton) *Paving block* SNI 03-0691 : 1996

Menurut SNI 03-0691-1996, mutu *Paving block* dikategorikan berdasarkan kuat tekan dan penggunaan untuk berbagai keperluan. Mutu *Paving block* dibagi menjadi empat kelas mutu, yakni:

- 1) Mutu A: Digunakan untuk jalan. Kuat tekan minimal adalah 250 kg/cm².
- 2) Mutu B: Digunakan untuk pelataran parkir. Kuat tekan minimal adalah 200 kg/cm².
- 3) Mutu C: Digunakan untuk pejalan kaki. Kuat tekan minimal adalah 150 kg/cm².
- 4) Mutu D: Digunakan untuk taman dan lainnya. Kuat tekan minimal adalah 100 kg/cm².

Concrete *Paving block* persyaratan untuk *Paving block* antara lain:

- 1) *Paving block* sebaiknya mempunyai ketebalan tidak kurang dari 60 mm.
 - 2) Ketebalan *Paving block* yang baik yaitu 60 mm, 65 mm, 80 mm, dan 100 mm.
 - 3) *Paving block* dengan bentuk persegi panjang sebaiknya mempunyai panjang 200 mm dan lebar 100 mm.
 - 4) Toleransi dimensi pada *Paving block* yang diijinkan yaitu:
 - a) Panjang ± 2 mm
 - b) Lebar ± 2 mm
 - c) Tebal ± 2 mm
4. Material Penyusun *Paving block*

a. Semen PCC

Semen PCC (*Portland Composite Cement*) adalah jenis semen yang banyak digunakan dalam konstruksi. Semen PCC adalah campuran dari klinker semen Portland, gypsum, dan bahan pozzolan atau material tambahan lainnya seperti abu terbang, terak tanur tiup, atau kapur. Proporsi dari bahan-bahan tersebut bervariasi, tetapi klinker semen Portland biasanya mendominasi. Semen PCC memiliki kekuatan yang baik dan ketahanan terhadap lingkungan yang agresif, seperti serangan sulfat dan air laut. Memiliki panas hidrasi yang lebih rendah dibandingkan dengan OPC (*Ordinary Portland Cement*), yang menjadikannya cocok untuk digunakan dalam penuangan beton besar untuk meminimalisir retak akibat panas. Lebih ramah lingkungan karena penggunaan material tambahan seperti pozzolan yang mengurangi emisi CO₂.

Semen PCC umumnya digunakan dalam berbagai aplikasi konstruksi, termasuk bangunan bertingkat, jembatan, trotoar, jalan raya, dan berbagai proyek infrastruktur lainnya. Bisa digunakan untuk beton struktural, *plastering*, *brickwork*, dan *flooring*. Biaya produksi

semen PCC lebih rendah dibandingkan dengan OPC karena bahan tambahannya biasanya lebih murah dari pada klinker semen Portland. Juga memberikan peluang untuk penggunaan material lokal yang dapat mengurangi biaya transportasi.

Menurut SNI 7064:2014, definisi semen portland komposit adalah bahan pengikat hidrolis hasil penggilingan bersama-sama terak semen portland dan gips dengan satu atau lebih bahan anorganik, atau hasil pencampuran antara bubuk semen portland dengan bubuk bahan anorganik lain. Bahan anorganik tersebut antara lain terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolan, senyawa silikat, batu kapur, dengan kadar total bahan anorganik 6 % - 35 % dari massa semen portland komposit.

b. Agregat Halus (pasir)

Agregat halus adalah bahan yang mempunyai partikel yang lebih kecil dari 4,75 mm (saringan No.4) tetapi lebih besar dari 0,075 mm (saringan No.200). Pasir merupakan salah satu contoh dari agregat halus. Umumnya, ukuran partikel pasir berkisar antara 0,15 mm hingga 4,75 mm. Pasir harus bebas dari lumpur, tanah liat, dan bahan organik yang dapat mempengaruhi kekuatan dan durabilitas beton. Partikel pasir umumnya bulat dan halus, yang mempengaruhi *workability* beton. Gradasi yang baik akan memberikan kekuatan dan kepadatan yang optimal untuk beton atau mortar. Pasir berfungsi memberikan volume untuk beton sebagai bahan pengisi, meningkatkan kekuatan dan stabilitas beton serta membantu menjaga *workability* beton. Meningkatkan kekuatan dan stabilitas beton. Pasir digunakan sebagai salah satu komponen campuran untuk meningkatkan kekuatan dan keawetan *Paving block*.

Pasir merupakan agregat halus dengan ukuran butiran antara 0,15 mm dan 5 mm. Pasir yang baik digunakan untuk pengecoran adalah pasir dengan kandungan lumpur yang sedikit. Pasir umumnya berasal dari kawah gunung dan aliran sungai. Besaran percepatan maksimum

pasir yang ditetapkan adalah 4,7 mm sesuai standarisasi SNI 03-6821-2002. Tidak boleh lebih dari 5 mm.

Menurut SNI 03-6821-2002 terdapat beberapa persyaratan agregat halus yang harus dipenuhi sesuai standar prosedur, sebagai berikut:

- 1) Pasir terdiri dari butir-butir tajam dan keras.
- 2) Butir-butir halus bersifat kekal artinya tidak mudah lapuk.
- 3) pengaruh cuaca, seperti terik matahari dan hujan. Sifat kekal agregat halus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10%.
- 4) Agregat halus tidak mengandung lumpur lebih dari 5%. Apabila kadar lumpur lebih dari 5%, maka harus dicuci. Khususnya pasir untuk bahan pembuat beton.

c. Air Laut

Air di lautan sering disebut sebagai air laut yang terdiri dari 96,5% air murni dan 3,5% bahan lain seperti garam, bahan organik, dan partikel tak larut. Kandungan garam dalam air laut rata-rata sekitar 35.000 ppm atau 35 g/liter, yang berarti terdapat 35 gram garam dalam 1 liter air laut. Komponen kimia utama dari air laut meliputi klorida (Cl), natrium (Na), magnesium (Mg), dan sulfat (SO₄). Rentang nilai pH air laut berkisar antara 7,5 – 8,5. Air laut dapat merusak mortar melalui reaksi fisik dan kimia. Proses hidrasi semen menghasilkan senyawa kalsium silikat hidrat (C-S-H) sebagai perekat dan kalsium hidroksida (Ca (OH)₂). Magnesium sulfat (MgSO₄) merupakan bahan kimia dalam air laut yang paling berpengaruh terhadap kerusakan mortar. MgSO₄ bereaksi dengan Ca (OH)₂ dalam semen membentuk kalsium sulfat (CaSO₄) dan magnesium hidroksida (Mg (OH)₂), yang dapat menyebabkan ekspansi magnesia dan retakan pada mortar. Salinitas air laut diukur sebagai jumlah material terlarut dalam tiap kilogram air laut, berkisar antara 3,4-3,5%.

5. Metode Pembuatan *Paving block*

Umumnya, masyarakat menggunakan dua metode berbeda dalam pembuatan *Paving block*. Berikut adalah metode pembuatan *Paving block* yang umum digunakan:

a. Metode Konvensional

Metode konvensional pembuatan *Paving block* adalah metode tradisional yang sering digunakan dalam proses produksi *Paving block* atau bata beton. Metode konvensional ini dikenal karena prosesnya yang sederhana dan biaya produksinya yang relatif rendah. Namun, metode ini juga membutuhkan waktu yang lebih lama dan tenaga kerja yang lebih banyak dibandingkan dengan metode modern yang menggunakan teknologi-teknologi canggih. Proses ini melibatkan beberapa tahapan utama, yaitu:

1) Persiapan Bahan

Bahan utama yang digunakan adalah semen, pasir, agregat kasar, dan air. Biasanya, bahan tambahan seperti pigmen pewarna juga dapat ditambahkan tergantung pada kebutuhan desain.

2) Pencampuran Material

Semua bahan baku dicampur manual menggunakan tenaga manusia secara merata. Konsistensi campuran ini sangat penting untuk memastikan kekuatan dan kekokohan *Paving block* yang dihasilkan.

3) Pencetakan

Setelah pencampuran, bahan yang telah homogen dimasukkan ke dalam cetakan. Cetakan ini biasanya terbuat dari baja atau bahan keras lainnya untuk memastikan bentuk yang akurat dan konsisten.

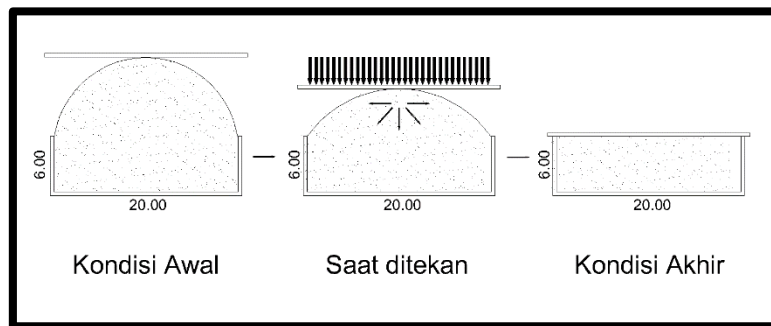
4) Pemasakan

Campuran yang ada dalam cetakan kemudian dipadatkan dengan berbagai cara, misalnya dengan menggunakan alat

pemadat atau papan vibrasi untuk menghilangkan rongga udara dan memastikan kepadatan yang optimal dari *Paving block*.

5) Pengeringan dan Pengerasan

Setelah dipadatkan, *Paving block* perlu dikeringkan untuk menghilangkan kelebihan air. Proses pengeringan ini bisa berlangsung selama beberapa hari hingga *Paving block* mencapai kekuatan penuh. Sering kali *Paving block* diletakkan dalam kondisi yang lembab atau di bawah penutup untuk menjaga kelembaban dan menghindari retakan selama proses pengerasan.



Gambar 2.2 Metode Konvensional

b. Metode Mekanisme

Metode ini adalah mekanisme umum yang digunakan dalam pembuatan *Paving block* menggunakan mesin. Adanya variasi kecil bisa terjadi tergantung pada teknik dan alat yang digunakan oleh pabrik. Metode ini menggunakan mesin molen untuk mencampur bahan material, kemudian dimasukkan ke dalam mesin *press Paving block*. Proses ini melibatkan beberapa tahapan utama, yaitu:

1) Persiapan Bahan

Bahan utama dalam pembuatan *Paving block* adalah semen, pasir, dan air. Selain itu, bisa ditambahkan agregat halus dan bahan pewarna untuk memberikan variasi warna pada *Paving block*. Pastikan semua bahan memiliki kualitas yang baik dan bersih dari kotoran atau bahan asing lainnya.

2) Pengadukan Bahan

Bahan-bahan yang sudah dipersiapkan dicampur dalam takaran yang tepat menggunakan mixer beton. Campuran ini harus homogen agar menghasilkan *Paving block* yang kualitasnya merata.

3) Pencetakan

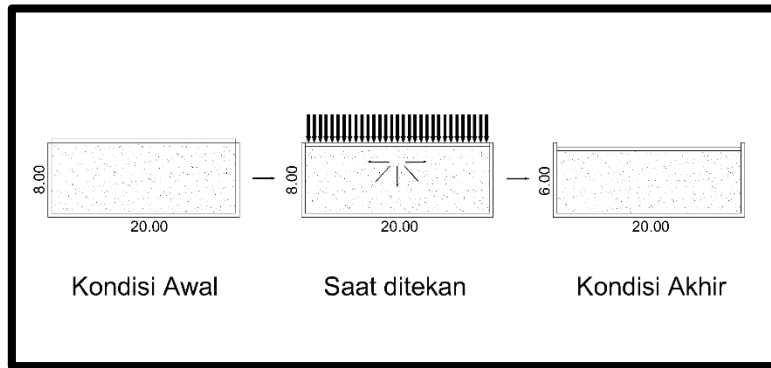
Campuran beton yang sudah homogen dimasukkan ke dalam cetakan *Paving block*. Ada berbagai jenis cetakan yang bisa digunakan, tergantung ukuran dan bentuk *Paving block* yang diinginkan.

4) Pematatan

Campuran beton dalam cetakan dipadatkan menggunakan mesin *press* hidrolik atau mesin getar untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan memastikan kepadatan beton. Pematatan yang baik akan mempengaruhi kekuatan dan ketahanan *Paving block*.

5) Pengeringan dan Pengerasan

Paving block yang telah dicetak dan dipadatkan kemudian didiamkan selama beberapa waktu untuk proses pengerasan awal (biasanya selama 24 jam). Setelah itu, ditumpuk di tempat teduh dan disiram air secara konsisten (*curing*) untuk memastikan proses hidrasi dari semen berjalan dengan baik. Proses ini biasanya memakan waktu sekitar 28 hari. Pengujian Kualitas. Setelah proses pengerasan selesai, *Paving block* diuji kualitasnya, termasuk uji kekuatan tekan dan uji penyerap air. *Paving block* yang memenuhi standar kemudian siap untuk digunakan atau dijual.



Gambar 2.3 Metode Mekanisme

6. Perawatan *Paving block*

Metode perawatan benda uji mengacu pada SNI-2493-2011. Setelah proses pembuatan sampel benda uji selesai, langkah selanjutnya adalah melakukan perawatan dengan cara menyiram seluruh permukaan *Paving block* menggunakan air tawar, kemudian meletakkan *Paving block* di tempat yang aman agar terhindar dari sinar matahari yang dapat memengaruhi kualitasnya. Perawatan *Paving block* dilakukan dengan cara menyemprotkan air, bukan merendamnya langsung dalam kolam untuk jangka waktu tertentu.

7. Pengujian *Paving Blok*

Pengujian yang direncanakan akan dilakukan di laboratorium teknik sipil Universitas Sulawesi Barat mencakup pengujian kekuatan tekan dan kemampuan penyerapan air pada *Paving block* dan ketahanan *Paving block* terhadap acid. Berikut penjelasan detail untuk setiap pengujian tersebut:

a. Kuat Tekan *Paving block*

Kuat tekan *Paving block* adalah besaran beban yang mampu ditahan per satuan luas sebuah *Paving block* sehingga *Paving block* tersebut hancur akibat gaya tekan yang dihasilkan oleh mesin tekan. Menurut (SNI-03-0691-1996), Rumus yang digunakan untuk menghitung kuat tekan/kuat desak adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Di mana:

σ = Kuat tekan/kuat desak *Paving block* (kg/cm³)

P = Beban maksimum (kg)

A = Luas penampang benda uji (cm²)

Kuat tekan beton rata-rata *Paving block* didapat dari perhitungan jumlah kuat tekan *Paving block* dibagi dengan jumlah sampel yang diuji. Umur benda uji yang akan dilakukan adalah pada umur 7 hari, 28 hari, 56 hari.

b. Daya Serap Air

Daya serap air adalah kemampuan suatu material untuk menyerap dan menahan air dalam pori-porinya. Pengujian ini biasanya diukur sebagai persentase dari perbandingan antara selisih massa basah dan massa kering. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui persentase air yang telah diserap oleh *Paving block*.

Menurut SNI-03-0691-1996, dapat dikatakan baik apabila penyerapannya kurang dari 6%. Semakin besar mutu *Paving block* maka akan semakin kecil persentase daya serap air. Besar persentase penyerapan air dapat dihitung dengan persamaan berikut menurut ASTM C642.

$$WA = \frac{(W_{ssd} - W_d)}{W_d} \times 100 \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana:

WA = Daya serap air (kg)

W_{ssd} = Berat kondisi SSD (kg)

W_d = Berat kondisi SSD (kg)

c. Ketahanan Acid

Tujuan dari pengujian pada sampel ketahanan terhadap ketahanan acid adalah untuk mendapatkan sampel benda uji yang bebas dari kerusakan karena penggunaan natrium sulfat yang dapat merusak *Paving block*.

Pada penelitian ketahanan acid mengacu pada ASTM-C1898-20 (*Paving block*) Rumus yang digunakan untuk menghitung ketahanan acid seperti dengan rumus yang digunakan pada uji kuat tekan persamaan 2.1.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengaruh ukuran partikel abu cangkang sawit lolos saringan No. 50 dan No. 200 dengan persentase bahan tambah 20% GPOFA (No. 50) dan 20% NPOFA (No. 200) terhadap *paving block* 0% GPOFA dan 0% NPOFA sangat mempengaruhi kuat tekan *Paving block*. Di mana semakin besar ukuran partikel abu cangkang sawit yang digunakan, maka semakin menurunkan kuat tekan atau mutu yang dihasilkan.
2. Pengaruh ukuran partikel abu cangkang sawit lolos saringan No. 50 dan No. 200 dengan persentase bahan tambah 20% GPOFA (No. 50) dan 20% NPOFA (No. 200) terhadap *Paving block* 0% GPOFA dan 0% NPOFA sangat mempengaruhi daya serap *Paving block*. Di mana semakin besar ukuran partikel abu cangkang sawit yang digunakan, maka semakin meningkat daya serap air yang dihasilkan.
3. *Paving block* dengan penambahan 20% GPOFA cenderung memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap larutan asam dibandingkan *Paving block* dengan penambahan 20% NPOFA terhadap 0% GPOFA dan NPOFA. Di mana semakin besar ukuran partikel abu cangkang sawit yang digunakan, maka ketahanan *Paving block* terhadap asam juga semakin meningkat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka sebagai bahan pertimbangan perlu diajukan saran sebagai berikut:

1. Diharapkan penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan metode perawatan yang berbeda.

2. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan beberapa perbandingan benda uji yang lebih variatif untuk mencapai mutu yang lebih baik.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pengujian kuat tekan sampai pada umur lebih dari 91 hari untuk lebih memastikan kuat tekan maksimal
4. Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan menggunakan alat press otomatis atau hidroulik agar kepadatan yang dihasilkan tidak jauh berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, Rulian Setyo, Mohammad Prasanto Bimantio, and Erista Adisetnya. 2023. "Pemanfaatan Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Campuran Pada Pembuatan Paving Blok." *Jurnal Online Mahasiswa INSTIPER* 1(3): 1984–91. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/924>.
- ASTM-C127. 2015. "Standard Test Methods for ITeh Standards ITeh Standards or to Indicate the Preview." i(Stage I): 1–4.
- ASTM C33-03. "ITeh Standards ITeh Standards Document Preview." 08(Reapproved 1989): 3–4.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2014. "SNI 7064-2014 Semen Portland Komposit." *Badan Standardisasi Nasional (BSN)*: 1–128.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1996. "Sni 03-0691-1996. Metode Pengujian Kuat Tekan *Paving block*." *Badan Standarisasi Nasional*: 1–5.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 1990. "SK SNI T-04-1990. klasifikasi *Paving block* dan metode pengujiannya." *Badan Standarisasi Nasional, Indonesia*.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2002. "Agregat Ringan Untuk Batu Cetak Beton." 2002: 6821. http://www.bbk.go.id/uploads/media/sni-15-0302-2004_semen-portland-pozolan.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2493:2011. 2011. "SNI 2493:2011 Tata Cara Pembuatan Dan Perawatan Benda Uji Beton Di Laboratorium." *Badan Standar Nasional Indonesia*: 23. www.bsn.go.id.
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 2847. 2019. "SNI_2847_2019_Persyaratan_Beton_Struktur." (8).
- Badan Standarisasi Nasional (BSN). 03-1969. 1990. "Metode Pengujian Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Kasar." *Bandung: Badan Standardisasni Indonesia*: 1–17.
- British Standards Institution. (1986). BS 6717: Part 1: 1986: Precast Concrete Paving Blocks. London: British Standards Institution.
- Dasar, Amry, and Dahlia Patah. 2024. "Kekuatan Dan Durabilitas Beton Menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA) Dan Pasir Pantai." *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil* 8(1): 83–94.
- Dasar, A., Patah, D., Sainuddin, S., & Caronge, M. A (2023). Ketahanan Korosi Baja Tulangan dalam Beton menggunakan Palm Oil Fuel Ash (POFA) dan Air Laut. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 29(2), 243-252.

- Dasar, A., & Patah, D. (2021). "Pasir Dan Kerikil Sungai Mappili Sebagai Material Lokal Untuk Campuran Beton Di Sulawesi Barat." *Bandar: Journal of Civil Engineering* 3(2): 9–14.
<https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/bjce/article/view/1207>.
- Mildawati, Roza, Sri Hartati Dewi, and Fadel Ibnu Muliya Alqudrisyam. 2023. "Pengaruh Abu Fiber Kelapa Sawit Pada Campuran *Paving block* Sebagai Pengganti Sebagian Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Daya Serap Air." *Sainstek* 11(2): 106–113.
- Palepy, Muhammad Reja. 2021. "Pengaruh Penambahan Limbah Abu Cangkang Kelapa Sawit Terhadap Kuat Tarik Pada Beton Dengan Bahan Tambahan Superplasticizer (Studi Penelitian)." *Jurnal Ilmiah Mahasiswa* 1(2): 1–12.
<https://jurnalmahasiswa.umsu.ac.id/index.php/jimt/article/view/349/pdf>.
- Patah, D., Hamada, H., & Dasar, A. (2020, June). "Effects of Mineral Admixtures on Pore Structure and Compressive Strength of Mortar Contaminated Chloride." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 875(1).
- Patah, D., Dasar, A., Ridhayani, I., Suryani, H., Saudi, A. I., & Sainuddin, S. (2024). "Kekuatan Dan Durabilitas Oil Palm Shell (OPS) Sebagai Alternatif Pengganti Agregat Kasar Pada Beton Bertulang." 2(APRIL).
- Patah, D., & Dasar, A. (2022, September). "Strength Performance of Concrete Using Rice Husk Ash (RHA) as Supplementary Cementitious Material (SCM)." *Journal of the Civil Engineering Forum* 8(September): 261–76.
- Patah, D., Dasar, A., Hamada, H., & Astuti, P. (2021, February). "Effects of Mineral Admixture on Electrical Resistivity and Permeability of Chloride Contaminated Mortar." *Proceedings of the 4th International Conference on Sustainable Innovation 2020–Technology, Engineering and Agriculture (ICoSITEA 2020)* 199(ICoSITEA 2020): 60–63.
- Patah, D., Dasar, A., & Nurdin, A. (2023). "Nilai Ambang Klorida Untuk Inisiasi Korosi Pada Beton Bertulang Menggunakan Abu Terbang." 5(2): 29–38.
- Ridhayani, I., Dasar, A., Mahmuda, A. F., Manaf, A., & Patah, D. (2023). "Perbandingan Kinerja Bata Beton Menggunakan Abu Cangkang Sawit, Abu Sekam Padi Dan Abu Serat Sagu." *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)* 11(2): 241–48.
- Sooraj VM. 2013. "Effect of Palm Oil Fuel Ash (POFA) on Strength Properties of Concrete." *International Journal of Scientific and Research Publications* 3(6): 2250–3153. www.ijsrp.org.
- Syarif, Harriad Akbar. 2022. "Kuat Tekan Dan Absorpsi *Paving block* Geopolimer Abu Sawit (Palm Oil Fuel Ash) Menggunakan Tambahan Semen Tipe 1

(Ordinary Portland Cement) Dengan Air Gambut.” *Aptek* 14(1): 33–38.

Wiratno, Samuel Layang, and Wandara Prima Pera. 2020. “PEMANFAATAN LIMBAH CANGKANG KELAPA SAWIT SEBAGAI ALTERNATIF BAHAN TAMBAH DALAM PEMBUATAN PAVBio-Ingenieurswetenschappen, FaculteitING BLOCK.” *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan* 8(1): 30–35.