



YAYASAN PEMBINA PENDIDIKAN INDONESIA WIDYAGAMA MALANG
UNIVERSITAS WIDYA GAMA MALANG
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)
Jl. Borobudur No. 35 Malang 65128 ; Telp. (0341) 492282 Fax (0341) 496919
Website : <http://www.widyagama.ac.id>; e-mail : lpmm@widyagama.ac.id

KONTRAK
PELAKSANAAN PROGRAM BANTUAN OPERASIONAL PERGURUAN TINGGI
PROGRAM PENELITIAN
TAHUN ANGGARAN 2025

ANTARA
REKTOR UNIVERSITAS WIDYA GAMA
DENGAN
KETUA PELAKSANA PENELITIAN

NOMOR: 010/Kontrak/PT/PTS.030.7/PN/V/2025

Pada hari ini Rabu tanggal Dua Puluh Delapan bulan Mei tahun dua ribu dua puluh lima, kami yang bertandatangan di bawah ini:

1. **Fitri Marisa, S.Kom., M.Pd., Ph.D.** : Ketua LPPM Universitas Widya Gama, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Rektor Universitas Widya Gama yang berkedudukan di Jl. Borobudur No. 35 Malang, berdasarkan Kontrak Pelaksanaan Program Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri Program Penelitian Tahun Anggaran 2025 dari Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah VII Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Nomor: 023/LL7/DT.05.00/PL/2025 tanggal 28 Mei 2025 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KESATU**;
2. **Purbo Suwandono, ST., MT.** : Dosen Fakultas Teknik Universitas Widya Gama, dalam hal ini bertindak sebagai Ketua Peneliti Tahun Anggaran 2025 untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK KESATU dan PIHAK KEDUA secara bersama-sama selanjutnya disebut PARA PIHAK.

PARA PIHAK sepakat menandatangani Kontrak Pelaksanaan Program Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri Program Penelitian Tahun Anggaran 2025 yang selanjutnya disebut Kontrak, dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut.

9/5

PASAL 1 RUANG LINGKUP

- (1) Ruang lingkup Kontrak ini meliputi pelaksanaan penelitian tahun anggaran 2025 sebanyak 10 (sepuluh) judul penelitian.
- (2) Daftar judul penelitian, nama pelaksana penelitian, skema, jangka waktu penelitian, dan besarnya biaya masing-masing judul penelitian tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Kontrak ini.
- (3) Ruang lingkup yang dimaksud pada ayat (1) dan (2) bersumber pada Kontrak Pelaksanaan Program Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri Program Penelitian Tahun Anggaran 2025 antara Lembaga Layanan Pendidikan Tinggi Wilayah VII dengan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi nomor 128/C3/DT.05.00/PL/2025 tanggal 28 Mei 2025.

PASAL 2 SUMBER DANA

Pendanaan program penelitian tahun anggaran 2025 sebagaimana diatur dalam ruang lingkup Kontrak ini bersumber pada Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Tahun Anggaran 2025, Nomor SP DIPA-139.04.1.693320/2025 revisi ke-4 tanggal 30 April 2025.

PASAL 3 NILAI KONTRAK

- (1) PIHAK KESATU memberikan pendanaan dengan nilai Kontrak sebesar Rp81.480.000,- (Delapan puluh satu juta empat ratus delapan puluh ribu rupiah) kepada PIHAK KEDUA.
- (2) Nilai kontrak sebagaimana dimaksud pada ayat (1) digunakan untuk pembiayaan pelaksanaan program penelitian tahun 2025.
- (3) Pencairan nilai kontrak sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan melalui Rekening Lembaga Universitas Widyagama Malang dalam hal ini bagian Keuangan dengan cara transfer ke rekening PIHAK KEDUA:
Nama : PURBO SUWANDONO
Nomor Rekening : 017201110000503
Nama Bank : BRI
- (4) PIHAK KESATU tidak bertanggung jawab atas keterlambatan dan/atau tidak terbayarnya sejumlah dana, yang disebabkan oleh kesalahan PIHAK KEDUA dalam menyampaikan informasi detail rekening PIHAK KEDUA sebagaimana yang dimaksud pada ayat (3).

PASAL 4 TAHAPAN DAN SYARAT PENCAIRAN

- (1) Nilai kontrak sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 ayat (1) dibayar oleh PIHAK KESATU kepada PIHAK KEDUA secara bertahap melalui Rekening Lembaga

Universitas Widyagama Malang dalam hal ini bagian Keuangan ke rekening PIHAK KEDUA melalui mekanisme transfer yaitu:

- a. tahap kesatu sebesar Rp65.184.000,- (Enam puluh lima juta seratus delapan puluh empat ribu rupiah) dan;
 - b. tahap kedua sebesar Rp16.296.000,- (Enam belas juta dua ratus sembilan puluh enam ribu rupiah).
- (2) Pencairan tahap kesatu sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a, akan dibayarkan setelah PIHAK KEDUA di bawah koordinasi PIHAK KESATU, mengunggah revisi proposal penelitian dan surat pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian ke laman yang ditentukan oleh PIHAK KESATU.
 - (3) Apabila pencairan tahap kesatu sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a dicairkan setelah tanggal 23 September 2025, maka Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) dapat diunggah paling lambat 2 (dua) minggu setelah dana diterima melalui laman yang ditentukan oleh PIHAK KESATU.
 - (4) Pencairan tahap kedua sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b dicairkan setelah PIHAK KEDUA mengunggah Laporan Kemajuan/Antara Penelitian dan Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) ke laman yang ditentukan oleh PIHAK KESATU paling lambat tanggal 30 September 2025.
 - (5) PIHAK KESATU mewajibkan PIHAK KEDUA untuk menyampaikan bukti telah menyelesaikan seluruh pekerjaan dengan mengunggah dokumen sebagai berikut:
 - a. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB); dan
 - b. Laporan akhir pelaksanaan penelitian.pada laman yang ditentukan oleh PIHAK KESATU paling lambat tanggal 16 Desember 2025.
 - (6) Pasal 4 ayat (5) menjadi dasar pelaporan keuangan tahunan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat.
 - (7) Apabila pencairan tahap kedua sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b dicairkan setelah tanggal 6 Desember 2025, maka Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) dapat diunggah paling lambat 2 (minggu) setelah dana diterima melalui laman yang ditentukan oleh PIHAK KESATU.

PASAL 5

JANGKA WAKTU KONTRAK

- (1) Kontrak ini berlaku sejak tanggal 28 Mei 2025 sampai dengan tanggal 16 Desember 2025.
- (2) Kontrak ini dapat diubah berdasarkan kesepakatan tertulis PARA PIHAK yang dituangkan dalam suatu addendum dan merupakan bagian yang tidak terpisah dari Kontrak ini.

PASAL 6

HAK DAN KEWAJIBAN

- (1) PIHAK KESATU mempunyai hak menerima dokumen hasil unggahan dari PIHAK KEDUA sebagai berikut:
 - a. menerima catatan harian penelitian;
 - b. menerima laporan kemajuan penelitian;
 - c. menerima laporan akhir tahun atau laporan akhir pelaksanaan penelitian;

48

- d. melakukan pemantauan dan evaluasi; dan
 - e. menerima Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
- (2) PIHAK KEDUA mempunyai hak mendapatkan dana penelitian dari PIHAK KESATU.
- (3) PIHAK KESATU mempunyai kewajiban:
- a. memberikan pendanaan penelitian kepada PIHAK KEDUA;
 - b. membuat Kontrak Pelaksanaan Program Penelitian antara Pimpinan Perguruan Tinggi atau Pimpinan Unit Perguruan Tinggi yang mengelola penelitian dengan PIHAK KEDUA yang paling sedikit memuat:
 - 1. nama pelaksana;
 - 2. judul penelitian;
 - 3. ruang lingkup penelitian;
 - 4. sumber dana penelitian;
 - 5. nilai kontrak penelitian;
 - 6. tata cara dan tahapan pembayaran;
 - 7. jangka waktu pelaksanaan dan penyelesaian;
 - 8. hak dan kewajiban para pihak;
 - 9. batas akhir pelaporan;
 - 10. pencantuman pemberi dana penelitian dalam publikasi ilmiah;
 - 11. luaran penelitian;
 - 12. serah terima luaran penelitian;
 - 13. kesanggupan pelaksanaan penelitian; dan
 - 14. sanksi;
 - c. bertanggung jawab atas terlaksananya penelitian berdasarkan Kontrak ini yang dilakukan oleh PIHAK KEDUA.
 - d. memantau pengunggahan ke laman yang ditentukan oleh PIHAK KESATU atas dokumen sebagai berikut:
 - 1. revisi proposal penelitian;
 - 2. surat pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian;
 - 3. catatan harian pelaksanaan penelitian;
 - 4. laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 - 5. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 - 6. laporan akhir pelaksanaan penelitian; dan
 - 7. luaran penelitian.
 - e. PIHAK KESATU melakukan pemantauan dan evaluasi secara internal serta penilaian kemajuan pelaksanaan program penelitian setelah PIHAK KEDUA mengunggah laporan kemajuan pelaksanaan kegiatan ke laman yang ditentukan oleh PIHAK KESATU.
 - f. melakukan koordinasi dengan PIHAK KEDUA apabila dalam pelaksanaan penelitian terdapat sisa dana.
- (4) PIHAK KEDUA mempunyai kewajiban:
- a. bertanggung jawab mutlak dalam penggunaan dana sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
 - b. melakukan beberapa hal terkait dengan dokumen yang harus diunggah di laman yang telah ditentukan oleh PIHAK KESATU sebagai berikut:

1. revisi proposal penelitian;
 2. surat pernyataan kesanggupan pelaksanaan penelitian;
 3. catatan harian pelaksanaan penelitian;
 4. laporan kemajuan pelaksanaan penelitian;
 5. Surat Pernyataan Tanggung Jawab Belanja (SPTB) atas dana penelitian yang telah ditetapkan;
 6. laporan akhir pelaksanaan penelitian; dan
 7. luaran penelitian.
- c. melakukan koordinasi dengan PIHAK KESATU apabila dalam pelaksanaan penelitian terdapat sisa dana.

PASAL 7

PERNYATAAN DAN JAMINAN

- (1) PIHAK KEDUA menyatakan bahwa saat ini tidak sedang dijatuhi sanksi disiplin/sanksi etik/sanksi yang berkaitan dengan kepegawaian tingkat sedang atau berat dikarenakan melakukan pelanggaran integritas akademik, kode etik, atau peraturan perundang-undangan;
- (2) Semua data dan informasi yang PIHAK KEDUA berikan kepada PIHAK KESATU adalah benar dan sah;
- (3) Pendanaan ini hanya akan digunakan untuk kegiatan sesuai dengan Pasal 1 Kontrak ini dan tidak akan digunakan untuk kepentingan lainnya di luar kegiatan, sehingga oleh karenanya dalam hal terdapat konsekuensi hukum lainnya yang timbul di luar Kontrak ini merupakan tanggung jawab hukum sepenuhnya PIHAK KEDUA tanpa menghilangkan kewajiban PIHAK KEDUA untuk pemenuhan pelaksanaan Kontrak ini.

PASAL 8

PENGGANTIAN KEANGGOTAAN

- (1) Apabila terjadi perubahan susunan tim pelaksana penelitian dari PIHAK KEDUA karena tidak dapat menyelesaikan penelitian atau mengundurkan diri, maka PIHAK KEDUA wajib menunjuk pengganti. PIHAK KESATU mengirimkan surat permohonan perubahan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi.
- (2) Perubahan dapat dilakukan setelah mendapat persetujuan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi.
- (3) Dalam hal tidak terdapat pengganti ketua tim pelaksana penelitian sesuai dengan syarat dan ketentuan dalam panduan penelitian, maka penelitian dibatalkan dan dana dikembalikan ke Kas Negara.

PASAL 9

PAJAK

Ketentuan pengenaan pajak pertambahan nilai dan/atau pajak penghasilan dalam rangka pelaksanaan kegiatan penelitian ini wajib dilaksanakan oleh perguruan tinggi penerima dana penelitian sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang perpajakan.

PASAL 10

KEKAYAAN INTELEKTUAL

- (1) Hak Kekayaan Intelektual yang dihasilkan dari pelaksanaan penelitian berdasarkan Kontrak ini diatur dan dikelola sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (2) Hak Kekayaan Intelektual hasil dari Kegiatan ini dimiliki dan dikelola oleh perguruan tinggi PIHAK KESATU sesuai dengan ketentuan perundang-undangan.
- (3) PIHAK KESATU wajib memastikan perguruan tinggi membuat perjanjian lain dengan pihak-pihak terkait dalam rangka alih teknologi atau pemanfaatan kekayaan intelektual yang dihasilkan dari kegiatan yang memiliki nilai ekonomis dan strategis, terutama di bidang Kesehatan, Pertahanan dan Keamanan Negara, dengan persetujuan tertulis dari Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi.

PASAL 11

LUARAN DAN PUBLIKASI

- (1) Setiap publikasi, makalah, dan/atau ekspos dalam bentuk apapun yang berkaitan dengan hasil penelitian wajib mencantumkan PIHAK KESATU sebagai pemberi dana.
- (2) Pencantuman nama PIHAK KESATU sebagaimana dimaksud pada ayat (2), paling sedikit mencantumkan nama Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi

PASAL 12

INTEGRITAS AKADEMIK

- (1) PIHAK KEDUA wajib menjunjung tinggi integritas akademik yaitu komitmen dalam bentuk perbuatan yang berdasarkan pada nilai kejujuran, kredibilitas, kewajaran, kehormatan, dan tanggung jawab dalam kegiatan penelitian yang dilaksanakan.
- (2) Penelitian dilakukan sesuai dengan kerangka etika, hukum, dan profesionalitas serta kewajiban sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- (3) Penelitian dilakukan dengan menjunjung tinggi standar ketelitian dan integritas tertinggi dalam semua aspek penelitian.
- (4) PIHAK KEDUA wajib menandatangani pakta integritas akademik.

PASAL 13

LARANGAN

- (1) Selama jangka waktu Pemberian Pendanaan sebagaimana diatur dalam Pasal 5 dan/atau sampai dengan berakhirnya Kontrak ini, PIHAK KEDUA tidak diperkenankan memperoleh pendanaan riset lainnya yang memiliki tujuan dan ruang lingkup yang sama tanpa mendapatkan persetujuan secara tertulis dari Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi, kecuali dana tersebut dimaksudkan sebagai dukungan dengan pola kemitraan.

PASAL 14

KEADAAN KAHAR

- (1) Apabila terjadi keadaan kahar (*force majeure*) suatu keadaan yang terjadi di luar kehendak PARA PIHAK dalam Kontrak, dan tidak dapat diperkirakan sebelumnya, sehingga kewajiban yang ditentukan dalam Kontrak menjadi tidak dapat dipenuhi, maka PARA PIHAK sepakat tidak akan saling menuntut pelaksanaan pemenuhan ketentuan dalam Kontrak Penelitian ini.
- (2) Peristiwa atau kejadian yang dapat digolongkan keadaan kahar (*force majeure*) sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi bencana alam, wabah penyakit, kebakaran, perang, blokade, peledakan, sabotase, revolusi, pemberontakan, huru-hara, serta adanya tindakan pemerintah dalam bidang ekonomi dan moneter yang secara nyata berpengaruh terhadap pelaksanaan Kontrak Penelitian ini.
- (3) Apabila terjadi keadaan kahar (*force majeure*) sebagaimana dimaksud pada ayat (2), maka pihak yang mengalami wajib memberitahukan kepada pihak lainnya secara tertulis, selambat-lambatnya dalam waktu 7 (tujuh) hari kerja sejak terjadinya keadaan kahar (*force majeure*), disertai dengan bukti-bukti yang sah dari pihak yang berwajib, dan PARA PIHAK dengan itikad baik akan segera membicarakan penyelesaiannya.

PASAL 15

PENYELESAIAN PERSELISIHAN

- (1) Dalam hal terjadi perselisihan atau perbedaan penafsiran terkait Kontrak Penelitian ini, PARA PIHAK sepakat untuk menyelesaikannya secara musyawarah dan mufakat.
- (2) Dalam hal musyawarah dan mufakat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tidak tercapai, PARA PIHAK sepakat untuk menyelesaikannya melalui Pengadilan Negeri Malang.

PASAL 16

SANKSI

- (1) Apabila sampai dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk melaksanakan Pelaksanaan Program Bantuan Operasional Perguruan Tinggi Negeri Program Penelitian Tahun Anggaran 2025 telah berakhir, PIHAK KEDUA tidak melaksanakan kewajiban sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 ayat (4), maka PIHAK KEDUA dikenai sanksi administratif.
- (2) Apabila dikemudian hari terbukti bahwa judul proposal yang diajukan pada program penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dan/atau

ditemukan adanya ketidakjujuran/itikad buruk yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah, maka kegiatan penelitian tersebut dinyatakan batal dan PIHAK KEDUA dikenai sanksi administratif.

- (3) Sanksi administratif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan (2) dapat berupa penghentian pembayaran dan/atau PIHAK KEDUA tidak dapat mengajukan proposal penelitian dalam kurun waktu 2 (dua) tahun berturut-turut.

PASAL 17 LAIN-LAIN

Dalam hal PIHAK KESATU berhenti dari jabatannya sebelum Kontrak Penelitian ini selesai, maka PIHAK KESATU wajib melakukan serah terima tanggung jawabnya kepada pejabat baru yang menggantikannya.

PASAL 18 PENUTUP

Kontrak Penelitian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK dalam rangkap 2 (dua) asli bermaterai cukup yang biayanya dibebankan kepada PIHAK KESATU, untuk tiap-tiap PIHAK dan memiliki kekuatan hukum yang sama.

PIHAK KESATU,



Fitri Marisa, S.Kom., M.Pd., Ph.D.
NDP. 2012.453

PIHAK KEDUA,

Purbo Suwandono, ST., MT.
NIDN. 0712078704

Pengisian poin C sampai dengan poin H mengikuti template berikut dan tidak dibatasi jumlah kata atau halaman namun disarankan ringkas mungkin. Dilarang menghapus/modifikasi template ataupun menghapus penjelasan di setiap poin.

C. HASIL PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan secara ringkas hasil pelaksanaan penelitian yang telah dicapai sesuai tahun pelaksanaan penelitian. Penyajian meliputi data, hasil analisis, dan capaian luaran (wajib dan atau tambahan). Seluruh hasil atau capaian yang dilaporkan harus berkaitan dengan tahapan pelaksanaan penelitian sebagaimana direncanakan pada proposal. Penyajian data dapat berupa gambar, tabel, grafik, dan sejenisnya, serta analisis didukung dengan sumber pustaka primer yang relevan dan terkini.

Proses penelitian ini dilakukan di Laboratorium Energi Universitas Widyagama Malang, dengan tahapan meliputi persiapan bahan baku biomassa tongkol jagung (CC) sebagai bahan baku dan karbon aktif serat kelapa sawit (AC-PF) sebagai katalis. Persiapan dan impregnasi katalis CaO/AC-PF, perakitan dan pengoperasian reaktor gasifikasi skala laboratorium, serta pengukuran komposisi gas hasil pengolahan menggunakan instrumen analitik. Seluruh serangkaian kegiatan dilakukan sesuai dengan prosedur standar laboratorium, mulai dari tahap pra-eksperimen, proses gasifikasi, hingga tahap pengolahan dan analisis data untuk memperoleh hubungan antara variasi perbandingan biomassa, beban katalis, dan komposisi CaO/AC-PF terhadap distribusi gas yang dihasilkan.

1. Pembuatan Aktif Karbon dari Serat Sawit Sebagai Katalis

1. Serat sawit dijemur saat siang hari selama 2 hari untuk mengurangi kadar air.



Gambar 1. Serat sawit

2. Serat sawit dihaluskan menggunakan grinder. Kemudian diayak menggunakan ayakan mesh 50 μm .



Gambar 2. Serbuk serat sawit diayak

3. Serbuk serat sawit dikumpulkan dalam wadah yang kedap udara.



Gambar 3. Serbuk serat sawit 50 μm

4. Serat sawit dimasukkan dalam Hidrotermal autoklaf sebanyak 6 gram dan air distilasi 60 ml, dimana autoklaf yang digunakan adalah Polytetrafluoroethylene (PTFE) dengan jumlah maksimal 100 ml. Selanjutnya dimasukkan dalam oven dengan temperature 200 $^{\circ}\text{C}$ dengan lama pemanasan 6 jam.



Gambar 4. Proses hidrotermal

5. Setelah dipanaskan selama 6 jam dalam autoklaf, serbuk sawit sudah menjadi Hydrochar yang berwarna hitam atau bias disebut dengan karbon basah.



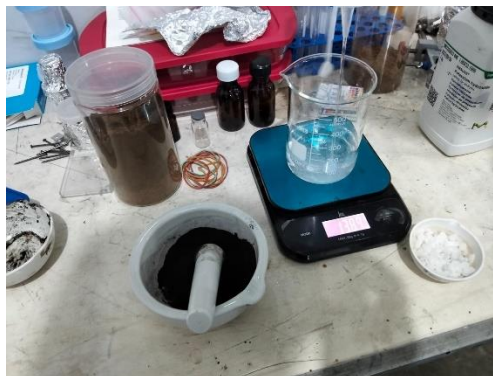
Gambar 5. Hydrochar

6. Setelah ditampung dalam suatu wadah hydrochar kemudian disaring menggunakan kertas saring whatman mesh 200. Seteh didapatkan endapan hydrochar, kemudian dilakukan proses pengeringan dengan oven pemanas selama 24 jam dengan temperature 105 $^{\circ}\text{C}$.



Gambar 6. Proses penyaringan hydrochar

7. Setelah didapatkan serbuk hydrochar kemudian dilakukan proses impregnasi menggunakan activator KOH, dimana rasio hydrochar (HC) dengan KOH adalah 1:3. Larutan KOH yang digunakan adalah larutan KOH 3 Molar. Diamkan selama 16 jam sehingga proses impregnasi KOH bisa berjalan dengan baik.



Gambar 7. Proses Impregnasi Hydrochar dengan KOH

8. Setelah proses impregnasi KOH, keringkan kembali menggunakan oven dengan temperature 85°C selama 6 jam.



Gambar 8. Proses pengeringan hydrochar dengan Impregnasi KOH

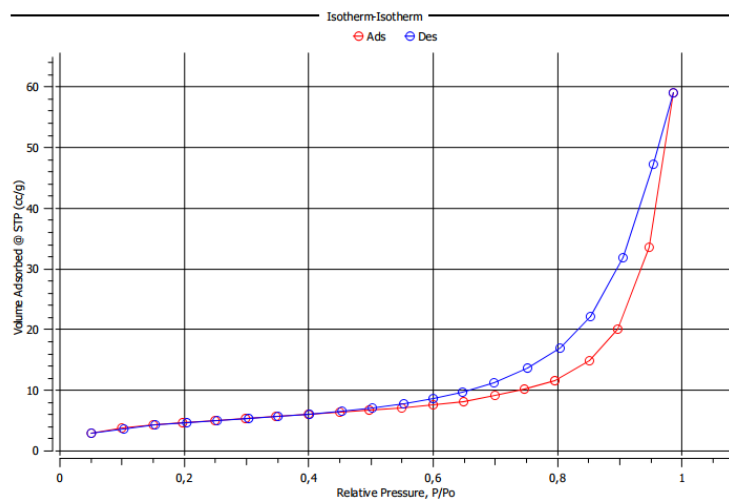
9. Setelah dikeringkan, hydrochar yang sudah diimpregnasi siap untuk dilakukan aktivasi menggunakan tube furnace dengan aliran Nitrogen yang terus menyala, dengan temperature 700°C selama 1 jam.



Gambar 9. Aktivasi karbon aktif dengan Tube Furnace

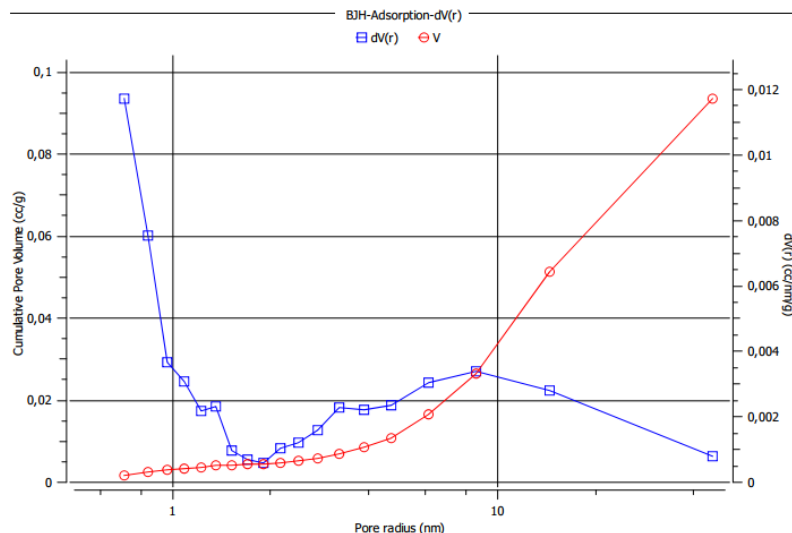
10. Setelah proses aktivasi menggunakan tube furnace, bilas aktif karbon dengan HCL 1 Molar untuk menghilangkan zat pengotor dan Ph menjadi netral, kemudian keringkan dengan oven dengan temperature 85°C selama 4 jam [1].

Hasil Pengujian BET



Gambar 10. Grafik isotherm adsorpsi–desorpsi nitrogen (BET isotherm) Karbon Aktif Serat Sawit

Grafik isotherm adsorpsi–desorpsi nitrogen (BET isotherm) menunjukkan hubungan antara volume nitrogen yang teradsorpsi (cc/g STP) dengan tekanan relatif (P/P_o) pada material, di mana kurva merah mewakili proses adsorpsi dan kurva biru proses desorpsi; pada tekanan rendah ($P/P_o < 0,1$) terlihat kenaikan adsorpsi perlahan yang mengindikasikan adanya mikropori, sedangkan pada tekanan menengah ($0,2–0,8$) terjadi histeresis loop antara adsorpsi dan desorpsi yang menandakan keberadaan mesopori, dan pada tekanan tinggi (P/P_o mendekati 1) kurva meningkat tajam akibat kondensasi kapiler dalam pori, sehingga keseluruhan bentuk isotherm ini menyerupai isotherm tipe IV menurut IUPAC yang khas untuk material mesopori dengan histeresis tipe H3/H4; dari grafik ini dapat ditentukan luas permukaan spesifik (BET surface area) pada daerah linear P/P_o 0,05–0,3, volume pori total dari bagian akhir isotherm, serta distribusi ukuran pori dengan metode BJH, sehingga dapat disimpulkan bahwa material memiliki luas permukaan cukup besar dengan dominasi mesopori disertai kontribusi mikropori, menjadikannya potensial sebagai adsorben, katalis, atau penyangga katalis [2].



Gambar 11. Grafik analisis BJH adsorption–desorption Karbon Aktif Serat Sawit

Grafik analisis BJH adsorption–desorption menunjukkan hubungan antara cumulative pore volume dan pore radius material, di mana kurva merah menggambarkan akumulasi volume pori total yang terus meningkat seiring bertambahnya ukuran pori hingga mencapai sekitar 0,1 cc/g, sedangkan kurva biru merepresentasikan distribusi diferensial volume pori yang memperlihatkan ukuran pori dominan; terlihat bahwa kontribusi pori sangat kecil pada radius < 2 nm yang menandakan adanya mikropori, sementara puncak distribusi utama berada pada rentang 2–10 nm yang menunjukkan dominasi mesopori, dan pada radius lebih besar volume pori masih bertambah meskipun kontribusi diferensial menurun, sehingga dapat disimpulkan bahwa material memiliki struktur berpori dengan mesopori sebagai fase dominan disertai sedikit mikropori, menjadikannya sesuai untuk aplikasi adsorpsi, katalis, dan penyangga katalis yang memerlukan aksesibilitas dan difusi molekul yang baik.

Berdasarkan hasil analisis BET dan BJH pada gambar, dapat ditarik beberapa kesimpulan penting mengenai sifat pori material: luas permukaan spesifik material berada pada kisaran 22,97–25,51 m^2/g (dari isotherm adsorpsi maupun desorpsi), sedangkan perhitungan multipoint BET menunjukkan luas permukaan 17,29 m^2/g dengan konstanta C sebesar 53,21, yang menandakan interaksi adsorbat–adsorben cukup kuat. Volume pori total dari hasil BJH berada pada kisaran 0,093–0,095 cc/g, dengan rata-rata jari-jari pori sekitar 0,71 nm, sehingga material ini masuk kategori mikropori (pore radius < 2 nm). Dengan demikian, material memiliki luas permukaan yang cukup tinggi, volume pori relatif kecil, serta dominasi mikropori yang sesuai untuk aplikasi adsorpsi molekul kecil (seperti gas) maupun sebagai bahan katalis atau penyangga katalis yang memerlukan luas permukaan tinggi dengan distribusi pori sempit [3].



Gambar 12. Hasil Akhir Aktif Karbon

2. Proses Pembuatan Gasifier

Reaktor gasifikasi tipe updraft ini dibuat melalui beberapa tahapan yang sistematis. Pertama dilakukan perancangan desain dengan ukuran total tinggi 20 cm yang terdiri dari dua bagian utama, yaitu wadah abu setinggi 5 cm di bagian bawah dan ruang reaktor aktif setinggi 15 cm dengan diameter 3 inci di bagian atas. Desain ini juga mencakup saluran udara berdiameter 1 inci serta posisi pemasangan sensor suhu.

Bahan utama yang digunakan adalah besi lembaran dengan ketebalan sekitar 3 mm agar mampu menahan suhu tinggi. Plat besi digunakan untuk alas dan penutup reaktor, sementara pipa baja dipakai sebagai saluran udara masuk dan jalur pemasangan termokopel. Sambungan antarbagian diproses dengan pengelasan untuk memastikan konstruksi kokoh dan tidak bocor. Bagian atas reaktor dilengkapi dengan penutup yang dapat dibuka-tutup untuk memudahkan pengisian biomassa [4].

Saluran udara dipasang pada bagian bawah reaktor dengan menggunakan pipa baja berdiameter 1 inci yang disambungkan ke blower. Blower ini dilengkapi dengan potensiometer sehingga aliran udara dapat diatur sesuai kebutuhan, meskipun dalam penelitian laju udara dijaga konstan pada 10 m/s. Untuk memantau kondisi termal di dalam reaktor, dibuat lubang kecil di beberapa titik pada dinding reaktor sebagai jalur masuk termokopel tipe K. Setiap termokopel dipasang dengan rapat menggunakan fitting sehingga gas tidak bocor keluar.

Selain itu, reaktor dilengkapi dengan gas seal berupa gasket karet tahan panas yang dipasang pada sambungan penutup dan saluran udara. Hal ini bertujuan mencegah kebocoran selama proses gasifikasi berlangsung. Setelah semua komponen terpasang, dilakukan pengecekan ulang pada setiap sambungan las, pembersihan dari sisa serpihan logam, dan uji coba awal dengan menyalakan blower tanpa biomassa untuk memastikan bahwa sistem pengaturan udara, sensor, serta gas seal bekerja dengan baik.



Gambar 13. Pembuatan Gasifier

Dengan proses pembuatan tersebut, dihasilkan reaktor gasifikasi tipe updraft berkapasitas 80 gram biomassa berupa campuran tongkol jagung dan pelet kayu, yang kokoh, kedap gas, serta dilengkapi sistem pemantauan suhu yang memadai untuk mendukung penelitian.

Kondensor pada sistem gasifikasi dibuat untuk menurunkan suhu gas sekaligus memisahkan tar dan uap air agar gas lebih bersih. Alat ini berbentuk tabung silinder dari pipa besi galvanis dengan tinggi $\pm 40\text{--}50$ cm dan diameter 3 inci. Di dalam tabung dipasang pipa spiral sebagai jalur gas panas, sedangkan bagian luar dilengkapi saluran masuk dan keluar air pendingin.

Proses pembuatannya diawali dengan pemotongan dan pengelasan tabung serta pemasangan pipa spiral yang terhubung ke saluran gas dari reaktor. Saluran air pendingin dipasang pada bagian bawah (inlet) dan atas (outlet) tabung sehingga air dapat mengalir terus-menerus. Sambungan diperkuat dengan las dan seal tahan panas untuk mencegah kebocoran.

Setelah perakitan, kondensor diuji dengan mengalirkan gas panas dan air pendingin. Hasilnya, suhu gas berhasil diturunkan dan tar maupun kondensat air terpisah di bagian bawah tabung, sehingga gas keluar lebih bersih dan siap digunakan.

3. Proses Pengambilan Data

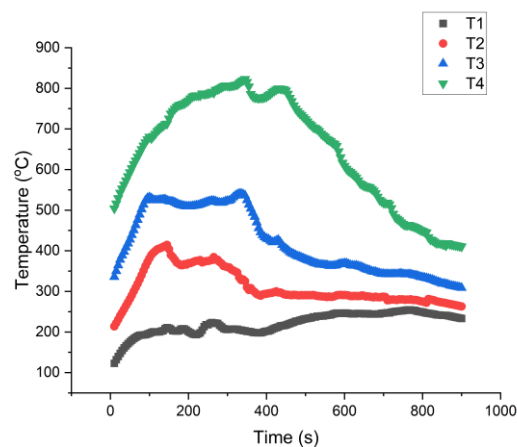


Gambar 14. Proses Pengambilan Data

Dalam penelitian ini, untuk menyederhanakan dan mengoptimalkan pengumpulan data, digunakan rancangan penelitian berbasis Design Expert dengan metode Taguchi. Rancangan tersebut menghasilkan total 16 kali percobaan (runs), di mana setiap percobaan merepresentasikan kombinasi kondisi operasi tertentu. Jumlah biomassa yang dimasukkan ke dalam reaktor adalah 80 gram. Laju aliran udara dari blower divariasikan pada rentang 12,5 m/s, 15 m/s, 17,5 m/s, dan 22,5 m/s. Beban katalis divariasikan antara 4%, 6%, 8%, dan 10% dari massa bahan baku yang dimasukkan. Sementara itu, rasio CaO/AC-PF divariasikan pada 0:1, 1:0, 1:1, dan 2:1.

Hasil Penelitian

1. Distribusi Suhu di Zona Gasifikasi



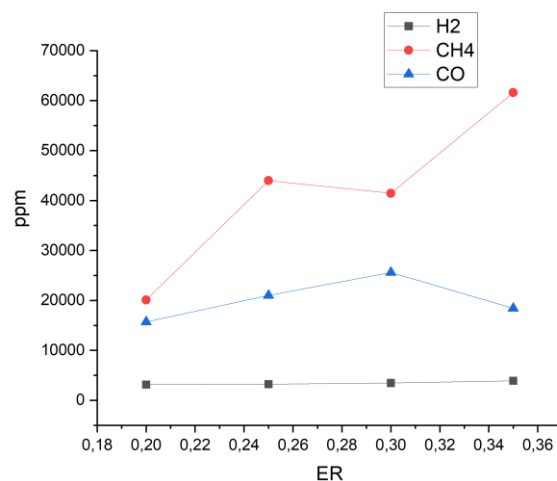
Gambar 15. Distribusi Suhu di Zona Gasifikasi

Kurva T1 (garis hitam) menunjukkan kenaikan suhu yang lambat hingga mencapai 150–200 °C. Tahap ini disebut zona pengeringan, di mana sebagian besar energi panas digunakan untuk menguapkan kadar air biomassa. Suhu maksimum sekitar 200 °C, dan lonjakan mulai tampak pada detik ke-200 akibat energi dari zona pembakaran yang menjalar ke zona pengeringan [5].

Kurva T2 naik hingga ±300 °C lalu berfluktuasi di kisaran 200–350 °C. Zona ini menggambarkan tahap pirolisis, saat senyawa kompleks biomassa (selulosa, hemiselulosa, lignin) terurai menghasilkan gas volatil, tar, dan char. Fluktuasi suhu mencerminkan pelepasan gas volatil yang dipengaruhi reaksi eksoterm maupun endoterm. Kualitas gas volatil pada tahap ini sangat menentukan mutu syngas [6].

Kurva T3 mencapai puncak ±450 °C sebelum turun perlahan ke 300 °C. Zona ini adalah tahap reduksi, ketika char bereaksi dengan CO₂, H₂O, dan sedikit O₂ membentuk CO dan H₂ melalui reaksi Boudouard dan reaksi gas-air. Penurunan suhu menunjukkan reaksi bersifat endotermis, namun zona ini penting karena menghasilkan gas pereduksi utama syngas [7].

Kurva T4 menunjukkan lonjakan tertinggi 600–700 °C, merepresentasikan zona pembakaran. Pada tahap ini terjadi reaksi pembakaran karbon ($C + O_2 \rightarrow CO_2$) dan oksidasi parsial CO yang melepaskan energi besar, tampak dari lonjakan suhu tajam hingga mencapai fase plateau. Energi dari zona ini menjadi sumber panas bagi pirolisis dan reduksi. Namun, setelah suplai bahan bakar dan udara menurun (800–900 detik), suhu zona pembakaran turun drastis, menandai berakhirnya fase gasifikasi aktif dan dimulainya fase pendinginan sistem[8].



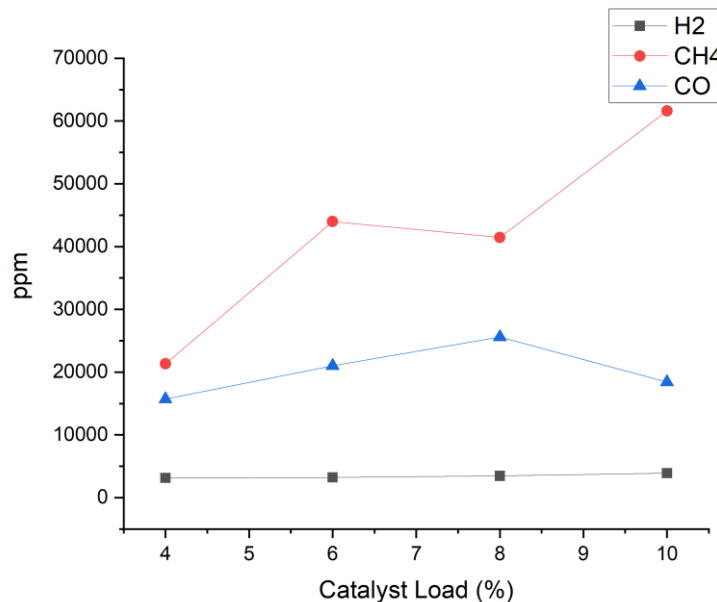
Gambar 16. Pengaruh Rasio Ekuivalen (E.R.) terhadap komposisi gas sintesis (syngas).

Gambar 16 menunjukkan pengaruh utama rasio ekuivalen (E.R.) terhadap produk gas. Secara umum, peningkatan E.R. dari 0,20 hingga 0,35 menyebabkan kenaikan yang konsisten pada H₂ dan CH₄, sedangkan CO menunjukkan tren yang tidak monoton, dengan puncak pada E.R. 0,30 sebelum menurun pada E.R. 0,35. Secara spesifik, rata-rata H₂ meningkat dari 3150 ppm (E.R. 0,20) menjadi 3914 ppm (E.R. 0,35), sementara CH₄ meningkat tajam dari 20109 ppm menjadi 61597 ppm pada rentang E.R. yang sama. Sebaliknya, CO meningkat dari 15716 ppm (E.R. 0,20) hingga maksimum 25596 ppm (E.R. 0,30), kemudian menurun menjadi 18436 ppm (E.R. 0,35)[9].

Peningkatan H₂ yang teramati pada E.R. yang lebih tinggi dapat dikaitkan dengan meningkatnya ketersediaan oksidan, yang mendorong reaksi oksidasi parsial dan dengan demikian meningkatkan temperatur reaktor. Keparahan termal yang lebih tinggi umumnya mempercepat reaksi sekunder, termasuk perengkahan termal volatil/tar serta jalur reaksi tipe reforming, sehingga meningkatkan konversi spesies yang dapat terkondensasi menjadi gas permanen dan mendukung pembentukan H₂. Penting dicatat, meskipun E.R. yang terlalu tinggi sering dikaitkan dengan konsumsi H₂ melalui oksidasi dan pengenceran oleh N₂, dataset pada penelitian ini menunjukkan bahwa hingga E.R. 0,35, pengaruh positif berupa peningkatan temperatur dan konversi masih lebih dominan, sehingga menghasilkan peningkatan bersih H₂ [10].

Kenaikan CH₄ yang kuat pada E.R. lebih tinggi menunjukkan bahwa rentang operasi yang diuji masih mendukung devolatilisasi yang semakin intensif dan pembentukan hidrokarbon ringan. Pada kondisi temperatur yang meningkat, perengkahan tambahan terhadap hidrokarbon berat dapat menghasilkan molekul yang lebih kecil, termasuk CH₄, terutama ketika waktu tinggal dan zona reaksi lokal memungkinkan stabilisasi hidrokarbon. Selain itu, karena E.R. dievaluasi dalam kerangka Taguchi bersama dengan loading katalis dan rasio CaO/AC, tren yang dilaporkan perlu ditafsirkan sebagai pengaruh utama; interaksi dengan komposisi dan loading katalis dapat semakin memperkuat pembentukan CH₄ pada level E.R. yang lebih tinggi.

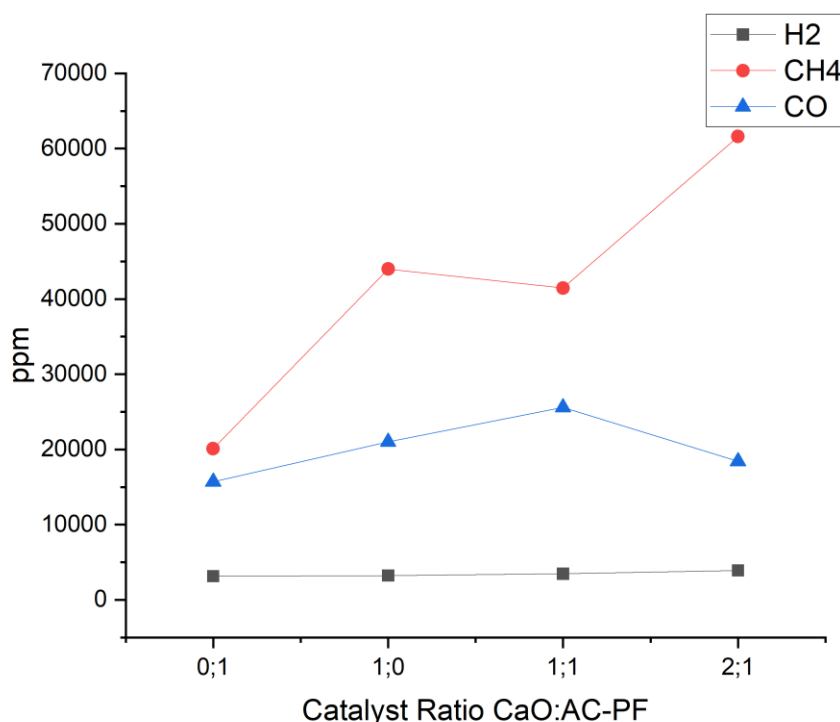
Untuk CO, peningkatan dari E.R. 0,20 ke 0,30 mengindikasikan bahwa suplai oksidan pada tingkat moderat meningkatkan reaksi char–gas serta jalur oksidasi parsial yang mendukung pembentukan CO. Namun, penurunan pada E.R. 0,35 mengisyaratkan bahwa CO semakin banyak dikonsumsi oleh reaksi lanjutan ketika ketersediaan oksidan dan temperatur menjadi lebih tinggi. Dua jalur yang mungkin adalah (i) oksidasi CO menjadi CO₂ pada mikro-lingkungan yang lebih oksidatif dan/atau (ii) penguatan reaksi water–gas shift (WGS) yang mengonversi CO menjadi H₂ di hadapan uap air ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$). Meskipun CO₂ tidak dikuantifikasi pada gambar/tabel ini, kenaikan H₂ pada E.R. 0,35 yang terjadi bersamaan dengan penurunan CO konsisten dengan meningkatnya konversi CO pada E.R. yang lebih tinggi.



Gambar 16. Pengaruh loading (kadar) katalis terhadap komposisi gas sintesis (syngas).

Gambar 16 menunjukkan bahwa loading katalis (4–10%) secara nyata mengubah komposisi syngas, yang menegaskan bahwa tingkat reaksi peningkatan mutu (upgrading) heterogen pada zona katalitik pasca-reaktor sangat dipengaruhi oleh jumlah katalis yang tersedia untuk kontak gas–padat. Ketika loading katalis meningkat dari 4% menjadi 10%, H₂ mengalami kenaikan bertahap (dari sekitar $3,2 \times 10^3$ ppm menjadi $4,0 \times 10^3$ ppm), yang mengindikasikan bahwa inventori katalis yang lebih besar menyediakan lebih banyak situs aktif/basa yang mudah diakses serta luas area kontak untuk reaksi sekunder volatil/tar yang berkontribusi pada pembentukan hidrogen. Secara paralel, CH₄ meningkat secara signifikan dan mencapai nilai tertinggi pada loading 10% ($\approx 6,1 \times 10^4$ ppm), yang menunjukkan bahwa bed katalis yang lebih besar meningkatkan konversi hidrokarbon berat menjadi spesies gas yang lebih ringan; dalam rentang kondisi operasi penelitian ini, jalur upgrading tersebut tampaknya lebih mendukung pembentukan/retensi hidrokarbon ringan daripada reforming totalnya[11].

Berbeda dengan H₂ dan CH₄, CO meningkat dari loading 4% hingga 8% (mencapai puncak sekitar $2,6 \times 10^4$ ppm) kemudian menurun pada loading 10% ($1,9 \times 10^4$ ppm). Kenaikan hingga 8% dapat dikaitkan dengan perengkahan/reforming yang lebih efektif terhadap volatil teroksigenasi dan fragmen tar, yang umumnya menghasilkan CO sebagai produk utama[12]. Penurunan selanjutnya pada 10% mengindikasikan bahwa pada inventori katalis yang lebih tinggi, CO semakin banyak dikonsumsi oleh reaksi konversi lanjutan, paling mungkin melalui reaksi water–gas shift ($\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$) dan/atau oksidasi pada mikro-lingkungan yang secara lokal lebih reaktif. Kenaikan H₂ secara bersamaan pada loading 10% mendukung interpretasi tersebut, meskipun penguatannya akan lebih baik jika CO₂ dan/atau ketersediaan uap air juga dilaporkan.



Gambar 12 menyajikan tren pengaruh utama rasio CaO:AC-PF terhadap komposisi syngas. Terlihat adanya ketergantungan yang jelas antara hasil gas dan formulasi katalis, yang menunjukkan bahwa kontribusi relatif situs basa CaO serta fungsionalitas/porositas permukaan AC-PF berbasis karbon mengendalikan jalur upgrading yang dominan. Ketika rasio katalis bergeser dari AC saja (0:1) menuju formulasi yang lebih kaya CaO, konsentrasi H₂ dan CH₄ secara umum meningkat, sedangkan CO menunjukkan nilai maksimum pada rasio menengah.

Konsentrasi H₂ meningkat secara bertahap seiring naiknya fraksi CaO dan mencapai nilai tertinggi pada CaO:AC-PF = 2:1. Tren ini selaras dengan peran katalitik CaO sebagai material basa kuat yang dapat mendorong reaksi perengkahan tar dan jalur reaksi tipe reforming, serta yang lebih penting, memfasilitasi kimia sorption-enhanced melalui penangkapan CO₂ secara in-situ ($\text{CaO} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{CaCO}_3$). Dengan menurunkan tekanan parsial CO₂ efektif, CaO dapat menggeser kesetimbangan reaksi menuju pembentukan H₂ yang lebih besar, khususnya melalui peningkatan konversi CO di hadapan uap air (yaitu pengayaan hidrogen yang didorong oleh reaksi WGS). Meskipun CO₂ tidak dikuantifikasi pada dataset ini, kenaikan H₂ yang berkelanjutan dengan meningkatnya fraksi CaO mendukung hipotesis bahwa jalur reaksi yang dibantu CaO menjadi semakin dominan pada loading CaO yang lebih tinggi.

Pola serupa namun lebih menonjol terlihat pada CH₄, yang meningkat tajam dari 0:1 hingga 2:1 dan mencapai nilai maksimum pada 2:1. Hal ini menunjukkan bahwa dalam rentang kondisi operasi saat ini (rentang E.R. dan loading katalis), katalis kaya CaO tidak semata-mata mendorong reforming total hidrokarbon ringan; sebaliknya, katalis tersebut tampaknya meningkatkan konversi volatil/tar yang lebih berat menjadi gas ringan yang stabil, termasuk CH₄. Keberadaan AC-PF dapat turut berperan dengan menyediakan matriks karbon berpori yang memperbaiki dispersi dan aksesibilitas situs reaktif, meningkatkan waktu tinggal di zona katalitik, serta mendukung proses adsorpsi-desorpsi senyawa organik yang mudah terkondensasi sebelum mengalami perengkahan. Dengan demikian, campuran yang kaya CaO kemungkinan memperkuat upgrading volatil, sehingga menghasilkan CH₄ yang lebih tinggi sebagai produk akhir pada kondisi ini.

Sebaliknya, CO meningkat dari 0:1 ke 1:1, mencapai nilai maksimum pada 1:1, lalu menurun pada 2:1. Kenaikan awal ini mengindikasikan bahwa penggabungan CaO dengan AC-PF hingga rasio setara meningkatkan perengkahan/reforming volatil teroksigenasi, yang umumnya menghasilkan CO sebagai produk utama.

Symbol	Reaction parameter	Mean S/N (1st level)	Mean S/N (2nd level)	Mean S/N (3rd level)	Mean S/N (4th level)	Delta	Rank
--------	--------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	-------	------

A	Equivalence Ratio	69.9482	70.196	70.7629	71.8403	1.8921	1
B	Catalyst load (%)	71.4366	70.7784	70.5276	70.0047	1.4319	2
C	CaO/AC ratio	70.7336	70.7215	70.6226	70.6696	0.111	3

Faktor yang dianalisis meliputi E.R. udara (A), loading katalis (B), dan rasio komposisi CaO/AC-PF (C). Berdasarkan hasil perhitungan rasio Signal-to-Noise (S/N) dengan kriteria **larger-the-better**, diperoleh nilai S/N rata-rata untuk setiap level faktor, yang menunjukkan kecenderungan peningkatan efisiensi produksi hidrogen [38].

Faktor A (Equivalence Ratio) memiliki nilai Delta tertinggi, sekitar 1,89 dB, sehingga menempati peringkat pertama (Rank 1) sebagai faktor yang paling berpengaruh terhadap hasil hidrogen. Peningkatan E.R. dari 0,2 menjadi 0,35 menyebabkan kenaikan rasio S/N secara konsisten, yang mengindikasikan meningkatnya stabilitas dan efisiensi reaksi. E.R. yang tinggi mempercepat perpindahan panas dan memperluas zona reaksi aktif, sehingga proses steam reforming dan water-gas shift (WGS) berlangsung lebih intensif. Dengan demikian, temperatur reaksi dapat dipertahankan pada rentang optimum dan menghasilkan laju pembentukan gas hidrogen yang lebih besar.

Faktor B (loading katalis) berada pada peringkat kedua dengan nilai Delta sekitar 1,43 dB. Nilai S/N rata-rata tertinggi diperoleh pada loading katalis 4%, yang menunjukkan bahwa katalis lebih efektif pada konsentrasi rendah. Pada loading yang lebih tinggi (8–10%), terdapat kecenderungan nilai S/N menurun akibat aglomerasi partikel dan penyerapan panas yang berlebihan, yang menghambat difusi gas menuju situs aktif katalis. Kondisi ini menyebabkan aktivitas permukaan katalis menurun dan reaksi reforming menjadi kurang efisien.

Faktor C (rasio CaO/AC) memiliki Delta paling kecil, sekitar 0,11 dB, sehingga menempati peringkat ketiga (Rank 3), yang berarti pengaruhnya terhadap variasi hasil relatif lebih kecil dibandingkan dua faktor lainnya. Meskipun demikian, tren kenaikan rasio S/N tetap terlihat pada rasio CaO/AC-PF = 2:1. Namun, jika kandungan CaO terlalu tinggi, permukaan katalis dapat tertutup lapisan CaCO_3 yang menurunkan aktivitasnya. Oleh karena itu, peran arang aktif (AC) dari serat kelapa sawit hasil proses hidrotermal dengan aktivator KOH menjadi sangat penting. Material ini memiliki luas permukaan spesifik yang tinggi dan mengandung gugus fungsional $-\text{OH}$ yang dapat meningkatkan adsorpsi tar serta mempercepat interaksi antara gas volatil dan katalis. Sinergi antara CaO dan AC menghasilkan sistem yang stabil, reaktif, dan efisien untuk produksi gas hidrogen.

Berdasarkan hasil perhitungan rasio S/N, kondisi optimum diperoleh pada kombinasi parameter **A₄B₁C₄** (E.R. 0,3, loading katalis 4%, dan CaO/AC = 2:1). Kombinasi ini memberikan nilai S/N optimum tertinggi dan sesuai dengan hasil eksperimen terbaik pada Run 13, dengan yield hidrogen sekitar ± 4239 ppm. Hasil ini menegaskan bahwa konfigurasi tersebut merupakan kondisi paling stabil dan efisien untuk meningkatkan konversi biomassa menjadi gas hidrogen.

D. STATUS LUARAN: Tuliskan jenis, identitas dan status ketercapaian setiap luaran wajib dan luaran tambahan (jika ada) yang dijanjikan. Jenis luaran dapat berupa publikasi, perolehan kekayaan intelektual, atau luaran lainnya yang telah dijanjikan pada proposal. Uraian status luaran harus didukung dengan bukti kemajuan ketercapaian luaran sesuai dengan luaran yang dijanjikan. Lengkapi isian jenis luaran yang dijanjikan serta mengunggah bukti dokumen ketercapaian luaran melalui BIMA.

Status luaran hingga saat ini:

Luaran Wajib: **Submit** Jurnal Internasional Q2, <https://tis.wu.ac.th/tishome/>

Trends in Sciences
Tasks 0
English
View Site
purbo

Trends in Sciences
Submissions

Submissions

My Queue 1
Archives
Help

My Assigned
Search
New Submission

13043 Suwandono et al.
Syngas Quality Improvement in Corncob Updraft Gasification Using CaO/Activated Carbon Palm Fiber Catalyst Optimized by Taguchi Method
Submission

Platform & workflow by
OJS / PKP

Luaran Tambahan: **Submitted** Jurnal Nasional Sinta 2 Polimesin <https://ejurnal.pnl.ac.id/polimesin>

Active Submissions

ACTIVE ARCHIVE

ID	MM-DD SUBMIT	SEC	AUTHORS	TITLE	STATUS
7803	09-24		Suwandono, Wijayanti, Ismail, Akbar,...	CORN COB GASIFICATION AND WOOD PELLETS: THE EFFECT OF...	Awaiting assignment

Luaran Tambahan: **Published** HKI Modul



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM

SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Dalam rangka perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta, dengan ini menerangkan:

Nomor dan tanggal permohonan	: EC002025128433, 10 September 2025
Pencipta	
Nama	: Purbo Surwandono, ST., MT, Prof. Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT dkk.
Alamat	: Jl. Andromeda 6, RT/RW. 005/004, Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65144
Kewarganegaraan	: Indonesia
Pemegang Hak Cipta	
Nama	: Universitas Widya Gama Malang
Alamat	: Jl. Borobudur 35, Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur, 65142
Kewarganegaraan	: Indonesia
Jenis Ciptaan	: Modul
Judul Ciptaan	: PEMBUATAN ARANG AKTIF DARI SERAT SAWIT MENGGUNAKAN METODE HIDROTHERMAL DENGAN AKTIVATOR KOH
Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia	: 9 September 2025, di Kota Malang
Jangka waktu perlindungan	: Berlaku selama 50 (lima puluh) tahun sejak Ciptaan tersebut pertama kali dilakukan Pengumuman.
Nomor Pencatatan	: 000968694

adalah benar berdasarkan keterangan yang diberikan oleh Pemohon.
Surat Pencatatan Hak Cipta atau produk Hak terkait ini sesuai dengan Pasal 72 Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.



a.n. MENTERI HUKUM
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u.b
Direktur Hak Cipta dan Desain Industri



Agung Damarsasonjko, SH., MH.
NIP. 196912261994031001



Disclaimer:

1. Dalam hal pemohon memberikan keterangan tidak sesuai dengan fakta sebenarnya, Menteri berwenang untuk mencabut surat pencatatan permohonan.
2. Surat Pencatatan ini telah diunggah secara elektronik menggunakan alat elektronik yang diterbitkan oleh Badan Sertifikasi Elektronik, Badan Siber dan Sandi Negara.
3. Surat Pencatatan ini dapat dibuktikan keasliannya dengan memindai kode QR pada dokumen ini dan informasi akan ditampilkan dalam browser.

E. **PERAN MITRA:** Tuliskan realisasi kerjasama dan kontribusi Mitra baik *in-kind* maupun *in-cash* serta mengunggah bukti dokumen pendukung sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Bukti dokumen realisasi kerjasama dengan Mitra dapat diunggah melalui BIMA.

Catatan:

Bagian ini wajib diisi untuk penelitian terapan, untuk penelitian dasar (Fundamental, Pascasarjana, PKDN, Dosen Pemula) boleh mengisi bagian ini (tidak wajib) jika melibatkan mitra dalam pelaksanaan penelitiannya

.....

.....

.....

.....

.....

F. KENDALA PELAKSANAAN PENELITIAN: Tuliskan kesulitan atau hambatan yang dihadapi selama melakukan penelitian dan mencapai luaran yang dijanjikan, termasuk penjelasan jika pelaksanaan penelitian dan luaran penelitian tidak sesuai dengan yang direncanakan atau dijanjikan.

Tidak ada kendala yang berarti saat melaksanakan penelitian. Luaran telah sesuai yang dijanjikan Jurnal Internasional Bereputasi Q2 (Submitted) dan ada tambahan luaran yaitu artikel Sinta 2 (In Review) dan HKI Modul (Terbit).

G. RENCANA TAHAPAN SELANJUTNYA: Tuliskan dan uraikan rencana penelitian selanjutnya berdasarkan indikator luaran yang telah dicapai, rencana realisasi luaran wajib yang dijanjikan dan tambahan (jika ada) di tahun berikutnya serta *roadmap* penelitian keseluruhan. Pada bagian ini diperbolehkan untuk melengkapi penjelasan dari setiap tahapan dalam metoda yang akan direncanakan termasuk jadwal berkaitan dengan strategi untuk mencapai luaran seperti yang telah dijanjikan dalam proposal. Jika diperlukan, penjelasan dapat juga dilengkapi dengan gambar, tabel, diagram, serta pustaka yang relevan. Jika laporan kemajuan merupakan laporan pelaksanaan tahun terakhir, pada bagian ini dapat dituliskan rencana penyelesaian target yang belum tercapai.

Pada tahun berjalan, penelitian telah menghasilkan capaian luaran sesuai rencana. Luaran wajib berupa artikel pada jurnal terindeks Q2 telah diselesaikan sampai tahap pengiriman naskah (submitted) dan saat ini berada pada proses editorial serta menunggu tahapan review dan keputusan. Selain itu, luaran tambahan berupa artikel pada jurnal Sinta 2 juga telah diajukan dan sedang berada pada tahap penilaian mitra bestari (in review). Di sisi penguatan luaran non-publikasi, HKI Modul telah terbit, sehingga pada tahun berikutnya kegiatan tidak lagi berfokus pada pengurusan legalitas HKI, melainkan pada penguatan pemanfaatan, diseminasi, dan pembuktian dampak implementasinya melalui penerapan modul pada kegiatan pembelajaran/praktikum atau aktivitas akademik terkait.

Rencana penelitian selanjutnya pada tahun berikutnya diarahkan terutama untuk menuntaskan luaran publikasi agar meningkat statusnya dari submitted/in review menjadi accepted hingga published, disertai penguatan kualitas data dan konsistensi metodologi agar memenuhi standar penilaian jurnal. Untuk naskah Q2, strategi utama adalah menyiapkan proses revisi secara cepat dan sistematis melalui penyusunan tanggapan reviewer secara point-by-point, perbaikan struktur naskah, penyempurnaan visualisasi data (gambar dan tabel), serta penguatan pembahasan berbasis literatur terkini yang relevan.

Untuk naskah Sinta 2 yang masih dalam tahap review, fokus tahun berikutnya adalah memastikan seluruh masukan reviewer dan editor dipenuhi, termasuk perbaikan bahasa ilmiah, kesesuaian format, konsistensi penyajian data, serta penajaman kebaruan dan kontribusi.

Secara keseluruhan, roadmap penelitian menempatkan tahun berjalan sebagai fase penyusunan dan pengajuan luaran utama (publikasi Q2 dan Sinta 2) serta penyelesaian luaran pendukung (HKI Modul). Tahun berikutnya menjadi fase penguatan kualitas dan validasi, sekaligus fase finalisasi luaran publikasi hingga terbit. Setelah target publikasi tercapai, penelitian dapat diarahkan pada pengembangan lebih lanjut seperti pematangan prosedur operasional, perluasan variasi parameter untuk memperkuat generalisasi temuan, serta peningkatan skala TKT dan stabilitas operasi guna memperbesar peluang hilirisasi dan kemitraan.

H. DAFTAR PUSTAKA: Penyusunan Daftar Pustaka berdasarkan sistem nomor sesuai dengan urutan pengutipan. Hanya pustaka yang disitasi pada laporan kemajuan yang dicantumkan dalam Daftar Pustaka.

- [1] S. Lang et al., "Effect of hydrothermal and hydrothermal oxidation pretreatment on the physicochemical properties of biochar pellet and activated carbon prepared from biomass wastes," *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 188, no. January, p. 107007, 2025, doi: 10.1016/j.jaap.2025.107007.
- [2] J. Lantos, N. Kumar, and B. Saha, "A comprehensive review of fine chemical production using metal-modified and acidic microporous and mesoporous catalytic materials," *Catalysts*, vol. 14, no. 5, p. 317, 2024.
- [3] L. Wang, F. Dong, Y. Meng, Y. Kang, H. Zhang, and Z. Tang, "Molecular sieve confined catalysts for the catalytic combustion of VOCs: preparation, application and future development," *J. Mater. Chem. A*, 2025.
- [4] Y. Tangke Tosuli, Cahyadi, H. Dafiqurrohman, R. Hermawan, and A. Surjosatyo, "Gasification of sago dreg waste in a top-lit updraft fixed bed gasifier: Syngas composition and its effect with additional Al₂O₃ as catalyst," *Energy Convers. Manag.* X, vol. 24, no. October, p. 100775, 2024, doi: 10.1016/j.ecmx.2024.100775.
- [5] S. M. Beheshti, "Hydrogen-rich gas production via CaO sorption-enhanced steam gasification of rice husk: A modelling study," *Environ. Technol. (United Kingdom)*, vol. 36, no. 10, pp. 1327–1333, 2015, doi: 10.1080/09593330.2014.988185.
- [6] Y. Cheng, "Enhanced production of hydrogen-rich gas from municipal sewage sludge gasification using a CaO-RM composite catalyst," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 77, pp. 824–833, 2024, doi: 10.1016/j.ijhydene.2024.06.153.

- [7] S. Fan, "Experimental and kinetic study of catalytic steam gasification of low rank coal with an environmentally friendly, inexpensive composite K_2CO_3 -eggshell derived CaO catalyst," *Fuel*, vol. 165, pp. 397–404, 2016, doi: 10.1016/j.fuel.2015.10.084.
- [8] Z. Sun, "Biomass pyrolysis-gasification over Zr promoted CaO-HZSM-5 catalysts for hydrogen and bio-oil co-production with CO_2 capture," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 25, pp. 16031–16044, 2017, doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.05.067.
- [9] X. Yan, "Hydrogen production from absorption-enhanced steam gasification of *Enteromorpha prolifera* and its char using Ce-doped CaO material," *Fuel*, vol. 287, 2021, doi: 10.1016/j.fuel.2020.119554.
- [10] Y. Li, "Hydrogen-rich gas production from sorption-enhanced sludge gasification using CaO-based biochar derived from crab shell as a CO_2 sorbent," *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, vol. 24, no. 6, pp. 2353–2364, 2022, doi: 10.1007/s10163-022-01480-z.
- [11] F. Dashtestani, "Effect of the presence of HCl on simultaneous CO_2 capture and contaminants removal from simulated biomass gasification producer gas by CaO- Fe_2O_3 sorbent in calcium looping cycles," *Energies*, vol. 14, no. 23, 2021, doi: 10.3390/en14238167.
- [12] J. Dong, "Hydrogen-Rich Gas Production from Steam Gasification of Bio-char in the Presence of CaO," *Waste and Biomass Valorization*, vol. 8, no. 8, pp. 2735–2746, 2017, doi: 10.1007/s12649-016-9784-x.