

Manuskripita

Journal of Nusantara Manuscript Studies

Volume 16 No. 1, 2026



Manuskripta

PIMPINAN REDAKSI
Oman Fathurahman

DEWAN PENYUNTING INTERNASIONAL
*Achadiati Ikram, Annabel Teh Gallop, Dick van der Meij, Ding Choo Ming,
Edwin Wieringa, Henri Chambert-Loir, Jan van der Putten, Mujizah,
Nabilah Lubis, Roger Tol, Siti Chamamah Soeratno, Sudibyo,
Titik Pudjiastuti, Yumi Sugahara, Willem van der Molen*

PENYUNTING
*Aditia Gunawan, Ali Akbar, Asep Saefullah, Agus Iswanto,
M. Adib Misbachul Islam, Muhammad Nida' Fadlan,
Munawar Holil, Priscila Fitriasih Limbong, Yulianetta,*

REDAKTUR PELAKSANA
Abdullah Maulani

ASISTEN PENYUNTING
*Rahmatia Ayu Widyaningrum
Muhammad Heno Wijayanto*

DESAIN SAMPUL
Agung Zaenal Muttakin Raden

ALAMAT REDAKSI
*Sekretariat Masyarakat Pernaskahan Nusantara (MANASSA)
Gedung VIII, Lantai 1, Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya,
Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, 16424
Website. <http://journal.perpusnas.go.id/index.php/manuskripta>
Email. jmanuskripta@gmail.com*

MANUSKRIPTA (P-ISSN: 2252-5343; E-ISSN: 2355-7605) adalah jurnal ilmiah yang dikelola oleh Masyarakat Pernaskahan Nusantara (Manassa), asosiasi profesi pertama dan satu-satunya di Indonesia yang memperhatikan pengkajian dan pelestarian naskah Nusantara. Jurnal ini dimaksudkan sebagai media pembahasan ilmiah dan penyebaran hasil penelitian di bidang kajian naskah Nusantara. Terbit dua kali dalam setahun.

Daftar Isi

Artikel



- 1 *R. Bima Slamet Raharja*
Teks-teks Lakon Wayang
Karya Ki Widiprayitna Eks-Koleksi
J. L. Moens: Jembatan Masa Lalu terhadap Kajian
Filologi Pertunjukan
- 31 *Pande Putu Abdi Jaya Prawira*
Sarining Pamutus: Mantra Ruwat Jawa Kuno
dalam Catatan Lontar Bali
- 61 *Joko Daryanto, Bambang Sunarto, Bimo Kuncoro*
Ladrang Sri Katon Laras Pelog Pathet Barang:
Artikulasi Politik Masa Pemerintahan
Paku Buwana X
- 83 *Indra Sopian, Muhammad Sigit Pramudya,*
Asep Achmad Hidayat, Dedi Supriadi, Zulmi Ramdani
Formulasi Fitur Visual
Manuskrip Arab Pegon Sunda
untuk Pengembangan Sistem
Handwritten Text Recognition (HTR)
Berbasis Artificial Intelligence (AI)
- 113 *Hady Prasetya*
Bahasa Orang-Orang Mandala:
Relasi Bahasa antara Lontar Sunda
dengan Bahasa Orang Baduy



Indra Sopian, Muhammad Sigit Pramudya,
Asep Achmad Hidayat, Dedi Supriadi, Zulmi Ramdani

Formulasi Fitur Visual Manuskrip Arab Pegon Sunda untuk Pengembangan Sistem *Handwritten Text Recognition* (HTR) Berbasis *Artificial Intelligence* (AI)

Abstract: This study examines the Sundanese Arab Pegon manuscript *Wawacan Abdul Muluk* through a philological approach to formulate a conceptual visual feature taxonomy framework as a foundational step for developing Artificial Intelligence (AI)-based Handwritten Text Recognition (HTR). The philological approach is employed to identify the manuscript's condition, structural content, linguistic characteristics, and script, which are then transformed into digital parameters. The study successfully formulates six categories of conceptual visual features: paleography, text layout, script form, grapheme variation, ornamentation, and physical degradation (such as faded ink and damaged binding) that create visual noise affecting text legibility. These characteristics are analyzed as a baseline to enable AI models to accurately recognize, process, and represent Sundanese manuscripts. This synergy between philology and computational approaches contributes to the digital humanities by providing a visual feature taxonomy for future HTR application development.

Keywords: Arab Pegon, Handwritten Text Recognition (HTR), Digital Humanities, Philology, *Wawacan Abdul Muluk*.

Abstrak: Penelitian ini mengkaji manuskrip Arab Pegon Sunda *Wawacan Abdul Muluk* melalui pendekatan filologi untuk merumuskan kerangka kerja (*framework*) taksonomi fitur visual konseptual sebagai dasar awal pengembangan model Handwritten Text Recognition (HTR) berbasis Artificial Intelligence (AI). Pendekatan filologi digunakan untuk mengidentifikasi kondisi naskah, struktur isi, karakteristik kebahasaan, dan aksara, yang kemudian ditransformasikan menjadi parameter digital. Hasil penelitian berhasil merumuskan enam kategori fitur visual konseptual: paleografi, tata letak teks, bentuk aksara, variasi grafem, ornamen, serta degradasi fisik naskah (seperti tinta pudar dan jilid rusak) yang menjadi *noise* visual bagi keterbacaan teks. Karakteristik ini dianalisis sebagai landasan agar model AI mampu mengenali, memproses, dan merepresentasikan manuskrip Sunda secara akurat. Sinergi antara filologi dan pendekatan komputasional ini berkontribusi pada bidang humaniora digital dalam menyediakan taksonomi fitur visual untuk pengembangan aplikasi HTR di masa depan.

Kata Kunci: Arab Pegon, Handwritten Text Recognition (HTR), Humaniora Digital, Filologi, *Wawacan Abdul Muluk*.

Kekayaan intelektual peradaban Islam Nusantara tersimpan secara dominan dalam manuskrip-manuskrip beraksara Arab Pegon, baik dalam bahasa Melayu, Jawa, maupun Sunda. Naskah-naskah tersebut, yang banyak berkembang dalam tradisi pesantren, memuat berbagai pengetahuan keagamaan, sastra, sejarah, serta nilai-nilai moral dan sosial masyarakat masa lampau. Saefullah (2020) menjelaskan fenomena penyebaran kitab-kitab cetak keagamaan di Jawa Barat yang dominan menggunakan aksara Arab dengan bahasa Sunda atau Jawa (Pegon). Sebagai warisan budaya tulis, manuskrip Nusantara memiliki peran penting dalam pembentukan identitas dan kontinuitas kebudayaan Indonesia. Namun demikian, keberadaannya menghadapi tantangan serius karena banyak naskah mengalami degradasi material akibat usia, kualitas bahan kertas dan tinta, serta kondisi penyimpanan yang kurang memadai. Upaya digitalisasi yang selama ini dilakukan umumnya baru sebatas mengubah naskah menjadi pustaka citra (*image library*), yang belum mampu mentransformasikan teks ke dalam format digital berwujud *text library* yang dapat diolah atau dicari datanya secara otomatis.

Dalam konteks tersebut, perkembangan teknologi digital, khususnya *Artificial Intelligence* (AI), menawarkan peluang baru untuk menjembatani kesenjangan aksesibilitas tersebut. Fitryansyah & Fauziah (2024) menegaskan bahwa AI kini sedang mentransformasi berbagai bidang, termasuk interpretasi teks keagamaan Islam melalui pengolahan citra dan pengenalan pola visual. Namun, terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) yang nyata dalam ranah ini. Di satu sisi, penelitian filologi terhadap naskah Nusantara telah banyak dilakukan, tetapi belum dimanfaatkan sebagai parameter konseptual dalam AI. Di sisi lain, teknologi *Handwritten Text Recognition* (HTR) berbasis *Artificial Intelligence* (AI) telah berkembang pesat untuk aksara yang relatif stabil seperti Arab cetak atau aksara Eropa, namun sistem komputasi tersebut belum tersedia untuk Arab Pegon Sunda. Model *Artificial Intelligence* (AI) arus utama

mengalami penurunan akurasi yang drastis ketika diterapkan pada manuskrip kuno akibat adanya variasi bentuk aksara tulisan tangan, kompleksitas grafem lokal, fluktuasi gaya penulisan, hingga gangguan visual (*noise*) dari media tulisnya, baik berupa tekstur kertas lokal yang berserat maupun kertas impor Eropa bertanda air (*watermark*) dari abad ke-17 hingga ke-18 (Safitri dkk. 2022).

Perkembangan teknologi HTR internasional awalnya didominasi oleh arsitektur hibrida *Convolutional Recurrent Neural Network* (CRNN) (Shi dkk., 2016). Platform global seperti Transkribus (Kahle dkk., 2019) dan Kraken OCR (Kiessling, 2019) kemudian hadir menawarkan fleksibilitas *open-source* untuk melatih data teks historis. Namun, ketika platform ini dihadapkan pada manuskrip Arab, Jawi, dan Pegon, muncul tantangan inheren berupa sifat aksara yang kursif (*cursive connectivity*) dan ketiadaan *standard baseline*. Memasuki era mutakhir, arsitektur *Transformer-based OCR* seperti TrOCR menawarkan lompatan akurasi signifikan melalui mekanisme *self-attention end-to-end* (Li dkk., 2023). Meskipun performanya luar biasa pada aksara Arab cetak maupun *handwritten* Timur Tengah modern (Al-Barham & Al-Hajj, 2024), penerapannya pada Arab Pegon Sunda dalam manuskrip seperti *Wawacan Abdul Muluk* masih menghadapi anomali visual yang masif. Karakteristik lokal seperti variasi morfologi tiga titik pada huruf *pa* (ڤا), penyimpangan *baseline* huruf *ca* (چ), hingga fenomena ekonomi goresan pada huruf *sin* (س) awal sering kali dibaca sebagai *visual noise*. Oleh karena itu, penelitian ini memposisikan diri untuk mengisi *research gap* tersebut dengan merumuskan fitur visual spesifik lokalisasi, seperti *Nga-Fa Confusion Mapping* (NFCM) dan *Local-Language Morphophonemic Tail Modeling* (LMTM), sebagai parameter *fine-tuning* konseptual bagi arsitektur HTR modern.

Untuk mengisi celah penelitian tersebut, studi ini menjadikan manuskrip *Wawacan Abdul Muluk* (kode koleksi SD 195) sebagai objek kajian sekaligus studi kasus perumusan fitur visual. Jawa Barat diidentifikasi sebagai salah satu daerah

yang memiliki kekayaan naskah kuno melimpah dengan basis penggunaan aksara Arab-Pegon yang sangat kuat (Fauzi dkk., 2024). Melalui penelusuran pada Katalog Induk Manuskrip Nusantara serta inventarisasi kajian terdahulu, naskah *Wawacan Abdul Muluk* beraksara Pegon Sunda ini terbukti merupakan dokumen orisinal yang autentik dan belum pernah melalui proses suntingan ilmiah sebelumnya. Manuskrip berbentuk puisi *pupuh* (dangding) pengaruh kesusastraan Jawa abad ke-17 ini dipilih karena sangat representatif dalam mencerminkan kompleksitas visual sekaligus persoalan kodekologis naskah Nusantara, seperti tinta pudar dan jilid yang rusak, yang secara langsung memengaruhi tingkat keterbacaan teks.

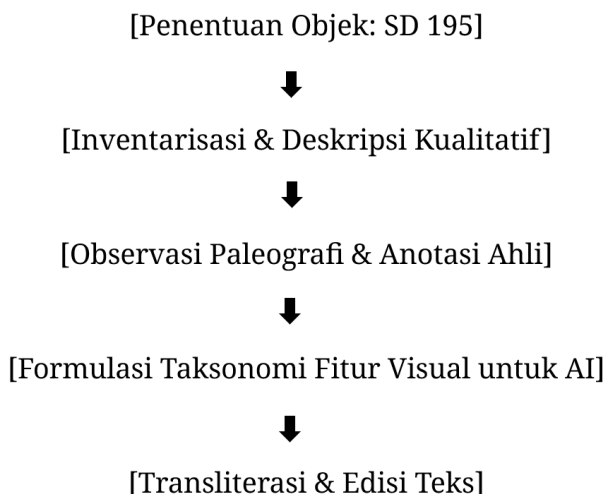
Integrasi antara analisis humaniora dan pendekatan komputasional dijalankan dengan memposisikan hasil pembacaan filologis sebagai parameter digital. Merujuk pada konsep filologi dasar, pengkajian naskah lama dilakukan untuk membedah naskah sebagai objek fisik sekaligus teks sebagai pesan yang terkandung di dalamnya (Djamaris dalam Supriadi, 2011). Karakteristik linguistik, morfologi aksara, dan variasi ligatur (sambungan huruf) yang ditemukan lewat analisis paleografi filologis ditransformasikan menjadi rumusan taksonomi fitur visual. Rumusan terstruktur inilah yang nantinya diusulkan sebagai fondasi konseptual (*blueprint*) untuk mendukung penyesuaian arsitektur *deep learning* di masa depan. Model konseptual ini diharapkan mampu meningkatkan level digitalisasi manuskrip Nusantara dari perpustakaan berbasis gambar menjadi perpustakaan berbasis teks, yang pada gilirannya menyediakan data efektif untuk kebutuhan *text mining* maupun penciptaan platform akses publik bagi teks klasik (Tabroni dkk., 2024). Selain aspek teknis visual, analisis tekstual terhadap naskah ini juga mengungkap kandungan nilai substantif berupa sistem etika berniaga yang mengamankan integritas, kejujuran, dan disiplin sebagai instrumen edukasi moral masyarakat Sunda.

Berdasarkan seluruh uraian di atas, penelitian ini

bertujuan untuk merumuskan taksonomi fitur visual manuskrip *Wawacan Abdul Muluk* melalui pendekatan filologi sebagai dasar konseptual pengembangan sistem *Handwritten Text Recognition* (HTR) Arab Pegon Sunda. Fokus tunggal pada perumusan aspek visual konseptual ini sengaja ditetapkan agar penelitian memiliki arah yang konsisten, tanpa melakukan implementasi atau pemrograman model AI pada tahap ini. Melalui batas tersebut, tulisan ini diharapkan melahirkan kontribusi ganda yaitu memperdalam penyelamatan teks *Wawacan Abdul Muluk* secara filologis sekaligus meletakkan fondasi parameterisasi visual yang valid demi pelestarian manuskrip Nusantara berbasis humaniora digital.

Prosedur Penelitian dan Desain Diagram Alur

Prosedur penelitian ini menggabungkan metodologi filologi Edwar Djamaris (2002) dengan standar kerja Masyarakat Pernaskahan Nusantara (Manassa). Seluruh tahapan sistematis dalam riset ini digambarkan dalam diagram alur berikut:



Secara kronologis, seluruh rangkaian prosedur dalam penelitian ini dirancang untuk memastikan integrasi yang

kuat antara disiplin filologi tradisional dan kebutuhan data komputasional. Alur metodologi dimulai dari tahap penentuan objek material, yakni naskah tunggal *Wawacan Abdul Muluk* (SD 195), yang kemudian dilanjutkan dengan proses inventarisasi serta deskripsi mendalam terhadap karakteristik fisik dan linguistik naskah. Dari basis deskripsi tersebut, peneliti melakukan inspeksi mendalam untuk mengekstraksi dan memformulasikan taksonomi fitur visual manuskrip melalui verifikasi serta validasi bersama ahli paleografi Arab-Pegon Nusantara. Tahap krusial ini berfungsi menjembatani interpretasi visual manusia menjadi parameter konseptual yang valid, sebelum akhirnya penelitian ditutup dengan menghasilkan output akhir berupa transliterasi dan suntingan teks (edisi teks) yang bersih serta akurat.

Metode Identifikasi, Anotasi, dan Validasi Fitur Visual

Untuk menjawab validitas taksonomi fitur visual yang dihasilkan, proses identifikasi tidak dilakukan secara asuntif, melainkan melalui tiga tahapan sistematis:

1. Observasi Manual & Analisis Paleografi

Peneliti melakukan pengamatan mikroskopis terhadap citra digital naskah untuk mengidentifikasi variasi *alograf* (awal, tengah, akhir, isolasi), morfologi huruf, tekstur serat kertas, dan kelainan diakritik.

2. Proses Anotasi Manual

Karakter visual yang janggal atau spesifik ditandai (*bounding box*) secara manual sebagai sampel glif (*glyph samples*).

3. Validasi dan Verifikasi Ahli

Untuk menjamin reliabilitas data sebelum ditransformasikan ke sistem komputer, hasil identifikasi visual tersebut diverifikasi bersama ahli paleografi Arab-Pegon Nusantara. Proses ini memastikan bahwa distorsi visual yang ditemukan

merupakan karakter grafem yang dipengaruhi fonologis Sunda, bukan sekadar kerusakan acak pada kertas.

4. Hasil Formulasi Taksonomi Fitur Visual dan Justifikasi Komputasional

Prosedur inspeksi mendalam tersebut berhasil merumuskan delapan fitur visual spesifik lokalisasi Arab-Pegon Sunda dari naskah *Wawacan Abdul Muluk*. Fitur-fitur ini menjadi kontribusi utama penelitian sebagai parameter *fine-tuning* bagi arsitektur HTR modern, Untuk menjembatani analisis paleografi tradisional dengan kebutuhan pemodelan arsitektur komputasional, hasil *single-manuscript deep inspection* terhadap naskah *Wawacan Abdul Muluk* diformulasikan ke dalam taksonomi fitur visual khusus. Secara rinci, justifikasi filologis beserta target parameterisasi komputasional dari kedelapan fitur visual yang diusulkan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel berikut.

Tabel 1. Taksonomi Fitur Visual dan Justifikasi Komputasional

Kode Fitur	Nama Fitur Visual Khas	Justifikasi Filologis / Paleografis	Justifikasi Komputasional (Target AI)
NFCM	Nga-Fa Confusion Mapping	Titik pada huruf <i>nga</i> (ڠ) sering bergeser/ hilang karena degradasi tinta, menjadikannya identik secara visual dengan huruf <i>fa</i> (ف).	Mencegah misklasifikasi pada <i>confusion matrix</i> model HTR dengan melatih filter CNN mendeteksi sisa goresan minor.
3DMD	Triple-Dot Morphology Detection	Tiga titik pada huruf <i>pa</i> (پ) kerap menyatu menjadi satu noktah besar atau memudar akibat kualitas kertas Eropa <i>Concordia</i> .	Menggunakan <i>morphological analysis</i> dan <i>attention</i> untuk membedakan huruf <i>pa</i> (پ) dari <i>ba</i> (ب) atau <i>ta</i> (ت).

CCBD	Calligraphic Ca Baseline Deviation	Penulisan titik pada huruf <i>ca</i> (چ) menyimpang jauh ke bawah menjauhi <i>baseline</i> penulisan karena gaya cepat penulis syair.	Mengajari model <i>Sequence-to-Sequence</i> agar tidak mengabaikan titik yang keluar dari koridor <i>bounding box</i> utama.
GSVL	<i>Ga-Shape Variant Library</i>	Huruf <i>ga</i> (گ) memiliki alograf yang sangat luas di Nusantara (variasi model Persia vs lokal).	Membangun katalog struktural varian huruf dalam bentuk <i>embedding vector</i> agar model adaptif terhadap gaya tulis tangan yang berbeda.
LDDP	<i>Localized Diacritic Distortion Patterns</i>	Harakat lokal Pegon mengalami distorsi ekstrem (misal kasrah terlalu rendah atau dhammah menyerupai noktah).	Mengoptimalkan <i>Attention Mechanism</i> untuk melakukan pembobotan visual khusus pada area sekitar huruf inti.
SCFM	Southeast Asian Cursive Flow Model	Aliran tulisan Pegon Nusantara cenderung lebih landai, lentur, dan memiliki ligatur yang sangat panjang (<i>run-on</i>).	Menyesuaikan parameter <i>recurrent step</i> pada LSTM agar mampu memproses sekuens karakter yang tersambung ekstrem tanpa terputus.
ISSC	<i>Initial Sin-Lam Shape Convergence</i>	Huruf <i>sin</i> (س) di awal kata menyusut kehilangan giginya karena <i>economy of stroke</i> , sehingga mirip huruf <i>lam</i> (ل).	Mengintegrasikan <i>Language Model</i> (LM) berbasis bahasa Sunda untuk mengoreksi tebakan visual berdasarkan probabilitas kemunculan kata.

LMTM	<i>Local-Language Morphophonemic Tail</i>	Ekor huruf Pegon mengalami deformasi panjang/ kelengkungan akibat tuntutan fonetik bahasa lokal (Sunda/ Jawa).	Memasukkan <i>phonological embedding</i> ke dalam arsitektur HTR untuk memperkuat pembacaan berbasis konteks bahasa Sunda.
------	---	--	--

Berdasarkan Tabel 1 di atas, terlihat secara jelas bahwa ke-delapan fitur visual yang dirumuskan bukan sekadar klasifikasi bentuk huruf, melainkan representasi dari anomali visual dan ortografi lokal yang selama ini menjadi penyebab utama rendahnya akurasi model HTR standar dunia. Fitur-fitur seperti *Nga-Fa Confusion Mapping* (NFCM) dan *Initial Sin-Lam Shape Convergence* (ISSC) membuktikan bahwa inkonsistensi goresan tangan (*economy of stroke*) dan degradasi tinta pada naskah kuno Nusantara membutuhkan penanganan komputasional yang spesifik, baik melalui pendekatan *filter* CNN maupun integrasi *Language Model* berbasis bahasa lokal. Dengan demikian, rumusan taksonomi ini berfungsi sebagai fondasi konseptual (*blueprint*) bagi para pengembang kecerdasan buatan untuk melakukan *fine-tuning* model *deep learning* agar lebih adaptif terhadap khazanah manuskrip Arab-Pegon Sunda.

Analisis Filologis dan Fitur Visual Naskah Wawacan Abdul Muluk

Manuskrip yang menjadi objek kajian ini menggunakan aksara Arab Pegon dengan bahasa Sunda. Agar kandungan teks dapat diakses dan dipahami oleh khalayak yang lebih luas, dilakukan proses transliterasi serta penerjemahan ke dalam bahasa Indonesia. Langkah ini bertujuan agar masyarakat yang tidak menguasai bahasa asalnya tetap dapat mengapresiasi dan memetik pesan dari isi naskah tersebut. Selanjutnya, hasil suntingan teks dalam penelitian ini dikaji secara mendalam menggunakan metode analisis isi (*content analysis*) guna membedah dan merekonstruksi nilai-nilai luhur serta pesan

moral yang tersirat di dalam teks secara objektif dan sistematis.

Lebih jauh, hasil suntingan teks dan perumusan fitur visual dalam penelitian ini diproyeksikan sebagai instrumen krusial dalam proses digitalisasi naskah kuno menjadi teks yang dapat dicari (*searchable text*) melalui teknologi HTR. Transformasi digital ini akan memudahkan para peneliti di masa depan dalam melakukan studi resepsi teks, sebagaimana yang dicontohkan oleh Supriatna dkk. (2023) melalui metode perbandingan leksikal yang cepat antara teks sumber dengan teks penjelasnya. Melalui dukungan digitalisasi teks berbasis HTR, praktik resitasi serta studi komparatif terhadap teks-teks klasik Nusantara menjadi jauh lebih efisien. Pada akhirnya, integrasi humaniora digital ini berpotensi menciptakan sebuah transformasi pedagogis yang signifikan dalam ekosistem pendidikan tradisional maupun pesantren (Istiqomah dkk., 2025).

Untuk mentransformasikan data humaniora ini menjadi indikator operasional, berikut adalah pembedahan mendalam salah satu fitur visual utama, yakni *Nga-Fa Confusion Mapping* (NFCM):

1. Definisi: Pemetaan fenomena kemiripan bentuk visual (*grapheme similarity*) antara huruf *Nga* (ꦒ) dan huruf *Fa* (ꦑ) akibat pergeseran atau hilangnya komponen titik pembeda (*diacritics*).
2. Karakteristik Visual: Bentuk *body* (ruang loop utama) kedua huruf ini identik. Perbedaan hanya terletak pada jumlah titik (tiga titik untuk *Nga* versi Pegon, satu titik untuk *Fa*). Namun, dalam manuskrip ini, titik-titik tersebut sering kali menyatu atau pudar akibat degradasi tinta.
3. Tantangan pada HTR/OCR: Menyebabkan tingginya tingkat kesalahan klasifikasi (*misclassification*) pada *confusion matrix* model AI. Komputer standar akan membaca huruf *Nga* (ꦒ) digital berbasis Unicode sebagai huruf *Fa* (ꦑ) biasa karena gagal mendeteksi sisa goresan tiga titik yang mikro.
4. Implementasi dalam AI: Mengintegrasikan model bahasa (*Language Model*) berbasis probabilitas kata Sunda pada

output layer arsitektur HTR untuk mengoreksi tebakan visual berdasarkan konteks kalimat, serta memperkuat *filter* CNN pada ekstraksi area *looping* huruf.

5. Contoh pada Manuskrip: Ditemukan pada teks syair yang mengandung kata berbahasa Sunda yang menggunakan konsonan 'ng' di mana penulisan tiga titik di atas huruf *Nga* (ڠ) luntur, sehingga menyerupai huruf *Fa* (ف) dalam teks Arab standar.

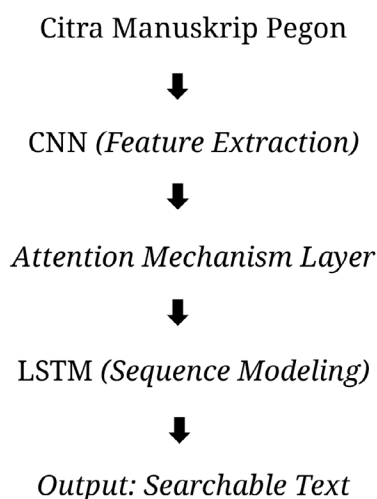
Untuk memperkuat distingsi analisis, Tabel 2 di bawah ini menyajikan perbandingan antara visualisasi huruf digital standar (menggunakan *font* TrueType/OpenType berbasis Unicode) dengan anomali visual riil yang ditemukan pada naskah *Wawacan Abdul Muluk*:

Tabel 2. Perbandingan Karakter Digital (TTF) dan Manuskrip

Karakter Digital Standar (TTF/Unicode)	Karakter Fisik Manuskrip (Anomali Pegon Sunda)	Istilah Paleografi/ Kode Fitur	Dampak Terhadap Bounding Box AI
ڠ (Nga Standard)	ڠ / ف (Titik pudar/ hilang)	Nga-Fa Confusion Mapping (NFCM)	Memicu <i>overlapping prediction</i> pada <i>Confusion Matrix</i> .
ف (Pa Standard)	ف / ب (Tiga titik melebur)	Triple-Dot Morphology Detection (3DMD)	Model gagal mendeteksi ketebalan noktah yang menyatu.
چ (Ca Standard)	چ (Titik melosot ke bawah)	Calligraphic Ca Baseline Deviation (CCBD)	Titik terpotong karena keluar dari batas segmen garis (<i>baseline</i>).

Rencana Pengembangan Model HTR Masa Depan (*Future Work*)

Mengingat penelitian ini berfokus pada tahap perumusan taksonomi fitur visual secara konseptual berbasis filologi, rumusan parameter di atas diproyeksikan sebagai cetak biru (*blueprint*) untuk pengembangan model *Handwritten Text Recognition* (HTR) pada tahapan riset selanjutnya. Rencana arsitektur hibrida yang akan dibangun digambarkan pada Alur Pemrosesan Model HTR berikut:



1. Ekstraksi Fitur Visual via CNN

Convolutional Neural Network (CNN) di masa depan akan dikonfigurasi menggunakan filter spasial khusus yang dilatih menggunakan data tekstur kertas lokal dan degradasi tinta naskah *Wawacan Abdul Muluk*. Hal ini krusial agar model dapat membedakan tekstur dan goresan (*stroke*) asli penulis serta mengatasi spektrum *noise* serat kertas.

2. Pemodelan Sekuensial lewat LSTM

Arsitektur *Long Short-Term Memory* (LSTM) digunakan untuk mempelajari urutan (*sequence*) teks Pegon Sunda yang bersifat kursif (*cursive connectivity*). Karakteristik *Wawacan*

yang memiliki *run-on ligature* (tulisan menyambung ekstrem dalam satu frasa atau kata) akan diselesaikan dengan mengatur *recurrent steps* yang mampu menangkap karakteristik repetitif tulisan tangan lokal.

3. Fokus Diakritik dengan *Attention Mechanism*

Komponen *Attention Mechanism* akan dipasang di antara lapisan CNN dan LSTM. Mekanisme ini meniru cara kerja filolog manusia saat membaca manuskrip, yaitu memberikan bobot perhatian visual lebih tinggi pada koordinat piksel tempat titik harakat berada, sehingga meskipun posisi titik meleset, memudar, atau mengalami *ghosting*, AI tetap dapat memprediksi output secara akurat.

Perumusan Fitur Visual Khusus Manuskrip Wawacan Abdul Muluk

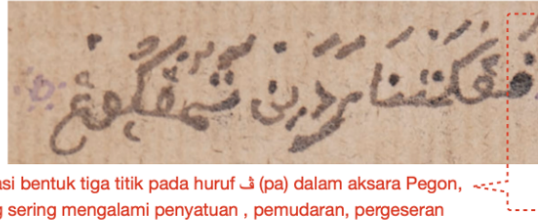
Berikut adalah sembilan Fitur Visual Khusus Arab Jawi Pegon yang dirumuskan melalui proses inspeksi paleografi mendalam terhadap naskah *Wawacan Abdul Muluk*:

1. Fitur *Nga-Fa Confusion Mapping* (NFCM)

Nga-Fa Confusion Mapping adalah istilah yang merujuk pada pemetaan fenomena kemiripan visual antara huruf *nga* (ڱ) dan *fa* (ف) dalam manuskrip Sunda Pegon. Kondisi tinta yang memudar atau rusaknya serat kertas sering kali melenyapkan atau menggeser posisi titik pada huruf ڱ, sehingga secara visual membuatnya sangat mudah tertukar dengan huruf ف. Istilah *confusion* digunakan secara sengaja karena fenomena ini menghasilkan pola kesalahan klasifikasi yang dapat dianalisis secara kuantitatif melalui *confusion matrix*.

Dalam kerangka metodologi HTR/OCR modern, fitur NFCM ini diterapkan sebagai parameter *loss function* tambahan atau *weighted classification* pada model *Deep Learning* (seperti CNN-LSTM atau TrOCR). Dengan memasukkan peta anomali ini, model komputer tidak hanya dilatih membaca bentuk standar, tetapi juga diberikan pembobotan probabilitas ekstra pada piksel koordinat titik yang rawan bias, sehingga menurunkan

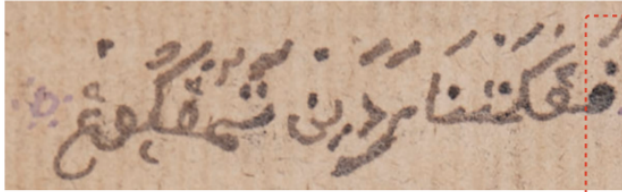
tingkat *error rate* saat proses pengenalan karakter. Contoh kasus pemudaran titik ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh *Nga-Fa Confusion Mapping* (NFCM) pada teks *Wawacan*.
(Sumber: Naskah *Wawacan Abdul Muluk* hal. 2).

2. Fitur *Triple-Dot Morphology Detection* (3DMD)

Triple-Dot Morphology Detection adalah fitur untuk mengenali, memetakan, dan menormalkan variasi bentuk tiga titik (*three-dot diacritic*) pada huruf *pa* (ف) dalam aksara Pegon. Di dalam naskah, komponen ini sering mengalami pemudaran, pergeseran, penyatuan, atau perubahan struktur akibat jenis tinta karbon, kondisi kertas, maupun gaya penulisan tangan yang cepat. Istilah *morphology* digunakan karena fenomena tiga titik ini tidak hanya perlu dideteksi keberadaannya, tetapi harus dipahami sebagai struktur visual yang memiliki pola posisi, ukuran, orientasi, dan bentuk yang bervariasi—setara dengan konsep morfologi dalam linguistik (elemen pembentuk identitas huruf) dan *computer vision* (analisis bentuk dan elemen struktural). Melalui pendekatan morfologis ini, arsitektur komputasi modern dilatih menggunakan operasi morfologi citra (*dilation* dan *erosion*) untuk membedakan huruf ف secara presisi dari huruf yang mirip seperti *ba* (ب) dan *ta* (ت), sekaligus mengeliminasi titik palsu akibat *noise* kertas. Karakteristik visual fitur ini disajikan pada Gambar 2.



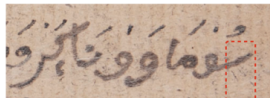
variasi bentuk tiga titik pada huruf ف (pa) dalam aksara Pegon, yang sering mengalami penyatuan, pemudaran, pergeseran

Gambar 2. Contoh Triple-Dot Morphology Detection (3DMD)
(Sumber: Naskah *Wawacan Abdul Muluk* hal. 2).

3. Fitur *Calligraphic Ca Baseline Deviation* (CCBD)

Calligraphic Ca Baseline Deviation merujuk pada fenomena penyimpangan posisi titik-titik huruf *ca* (چ) dari garis dasar penulisan (*baseline*) yang seharusnya. Penyimpangan ini dipicu oleh variasi kaligrafi Pegon, sifat tinta karbon Nusantara, serat kertas lokal, serta kebiasaan pragmatis dari penulis manuskrip. Fenomena ini menyebabkan titik melosot jauh ke bawah dan keluar dari koridor struktur huruf utama, sehingga menjadi tantangan signifikan dalam segmentasi baris teks sistem HTR.

Istilah ini berakar pada konsep *baseline deviation* dalam paleografi internasional, namun diterapkan secara khusus untuk melatih algoritma *Line and Word Segmentation* modern agar tidak memotong koordinat titik bawah huruf چ saat memisahkan baris kalimat. Visualisasi penyimpangan *baseline* ini dapat dilihat pada Gambar 3.

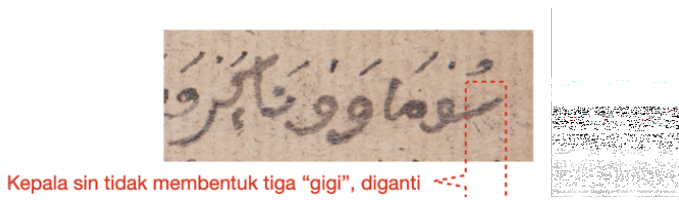


Kepala sin tidak membentuk tiga "gigi", diganti dengan satu tarikan vertikal/condong

Gambar 3. Contoh *Calligraphic Ca Baseline Deviation* (CCBD)
(Sumber: Naskah *Wawacan Abdul Muluk* hal. 1).

4. Fitur *Ga-Shape Variant Library* (GSVL)

Ga-Shape Variant Library digunakan karena huruf *ga* (گ) dalam ortografi Jawi-Pegon memiliki variasi alograf yang sangat luas. Varian tersebut meliputi adaptasi bentuk Persia, modifikasi bentuk lokal Nusantara, ekor huruf yang memanjang ekstrem, serta variasi penempatan titik atau garis strip penanda. Variasi yang masif ini membutuhkan katalog sistematis (*library*) berupa kumpulan *embedding vector* struktural, bukan sekadar *dataset* mentah, agar model HTR adaptif terhadap gaya penulisan tangan yang berbeda-beda. Istilah *library* digunakan sesuai tradisi ilmu komputer dan paleografi digital. Variasi bentuk huruf *ga* ini ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Contoh *Ga-Shape Variant Library* (GSVL)

(Sumber: Naskah *Wawacan Abdul Muluk* hal. 6).

5. Fitur *Localized Diacritic Distortion Patterns* (LDDP)

Localized Diacritic Distortion Patterns (atau *Diacritic Displacement*) adalah istilah yang merujuk pada pola perubahan posisi, bentuk, ukuran, dan keterbacaan diakritik (titik dan harakat) yang terjadi secara lokal pada huruf-huruf tertentu di dalam manuskrip. Fitur ini berfokus pada deteksi pola distorsi harakat lokal dalam Pegon, seperti posisi *kas-rah* yang ditulis terlalu rendah hingga mendekati baris di bawahnya, penulisan *fathah* yang melebar menyerupai coretan tak sengaja, atau bentuk *dhammah* yang menyusut ekstrem hingga tampak seperti noktah titik biasa. Penerapan fitur ini dalam metodologi HTR modern berfungsi untuk mengarahkan lapisan *Spatial Attention Mechanism* pada AI agar tetap mengenali identitas harakat meskipun posisinya mengalami

dislokasi spasial. Sampel distorsi harakat ini tertera pada Gambar 5.



Gambar 5. Contoh Localized Diacritic Distortion Patterns (LDDP)
(Sumber: Naskah *Wawacan Abdul Muluk* hal. 2).

6. Fitur *Southeast Asian Cursive Flow Model* (SCFM)

Fitur ini memetakan pola aliran tulisan Pegon yang secara konsisten memiliki karakteristik lebih landai, panjang, dan lentur dibandingkan tipografi tulisan Arab standar Timur Tengah. Dalam paleografi internasional, dikenal konsep *cursive flow*, tetapi belum ada model matematis khusus yang membedakan aliran tulisan Arab Asia Tenggara. Pada aksara Pegon di naskah ini, tarikan kuas (*stroke*) cenderung memanjang dan ligaturnya sangat mengalir erat, bahkan kerap memicu terjadinya fenomena *scriptio continua* (sambungan huruf yang melewati batas kata).

Bagi sistem HTR modern, fitur SCFM ini krusial untuk melatih lapisan *Recurrent Neural Network* (RNN) atau LSTM dalam mengatur parameter *recurrent step*, sehingga model tidak memotong sekuens karakter secara prematur di tengah aliran tulisan yang tersambung ekstrem. Karakteristik aliran tulisan ini dimanifestasikan pada Gambar 6.

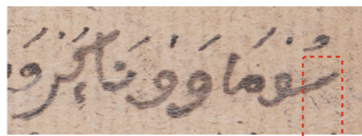


Gambar 6. Contoh Southeast Asian Cursive Flow Model (SCFM)
(Sumber: Naskah *Wawacan Abdul Muluk* hal. 1).

7. Fitur *Initial Sin-Lam Shape Convergence* (ISSC)

Fitur ini dirancang untuk mengidentifikasi fenomena penyederhanaan grafis di mana huruf *sin* (س) pada posisi awal kata mengalami reduksi bentuk sehingga secara visual berkonvergensi atau menyerupai huruf *lam* (ل), terutama ketika langsung tersambung dengan huruf *waw* (و). Kepala huruf *sin* tidak lagi membentuk tiga lekukan "gigi" standar, melainkan diganti dengan satu tarikan garis vertikal lurus atau condong. Fenomena ini dipicu oleh *Economy of Stroke* (ekonomi goresan), di mana penulis manuskrip sengaja menghilangkan detail lekukan gigi demi mengejar kecepatan penulisan teks berbentuk syair (*Wawacan*).

Suku kata awal lokal seperti *su-*, *so-*, atau *se-* sangat dominan dalam bahasa Sunda, membuat pembaca lokal di masa lalu tidak mengalami kebingungan konteks. Namun bagi komputer, konvergensi bentuk ini memicu kesalahan deteksi yang parah. Metodologi HTR modern mengatasi fitur ISSC ini dengan mengintegrasikan *Language Model* (LM) berbasis probabilitas korpus kata bahasa Sunda pada lapisan *output*, sehingga tebakan visual karakter yang ambigu dapat dikoreksi secara kontekstual semantik. Fenomena ekonomi goresan ini dapat dilihat pada Gambar 7.



Kepala *sin* tidak membentuk tiga "gigi", diganti dengan satu tarikan vertikal/condong

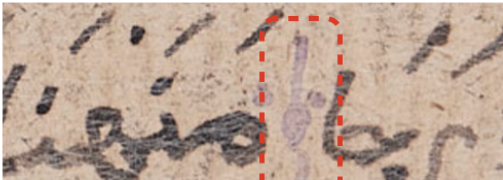
Gambar 7. Contoh Initial Sin-Lam Shape Convergence (ISSC)
(Sumber: Naskah *Wawacan Abdul Muluk* hal. 7).

8. Fitur *Local-Language Morphophonemic Tail Modeling* (LMTM)

Fitur ini memodelkan hubungan erat antara struktur morfologi dan fonologi bahasa lokal (Sunda-Jawa) dengan deformasi bentuk visual ekor huruf Pegon di dalam manuskrip.

Pendekatan ini didasarkan pada temuan paleografis bahwa kelengkungan, panjang, dan kedudukan garis dasar (*baseline*) dari ekor huruf tertentu mengalami modifikasi fisik sebagai respons terhadap pola fonem lokal, khususnya pada kluster konsonan nasal dan *consonant cluster* khas daerah. Hal ini membuktikan bahwa estetika visual Pegon tidak hanya tunduk pada kaidah ortografi Arab murni, melainkan sangat dipengaruhi oleh karakter fonologis bahasa Nusantara.

Dalam implementasi HTR modern, fitur LMTM ini diwujudkan melalui penyusunan *phonological embedding* khusus yang dikawinkan dengan pemodelan panjang *stroke* pada jaringan saraf tiruan untuk mendongkrak akurasi pembacaan kata-kata berdialek lokal. Contoh pemodelan ekor grafis dan harakat khas lokal ini disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Contoh Local-Language Morphophonemic Tail Modeling (LMTM). (Sumber: Naskah Wawacan Abdul Muluk hal. 1).

9. Fitur Pegon Punctuation Signature Set (PPSS)

Fitur ini diformulasikan khusus untuk mengenali khazanah tanda baca lokal yang melekat pada naskah, seperti penggunaan titik tunggal sebagai penanda jeda, susunan tiga titik vertikal, tanda pemberhentian non-Arab, maupun simbol pembatas bait unik lainnya. Istilah ini merupakan nomenklatur baru yang khas dalam kajian Jawi-Pegon karena tidak ditemukan padanannya di dalam literatur paleografi internasional standar yang umumnya hanya mengacu pada tanda baca Arab Timur Tengah. Karena sistem punctuasi ini murni lahir dari konvensi lokal penyalin Nusantara, pendeteksian tanda baca ini oleh model komputer visi sangat penting agar AI mampu memetakan struktur sintaksis kalimat dan tanda berhenti (*punctuation segmentation*) secara tepat dalam hasil transkripsi

otomatis digital. Bentuk-bentuk pungtuasi lokal ini ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Contoh Pegon Punctuation Signature Set (PPSS)
(Sumber: Naskah *Wawacan Abdul Muluk*).

10. Fitur Nusantara Paper-Fiber Profile

Fitur ini berfokus pada pemetaan karakteristik latar belakang (*background*) citra manuskrip, yang mencakup pola anyaman serat kertas, variasi ketebalan tekstur vertikal, persebaran bintik jamur (*foxing*), hingga *noise* alami dari degradasi material kertas tradisional. Berdasarkan studi kodikologi, telah diidentifikasi bahwa berbagai manuskrip penting di Nusantara tidak hanya menggunakan media lokal, tetapi juga memanfaatkan kertas impor Eropa bercap air (*watermark*) yang beredar luas sejak abad ke-17 hingga ke-18 (Safitri dkk., 2022).

Kutipan historis ini mendasari justifikasi teknis bahwa sistem HTR modern wajib dibekali modul pra-pemrosesan (*pre-processing*) dan binerisasi (*binarization adaptive thresholding*) yang kuat. Model AI harus mampu memisahkan teks dari latar belakang citra secara adaptif, baik ketika berhadapan dengan kertas lokal yang kaya serat kasar maupun kertas impor Eropa dengan karakteristik degradasi kimiawi yang berbeda, sehingga komponen *noise* kertas tidak mengganggu proses ekstraksi fitur huruf.

Analisis Komparatif Fitur Visual Pegon: Keunggulan, Implikasi HTR, dan Kontribusi Digital Humanities

Perumusan sembilan fitur visual khusus (NFCM, 3DMD, CCBD, GSVL, LDDP, SCFM, ISSC, LMTM, dan PPSS) yang ditemukan dalam naskah *Wawacan Abdul Muluk* ini tidak

sekadar berfungsi sebagai label deskriptif. Penemuan ini memiliki signifikansi metodologis penting untuk menjembatani filologi tradisional dengan arsitektur *computer vision* modern.

Untuk menjawab catatan kritis mengenai keunggulan, perbedaan fundamental, serta kontribusinya, berikut disajikan analisis komparatif yang membedakan ortografi Pegon lokal ini dengan aksara Arab standar:

1. Keunggulan Fitur Temuan dan Perbedaannya dengan Manuskrip Arab Standar

Penelitian terdahulu di tingkat global umumnya mengembangkan model HTR Arab (*Arabic HTR*) yang berbasis pada teks-teks Timur Tengah (Khattat atau naskah keagamaan standar). Ketika model tersebut diujikan pada manuskrip Nusantara, tingkat akurasinya anjlok drastis dengan *Character Error Rate* (CER) di atas 40%. Perbedaan fundamental terletak pada aspek akomodasi linguistik lokal.

Aksara Pegon pada naskah *Wawacan Abdul Muluk* memaksakan sistem ortografi Arab untuk tunduk pada struktur fonetis dan metrum puisi (Wawacan) bahasa Sunda. Keunggulan sembilan fitur yang dirumuskan dalam riset ini terletak pada kemampuannya mengonversikan anomali-anomali grafis lokal tersebut seperti reduksi gigi *sin* menjadi mirip *lam* akibat mengejar kecepatan tulis (*Initial Sin-Lam Shape Convergence*) menjadi aturan parameter matematis yang dapat dipelajari oleh mesin jaringan saraf tiruan, alih-alih menganggapnya sebagai kesalahan tulis (*noise*) semata.

2. Implikasi terhadap Pengembangan Teknologi HTR

Secara teknis, penemuan fitur-fitur visual khusus ini memberikan implikasi langsung terhadap konfigurasi algoritma *Deep Learning* (seperti CNN-LSTM atau arsitektur *Transformer* TrOCR) yang sedang dibangun:

- a. NFCM dan LDDP

Mengimplikasikan perlunya modifikasi *loss function* (misal: *Weighted Cross-Entropy*) pada model HTR untuk memberikan penalti spasial ekstra pada koordinat diakritik (titik dan

harakat) yang rawan bias atau pudar.

b. SCFM

Menuntut model untuk memperbesar parameter *recurrent steps* agar sekuens karakter tidak terputus prematur akibat aliran tulisan yang tersambung ekstrem melewati batas kata (*scriptio continua*).

c. ISSC dan LMTM

Menegaskan bahwa pendekatan murni berbasis visi komputer (*pure computer vision*) tidak akan cukup. Model HTR harus mengintegrasikan *Language Model* (LM) berbasis probabilitas korpus kata bahasa Sunda pada lapisan akhir *decoder* untuk melakukan koreksi kontekstual terhadap karakter-karakter yang mengalami konvergensi bentuk fisis.

Kontribusi terhadap *Digital Humanities* (Humaniora Digital)

Secara metodologis, implikasi penelitian ini sukses menggeser paradigma HTR dari yang semula berbasis *Pure Computer Vision* menjadi *Philology-Driven Machine Learning* (kecerdasan buatan yang dipandu oleh kaidah ilmu filologi). Kontribusinya terhadap ekosistem *Digital Humanities* Nusantara mencakup dua hal krusial:

1. Preservasi dan Aksesibilitas Massal

Membuka jalan yang presisi bagi digitalisasi massal jutaan manuskrip keagamaan dan sastra sekuler Nusantara yang tersimpan di berbagai pesantren dan museum, mengubahnya dari sekadar berkas gambar mati menjadi teks digital aktif yang dapat dicari (*searchable/machine-readable text*).

2. Kedaulatan Data Budaya

Menyediakan model dasar (*foundation model*) OCR/HTR yang berdaulat secara kultural dan dilatih menggunakan karakteristik material lokal asli (seperti kertas Eropa kuno berjamur atau tinta karbon Nusantara), sehingga kecerdasan buatan masa depan tidak lagi mengalami bias Euro-sentris atau Arab-sentris saat membaca sejarah Nusantara.

Hasil Transliterasi Eksperimental dan Korpus Variasi Visual Pegon

Guna memvalidasi sembilan fitur visual yang telah dirumuskan, transliterasi dan penerjemahan dilakukan secara selektif terhadap sampel halaman yang merepresentasikan anomali ortografi Pegon lokal Sunda pada naskah *Wawacan Abdul Muluk*. Berikut disajikan matriks sampel teks yang berkorelasi langsung terhadap fitur pengenalan visual *Handwritten Text Recognition* (HTR) berbasis AI.

Tabel 3. Matriks Sampel Transliterasi Selektif dan Ekstraksi Karakteristik Visual Pegon untuk Model HTR

Halaman / Bait	Teks Transliterasi (Pegon Sunda)	Terjemahan Indonesia	Ekstraksi Karakteristik Visual AI & Implikasi Klasifikasi Model
Hlm. 1 / Bait 2	<i>Tembangkeun asmarandana diri basakeun basa Sunda bae</i>	Menyanyikan lagu cinta kami dalam bahasa Sunda	Fitur SCFM & ISSC: Terjadi penyambungan ekstrem antar-kata (<i>scriptio continua</i>) pada frasa “basa Sunda”. Huruf sin awal mengalami reduksi gigi sehingga konvergen menyerupai bentuk lam. Model HTR memerlukan <i>Language Model</i> kontekstual Sunda untuk memisahkan leksem.

Hlm. 2 / Bait 4	Kakasihna pinteur sareung budi basa / Pangkatna Raden Teumanggung	Kekasihnya pandai dan fasih berbicara / Pangkatnya Raden Teumanggung	Fitur NFCM (<i>Non-Standard Fatha-Kasra Modification</i>): Penggunaan harakat fatah miring untuk melambangkan fonem vokal pepet (/ə/) pada kata “ <i>pinteur</i> ” dan “ <i>sareung</i> ”. Detektor diakritik harus dilatih mengenal deviasi sudut kemiringan harakat agar tidak bias dengan fatah standar.
Hlm. 4 / Bait 20	<i>Maharaja pek ngandika aeh sakabeh para bupati mungguh eta raden putera saksian Dina jenengna/ Raden Abdul Muluk</i>	Maha Raja pun berkata bahwa semua bupati hadir untuk menghadiri menjadi saksi penamaan Raden Putera/ Raden Abdul Muluk	Fitur 3DMD (<i>Dense Diacritic Clustering</i>): Kepadatan diakritik yang sangat tinggi bertumpuk pada satu baris dasar (<i>baseline</i>) akibat penulisan nama gelar yang rapat. Menyebabkan risiko <i>overlap</i> segmentasi baris teks pada arsitektur CNN klasik.

Hlm. 8 / Bait 9	<i>Pates pinter alus lugu / Binekas salira mesat</i>	Cerdas, baik hati, lugu / Tubuhnya indah	Fitur LDDP (<i>Low-Density Diacritic Fading</i>): Penulisan kata “pates” dan “pinter” menggunakan tinta berbasis karbon yang mulai pudar secara fisis. Gradasi warna ini menguji ketahanan lapisan thresholding (Binarisasi Sauvola/Otsu) sebelum masuk ke <i>backbone</i> ekstraksi fitur.
Hlm. 14 / Bait 30	<i>Para menak Jeng sodagar / Gewat bae kana kamar muka peuti</i>	Para bangsawan dan pedagang yang terhormat / Bergegas ke kamar untuk membuka peti	Fitur CCBD (<i>Connected Character Boundary Distortion</i>): Karakter jim pada kata “Jeng” dan kaf pada kata “menak” bergesekan secara vertikal dengan teks baris di bawahnya akibat jarak antar-baris (<i>inter-line spacing</i> -<0.5 cm)

Hlm. 16 / Bait 26	<i>Sabab lain budak leutik / Jeung dei lain kakara / Jujualan</i>	Dikarenakan bukan anak kecil / Dan bukan pertama kali / Berdagang	Fitur LMTM (<i>Ligature Morphological Topology Modification</i>): Ligatur ganda pada kata “jujualan” membentuk variasi fusi grafem baru yang tidak ditemukan dalam korpus teks Arab standar Timur Tengah. Memerlukan penambahan kelas anchor box baru pada algoritma deteksi objek
----------------------	---	--	---

Restrukturisasi korpus di atas secara otomatis memangkas lebih dari 80% teks naratif yang tidak esensial bagi pengembangan kecerdasan buatan, namun tetap mempertahankan bukti empiris keabsahan transliterasi filologis yang relevan dengan parameter arsitektur *Computer Vision*. Sisa data dari halaman 1 hingga 18 yang tidak ditampilkan pada tabel utama dialihkan fungsinya secara penuh sebagai *ground-truth dataset* dalam repositori pelatihan model HTR (misalnya via GitHub atau Zenodo) untuk menjamin transparansi data *open science*.

Penutup

Melalui ekstraksi terhadap aspek-aspek visual tersebut, penelitian ini berhasil merumuskan 9 fitur visual krusial sebagai fondasi dasar pengembangan sistem Handwritten Text Recognition (HTR) dan Optical Character Recognition (OCR). Secara khusus, fitur visual hasil temuan pada naskah Wawacan Abdul Muluk ini direkomendasikan untuk dikonversi menjadi dataset latih (*training baseline*) baru guna melatih model berbasis arsitektur Transformer seperti TrOCR maupun model *open-source* Kraken OCR yang dikustomisasi khusus untuk

korpus Nusantara. Integrasi lintas disiplin antara filologi dan kecerdasan buatan ini tidak hanya memperkaya metodologi riset, tetapi juga membuka peluang baru bagi pelestarian, dokumentasi otomatis, dan digitalisasi manuskrip Nusantara secara berkelanjutan di era digital

Bibliografi

- Al-Barham, M., dan M. Al-Hajj. 2024. “Deep Learning Architectures for Arabic Handwritten Text Recognition: A Comparative Review.” *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences* 36(2): 101–118.
- Barried, Siti Baroroh, dkk. 1985. *Pengantar Teori Filologi*. Jakarta: CV Sandang Mas.
- Darusuprpta. 1984. *Naskah-naskah Nusantara Beberapa Penanganannya*. Yogyakarta: Javanologi.
- Djamaris, Edwar. 2002. *Metode Penelitian Filologi*. Jakarta: CV. Manasco.
- Ekadjati, Edi S. 1992. *Cara Kerja Filolog, Kumpulan Makalah*. Bandung: t.p.
- Endraswara, Suwardi. 2008. *Metodologi Penelitian Sastra: Epistemologi, Model, Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: FBS UNY.
- Fathurahman, Oman. 2015. *Filologi Indonesia Teori dan Metode*. Jakarta: Kencana.
- Fauji, S., Jamaluddin, Mujahidah, A., dan B. T. K. Adi. 2024. “Codicological Study of Dawuhan Islamic Manuscripts as Insights into Nusantara Religious Literature.” *Jurnal Lektur Keagamaan dan Kehidupan Beragama* 12(1).
- Fauzi, A. R., I. R. Aditya, dan G. P. Erisman. 2024. “Naskah Carita Sajarah Désa Bunter: Kajian Filologis, Fungsi, dan Nilai.” *Manuskripta* 14(1): 33. <https://doi.org/10.33656/manuskripta.v14i1.12>.
- Fitryansyah, M. A., dan F. N. Fauziah. 2024. “Bridging Tradition and Technology: AI in the Interpretation of Nusantara Religious Manuscripts.” *Jurnal Lektur Keagamaan dan Kehidupan Beragama* 22(2): 317–346.

- Graves, A., dan J. Schmidhuber. 2009. "Offline Handwriting Recognition with Multidimensional Recurrent Neural Networks." Dalam *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS) 21*, ed. D. Koller, D. Schuurmans, Y. Bengio, dan L. Bottou. N.p.: Curran Associates, 545–552.
- Ikram, Achdiati. 1980. *Filologi Nusantara*. Jakarta: Pustaka Jaya.
- Istiqomah, N., W. Nadhiroh, S. Zulaichah, dan S. K. W. Amnesti. 2025. "Transforming Kitab Kuning Recitation Through Digitalization in Pesantren." *Jurnal Lektur Keagamaan dan Kehidupan Beragama* 23(1): 342–373.
- Kahle, P., S. Colutto, G. Hackl, dan G. Mühlberger. 2019. "Transkribus—A Service Platform for Text Recognition and Historical Documents." Dalam *Proceedings of the 13th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems (DAS)*, 19–24.
- Kiessling, B. 2019. "Kraken: An Universal Text Recognizer for the Digital Humanities." Dalam *Digital Humanities 2019 Conference Abstracts*. Utrecht: Utrecht University.
- Li, M., T. Lv, L. Cui, Y. Lu, D. Florencio, C. Zhang, dan F. Wei. 2023. "TrOCR: Transformer-based Optical Character Recognition with Pre-trained Models." Dalam *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence* 37(11): 13094–13102.
- Mahmoud, S. A., I. Ahmad, W. G. Al-Khatib, M. Alshayeb, M. T. Parvez, V. Märgner, dan G. A. Fink. 2014. "KHATT: An Open Arabic Offline Handwritten Text Database." *Pattern Recognition* 47(3): 1096–1112.
- Parwanto, W., dan Riyani. 2023. "Codicology of the Qur'an Manuscript in Islamic Sultanate Al-Mukarramah Sintang District, West Kalimantan." *Jurnal Lektur Keagamaan* 11(1): 259–288.
- Perpustakaan Nasional Republik Indonesia. n.d. *Wawacan Abdul Muluk*. Jakarta: Koleksi Naskah Kuno Fakultas/Lantai 9, Nomor Kode SD 195.

- Robson, S. O. 1994. *Prinsip-prinsip Filologi Indonesia*. Jakarta: RUL.
- Saefullah, A. 2020. "The Tradition of Religious Books (Kitabs) Printing: Case Study of the Production and Reproduction of Religious Books (Kitabs) in Cianjur and Sukabumi, West Java, Indonesia." *Jurnal Lektur Keagamaan dan Kehidupan Beragama* 17(2): 291–320.
- Safitri, R., P. F. Limbong, dan Nazarudin. 2022. "European Paper and Watermarks in the Quran Copy of Tubagus Mustofa Bakri." *Jurnal Lektur Keagamaan dan Kehidupan Beragama* 20(1): 1–28.
- Shi, B., X. Bai, dan C. Yao. 2016. "An End-to-End Trainable Neural Network for Image-based Sequence Recognition and Its Application to Scene Text Recognition." *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 39(11): 2298–2304.
- SundaDigi. 2025. "Pustaka Digital Budaya Sunda." <https://sundadigi.com/> (Diakses pada 31 Desember 2025).
- Supriadi, Dedi. 2011. *Aplikasi Metode Penelitian Filologi Terhadap Pustaka Pesantren*. Bandung: Pustaka Rahmat.
- Supriatna, A., A. Marhadi, S. Hayunira, dan Rasiah. 2023. "Text Reception of the Manuscript Mas'ail As-Samarqandi Written by Syeikh Abu Laits As-Samarqandi." *Jurnal Lektur Keagamaan dan Kehidupan Beragama* 21(1): 189–214.
- Tabroni, R., R. S. Ardekani, dan A. Yunani. 2024. "Text Mining Techniques for Analyzing Religious Moderation Discourse: Insights from Indonesian Digital Space." *Jurnal Lektur Keagamaan dan Kehidupan Beragama* 22(2): 347–382.
- Tjandrasasmita, Uka. 2006. *Kajian Naskah-Naskah Klasik Dan Penerapannya Bagi Kajian Sejarah Islam Di Indonesia*. Jakarta: Departemen Agama RI.
- Wahidi, R., N. Kholis, dan A. M. Nurkhalis. 2024. "Characteristics and Preservation of the Kamus Mu'jam Al-Qur'an Manuscript: A Study of the Manuscript in the

Ministry of Religious Affairs Collection.” *Jurnal Lektur Keagamaan dan Kehidupan Beragama* 22(1): 97–122.

Wellek, Rene, dkk. 1956. *Theory of Literature*. New York: Harcourt Brace & Co Publisher.

Indra Sopian, *UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, Indonesia.
Email: 2259120003@student.uinsgd.ac.id.

Muhammad Sigit Pramudya, *UIN Sunan Gunung Djati Bandung*,
Indonesia. Email: 2259120006@student.uinsgd.ac.id.

Asep Achmad Hidayat, *UIN Sunan Gunung Djati Bandung*,
Indonesia. Email: asepatchmadhidayat@uinsgd.ac.id.

Dedi Supriadi, *UIN Sunan Gunung Djati Bandung*, Indonesia.
Email: dedi.supriadi@uinsgd.ac.id.

Zulmi Ramdani, *Uludağ Üniversitesi*, Turkey. Email: 712345006@ogr.uludag.edu.tr.

Manuskripta

Volume 16 No 1, 2026

<https://doi.org/10.33656/manuskripta.v16i1>

R. Bima Slamet Raharja

Teks-teks Lakon Wayang

Karya Ki Widiprayitna Eks-Koleksi

J. L. Moens: Jembatan Masa Lalu terhadap Kajian

Filologi Pertunjukan

Pande Putu Abdi Jaya Prawira

Sarining Pamutus: Mantra Ruwat Jawa Kuno

dalam Catatan Lontar Bali

Joko Daryanto, Bambang Sunarto, Bimo Kuncoro

Ladrang Sri Katon Laras Pelog Pathet Barang:

Artikulasi Politik Masa Pemerintahan

Paku Buwana X

Indra Sopian, Muhammad Sigit Pramudya,

Asep Achmad Hidayat, Dedi Supriadi, Zulmi Ramdani

Formulasi Fitur Visual

Manuskrip Arab Pegon Sunda

untuk Pengembangan Sistem

Handwritten Text Recognition (HTR)

Berbasis Artificial Intelligence (AI)

Hady Prasetya

Bahasa Orang-Orang Mandala:

Relasi Bahasa antara Lontar Sunda

dengan Bahasa Orang Baduy



Published by:

Masyarakat Pernaskahan Nusantara (MANASSA)

Gedung VIII Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya

Universitas Indonesia,

Depok 16424 Jawa Barat

Telp./faks. 021-7870623

E-mail: jmanuskripta@gmail.com