


Pergeseran Paradigma pada Penelitian Pengenalan Tulisan Tangan Berdasarkan Teori Pemikiran Thomas Kuhn

Reza Budiawan¹, Arief Ichwani², Rinaldi Munir³, Dimitri Mahayana⁴
^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro dan Informatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia
E-mail: 33221040@std.stei.itb.ac.id¹, 33221015@std.stei.ac.id², rinaldi@informatika.org³, dimitri@lskk.ee.itb.ac.id⁴

	<i>This is an open-access article under the CC BY-SA license. Copyright © XXXX by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.</i>	
Diterima: 03-12-2021	Direview: 21-12-2021	Publikasi: 30-06-2023

Abstrak

Perkembangan ilmu pengetahuan terjadi di berbagai bidang pengetahuan ilmiah. Hal ini merupakan perwujudan dari dasar filsafat modern logosentris yang identik dengan kebenaran tunggal dan absolut. Salah satunya dapat dilihat pada bidang penelitian pengenalan tulisan tangan. Sistem pengenalan tulisan tangan merupakan kemampuan komputer dalam menerjemahkan tulisan tangan menjadi bentuk digital. Terdapat paling tidak dua pendekatan yang umum diimplementasikan pada studi ini, yaitu pendekatan tradisional dan modern. Pendekatan pada studi tersebut memperlihatkan adanya perkembangan dalam penelitian yang sudah berlangsung dalam waktu yang lama. Studi ini dilakukan untuk melihat adanya pergeseran paradigma dalam penelitian yang dilakukan. Menurut teori Kuhn, pergeseran paradigma terjadi ketika adanya pergantian sebagian atau seluruh cara pandang pada ilmu pengetahuan. Pergeseran paradigma ini dilihat dari observasi tujuh puluh publikasi yang paling banyak disitasi di bidang pengenalan tulisan tangan. Melalui pembahasan, terlihat bahwa adanya perkembangan nonkumulatif pada studi yang dilakukan. Selain itu, memperlihatkan topik penelitian pengenalan tulisan tangan yang sudah masuk ke dalam tahap anomali dalam tahap perkembangan ilmu menurut teori Thomas Kuhn.

Kata Kunci: pengenalan tulisan tangan; revolusi sains; teori Kuhn

Abstract

This The development of science occurs in various fields of scientific knowledge and embodies the basic logocentric modern philosophy, which is identical to a single and absolute truth. Handwriting recognition research is one of the topics that has developed over time, which is part of the development of science. The topic of handwriting recognition systems elaborates on computers' ability to translate handwriting into digital form. There are two general approaches in this study, namely traditional and modern. The approach to the study represents an advance in research that has been going on for a long time. This study elaborates on a shifting paradigm in handwriting recognition research. According to Kuhn's theory, a shifting paradigm occurs when there is a change in some or all of the perspectives on science. Our study observes the seventy-most-cited publications in the field of handwriting recognition. The discussion shows that there has been a non-cumulative development in the studies conducted. In addition, it shows the research topic of handwriting recognition, which has entered the anomaly stage in the developmental stage of science according to Thomas Kuhn's theory.

Keywords: handwriting recognition; science revolution; Kuhn's theory

1. Pendahuluan

Bidang penelitian pengenalan tulisan tangan merupakan bagian dari topik *computer vision*. *Computer vision* merupakan bagian dari kecerdasan buatan (*artificial intelligence—AI*) yang menggunakan metode pembelajaran mendalam (*deep learning*) untuk menganalisis data. Hal ini memungkinkan komputer untuk mendapatkan informasi dan memahami citra digital. Salah satu bidang pada *computer vision* adalah pengenalan tulisan tangan atau *handwriting recognition*.

Sistem pengenalan tulisan tangan memungkinkan komputer untuk mengenali tulisan tangan manusia agar dapat diproses lebih lanjut. Pengenalan tulisan tangan memungkinkan komputer untuk menafsirkan dokumen tertulis menjadi bentuk digital. Secara umum, sistem dapat mengenali tulisan tangan karena adanya perbedaan karakter satu sama lain untuk dibaca. Kesalahan pengenalan dapat terjadi jika ada kemiripan dari karakter yang dikenali. Pada pengenalan roman alfanumerik, kesalahan dapat terjadi saat karakter 0 (angka nol) dikenali sebagai O (huruf alfabet ke-15). Contoh lain yang dapat terjadi adalah huruf I (alfabet ke-12 non kapital), yang dikenali sebagai 1 (angka satu) atau huruf I (alfabet ke-9 kapital). Hal ini menjadi tantangan tersendiri bagi mesin pengenal untuk mempelajari fitur pembedanya. Selain itu, terdapat tantangan lain berupa variasi tulisan tangan. Setiap orang memiliki tulisan tangan yang berbeda dari gaya, kemiringan, dan juga ukuran.

Penerapan pada topik penelitian ini dapat digunakan untuk membaca cek bank, alamat di kartu pos (*postal address*), atau mesin terjemah (*language translation tool*). Contoh dari formulir yang digunakan pada penelitian pengenalan tulisan tangan diperlihatkan pada gambar 1. Gambar 1 merupakan *sample* dari National Institute of Standards and Technology (NIST) *standard dataset* 6 yang memperlihatkan formulir pajak, dituliskan oleh wajib pajak. Sistem pengenalan tulisan tangan dapat meminimalisir *effort* manual untuk melakukan penyimpanan secara digital.

1040 Department of the Treasury—Internal Revenue Service **1988** (b)

For the year Jan.-Dec. 31, 1988, or other tax year beginning 1988, ending 19 OMB No. 1545-0074

Label
 Use IRS label. Otherwise, please print or type.

Your first name and initial (if joint return, also give spouse's name and initial) Last name
 Suffolk U. & Taylor M. Ramsey

Your social security number
 A15: 82: 5342

Present home address (number, street, and apt. no. or rural route). (If a P.O. Box, see page 6 of Instructions.)
 25300 Early Road

Spouse's social security number
 A94: 26: 9320

City, town or post office, state, and ZIP code
 Rockdale, HI 31807

For Privacy Act and Paperwork Reduction Act Notice, see Instructions.

Presidential Election Campaign
 Do you want \$1 to go to this fund? Yes No
 If joint return, does your spouse want \$1 to go to this fund? Yes No

Filing Status
 1 Single
 2 Married filing joint return (even if only one had income)
 3 Married filing separate return. Enter spouse's social security no. above and full name here.
 4 Head of household (with qualifying person). (See page 7 of Instructions.) If the qualifying person is your child but not your dependent, enter child's name here.
 5 Qualifying widow(er) with dependent child (year spouse died \geq 19). (See page 7 of Instructions.)

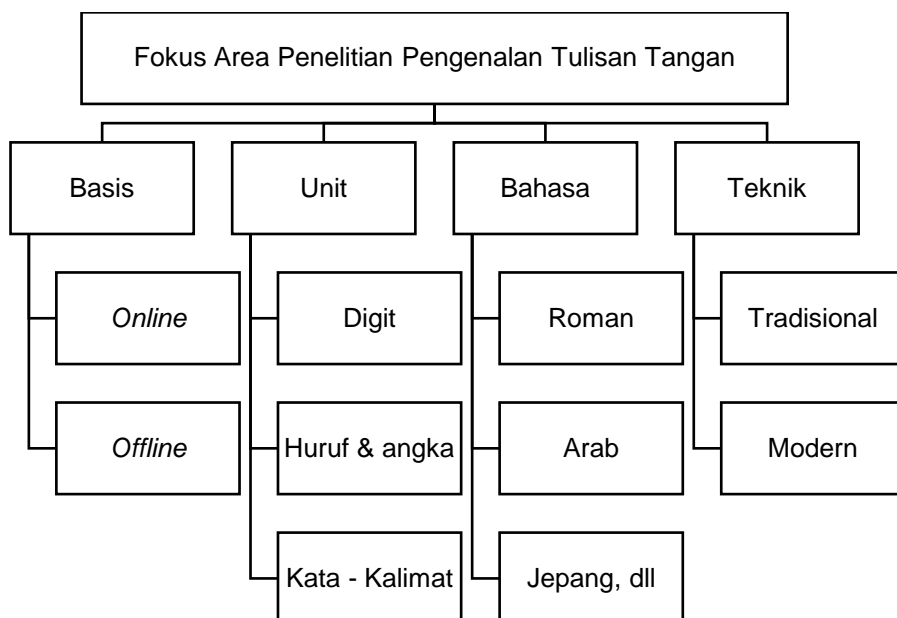
Exemptions
 (See instructions on page 8.)
 6a Yourself If someone (such as your parent) can claim you as a dependent, do not check box 6a. But be sure to check the box on line 33b on page 2.
 b Spouse
 c Dependents:

(1) Name (first, initial, and last name)	(2) Check if under age 5	(3) If age 5 or older, dependent's social security number	(4) Relationship	(5) No. of months lived in your home in 1988	No. of your children on 6c who:
Alvin Evans		A59:06:7960S+PSIS	8		lived with you 1
Piedmont Kinsman		A93:28:3784S+HPR0	2		didn't live with you due to divorce or separation 1
					No. of other dependents listed on 6c

d If your child didn't live with you but is claimed as your dependent under a pre-1985 agreement, check here
 e Total number of exemptions claimed 4

Gambar 1. Contoh Dataset Formulir Pajak NIST (Grother et al., 2016)

Penelitian pengenalan tulisan tangan memiliki beberapa fokus area pembahasan. Gambar 2 memperlihatkan pembagian fokus tersebut. Berdasarkan basis pengenalannya, pendekatan yang digunakan terbagi ke dalam dua jenis, yaitu *online* dan *offline*. Pengenalan berbasis *online* menggunakan *input* yang didapat dari perangkat khusus seperti *tablet* serta *stylus*, sedangkan pengenalan berbasis *offline* menerima *input* berupa citra digital seperti foto atau hasil pemindaian (Memon et al., 2020).



Gambar 2. Fokus Area Penelitian Pengenalan Tulisan Tangan

Berdasarkan unit tulisan tangan sebagai input, terdapat tiga hal umum yang menjadi kasus untuk dikenali. Pengenalan digit mengenali karakter tulisan tangan berupa angka. Selain itu, terdapat pula pengenalan tulisan tangan dalam bentuk karakter huruf sekaligus angka. Dalam tingkat yang lebih kompleks, sistem dapat mengenali sebuah kata dan juga kalimat. Karakter yang dikenali pada sistem pengenalan tulisan tangan memiliki perbedaan masing-masing, tergantung bahasa yang dikenali. Selain perbedaan bentuk, cara penulisan juga berpengaruh pada sistem pengenalan. Pada bahasa Arab, terdapat beberapa perbedaan dibandingkan dengan tulisan latin seperti keberadaan harakat, diakritik, dan *cursive nature* (Alrobah & Albahli, 2022), sedangkan pada bahasa Jepang (kanji) atau Chinese terdapat radikal yang memperlihatkan komponen penyusunnya (Trung Tan Ngo et al., 2021).

Setiap sistem pengenalan memiliki teknik yang berbeda tergantung kasusnya (basis, unit, dan bahasa). Secara umum, teknik ini terbagi ke dalam dua bagian, yaitu tradisional dan modern (Tran et al., 2019). Teknik tradisional (berbasis aturan) melibatkan membuat serangkaian aturan dan filter untuk mengenali pola tertentu dalam tulisan tangan. Pada teknik modern, digunakan metode yang lebih terkini seperti penggunaan pembelajaran mesin (*machine learning*). Teknik tradisional melakukan pengembangan model statistik dalam mempelajari pola tulisan tangan. Sedangkan pada teknik modern, model dilatih menggunakan konteks, struktur, dan juga variasi dalam gaya tulisan tangan.

Penelitian pengenalan tulisan tangan sudah dilakukan puluhan tahun dengan fokus pembahasan yang beragam. Ada banyak survey artikel yang dipublikasikan tentang penelitian ini. Akan tetapi tidak ada yang mengangkat topik ini dari perspektif *shift paradigm* atau pergeseran paradigma. Paradigma merupakan perspektif atau cara pandang melihat sesuatu. Konsep paradigma pada aktivitas ilmiah dibahas oleh Thomas Kuhn. Salah satu konsep yang dibahas adalah pergeseran paradigma, yang memperlihatkan perkembangan ilmu pengetahuan. Dalam buku Thomas Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, dijelaskan bahwa pergeseran paradigma merupakan perubahan cara pandang terhadap suatu hal. Hal ini terjadi ketika paradigma lama digantikan oleh paradigma yang baru dalam pemahaman tentang suatu ilmu tertentu. Pergeseran paradigma dapat membawa kemajuan dalam pemahaman tentang ilmu pengetahuan yang diobservasi (Thomas S. Kuhn, 2012). Konsep ini berkaitan dengan konsep *falsifiability* dalam teori Popper. Kedua konsep tersebut memperlihatkan tentang pentingnya pemilihan teori dan hipotesis. Topik penelitian pengenalan tulisan tangan telah dipelajari dalam waktu yang cukup lama. Hal ini menyebabkan adanya pergeseran dalam memahami bidang ini. Hal yang paling terlihat adalah teknik yang digunakan dalam penelitian tulisan tangan. Pada awalnya pendekatan tradisional berbasis aturan digunakan pada penelitian ini. Seiring perkembangan teknologi, teknik ini digantikan oleh metode pembelajaran mesin atau *deep learning* yang lebih modern. Metode tradisional ataupun metode *deep learning*, keduanya memiliki ragam variasi cara tergantung kasus tulisan tangan yang dikenali sebagai masukan dari

sistem. Perkembangan metode ini memperlihatkan adanya perkembangan ilmu untuk topik penelitian pengenalan tulisan tangan. Artikel ini menjabarkan tentang perkembangan penelitian dengan topik area pengenalan tulisan tangan dilihat dari pandangan teori Thomas Kuhn tentang penjelajahan dalam penemuan ilmiah (*scientific discovery*). Pembahasan juga mencakup tentang adanya pergeseran paradigma pada topik penelitian pengenalan tulisan tangan.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam pembuatan artikel ini adalah pengumpulan artikel ilmiah dan melakukan analisis terhadapnya. Artikel ilmiah terkait pengenalan topik pengenalan tulisan tangan dikumpulkan menggunakan bantuan aplikasi Publish or Perish (Harzing, 2017). *Keyword "handwriting recognition"* dan "pengenalan tulisan tangan" digunakan dalam pencarian pada aplikasi. Pencarian dibatasi jumlahnya untuk menampilkan artikel. Setelah mendapatkan hasilnya, artikel yang muncul diurutkan berdasarkan *citation*. Pengurutan dimaksudkan agar mendapat publikasi ilmiah yang memiliki *impact* terhadap penelitian.

Data yang telah diurutkan akan disortir menurut relevansi dan tipe publikasi. Publikasi yang tidak dimasukkan adalah tipe survei dan pencatatan *patent*. Berkaitan dengan relevansi, publikasi ilmiah yang berkaitan dengan pengenalan karakter menurut tulisan tangan juga dikecualikan dalam studi ini. Penjelasan lebih lanjut tentang pengecualian dibahas pada bagian hasil dan pembahasan. Totalnya, terdapat tujuh puluh publikasi ilmiah, dalam dua bahasa (Indonesia & Inggris), yang dibaca dan digunakan dalam melakukan studi ini. Pencatatan metadata dilakukan dan diklasifikasikan berdasarkan beberapa kategori. Metadata yang dicatat, yaitu tahun, metode atau teknik pengenalan, *metric system* (satuan pengukuran), dan nilai *metric* dari hasil penelitian. Pengkategorian ini akan memperlihatkan perkembangan ilmu pengetahuan pada topik penelitian pengenalan tulisan tangan.

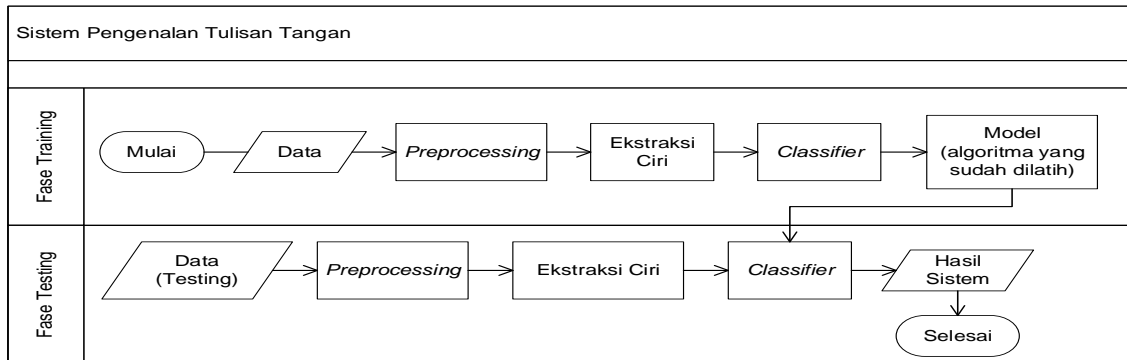
3. Hasil dan Pembahasan

a. Pengenalan Tulisan Tangan

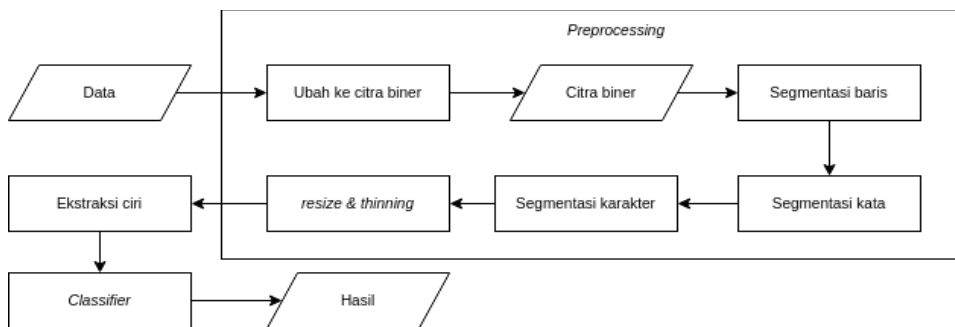
Sistem pengenalan tulisan tangan menerima data masukan berupa tulisan tangan dan menafsirkannya ke dalam bentuk digital. Pendekatan yang dilakukan adalah mempelajari pola tulisan tangan sebagai masukan sistem. Selanjutnya, hasil pembelajaran dari pola sebelumnya digunakan untuk mengenali pola tulisan tangan lainnya (Vinjit et al., 2020). Hal ini diadaptasi berdasarkan prinsip pengenalan pola atau *pattern recognition*. *Pattern recognition* atau pengenalan pola merupakan proses mengenali pola atau penyimpangan data secara otomatis. Dasar dari pengenalan pola adalah metode statistik & *engineering*. Pada perkembangannya, dilakukan menggunakan algoritma *machine learning* dan *deep learning*. Pada prosesnya, mesin dilatih untuk mengenali sekelompok data dan mengklasifikasikannya ke dalam kelompok (*class*) tertentu. Fokus pada pengenalan pola adalah pengukuran dari ciri entitas untuk dikenali (Schalkoff, 2007).

Pengenalan pola dalam kasus pengkategorian, umumnya terbagi ke dalam dua kelompok, yaitu klasifikasi dan klustering. Pembagian ini dilihat berdasarkan label data yang dilatih. Label merupakan penanda data tersebut dapat diklasifikasikan ke dalam *class* tertentu. Klasifikasi merupakan proses pembelajaran untuk data yang memiliki label, sedangkan klustering tidak menggunakan label pada data latih yang digunakan. Pengenalan tulisan tangan, termasuk ke dalam kategori klasifikasi pada prinsip pengenalan pola. Secara umum, pengenalan tulisan tangan terbagi ke dalam dua fase, yaitu fase pelatihan (*training*) dan fase pengujian (*testing*) (Khayyat & Nobile, 2019). Setiap fase memiliki tahapan yang runut dan data masukan yang berbeda. Fase *testing* menggunakan luaran berupa model dari fase *training*. Dengan kata lain, fase pelatihan harus dilakukan terlebih dahulu sebelum fase pengujian dilakukan untuk mengenali karakter. Model yang dihasilkan pada fase pelatihan ini berdampak besar pada fase pengujian yang menghasilkan nilai dari *metric system*. Kedua fase digambarkan pada gambar 3.

Fase pelatihan dan pengujian biasanya terdiri dari tahap *preprocessing*, ekstraksi ciri, dan *classifier*. Tahap *preprocessing* merupakan tahap praproses untuk memastikan data yang diberikan memiliki kualitas baik. Selain itu tahap ini juga memastikan data yang diberikan sebagai masukan sesuai dengan proses yang dilakukan di tahap berikutnya. Tahap ekstraksi ciri memastikan ciri yang dapat dibaca oleh sistem atau komputer diambil dengan baik untuk dikenali lebih lanjut.



Gambar 3. Fase pada Pengenalan Tulisan Tangan (Khayyat & Nobile, 2019)

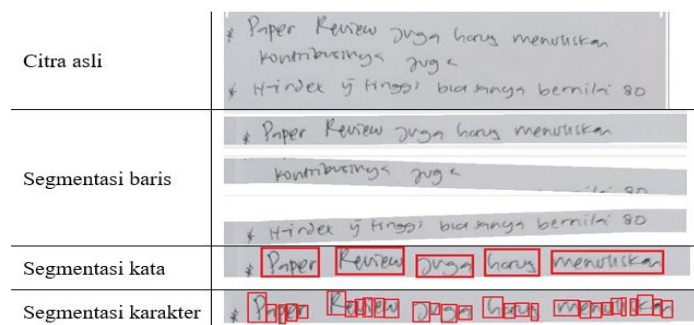


Gambar 4. Tahap *Preprocessing* Fase pada Pengenalan Tulisan Tangan

Secara khusus, fase praproses juga memiliki tahapan tersendiri. Pada tahap *preprocessing* dilakukan beberapa hal seperti pengubahan ke citra biner, segmentasi baris, segmentasi kata, segmentasi karakter, serta *resize & thinning*. Setiap penelitian atau studi yang dilakukan memiliki detail proses yang berbeda pada tahapan ini. Ilustrasi alur tahapan dapat dilihat pada Gambar 4. Proses ini dilakukan agar mendapatkan *input* dengan tipe yang seragam untuk diproses lebih lanjut di tahap berikutnya (ekstraksi ciri). Pada proses *preprocessing* terkait segmentasi, dilakukan untuk mendapatkan satu karakter pada sebuah dokumen tulisan tangan. Segmentasi atau pemisahan per karakter pada tulisan tangan diilustrasikan pada gambar 5.

b. Statistik Penelitian Pengenalan Tulisan Tangan

Berdasarkan teknik yang digunakan, pengenalan tulisan tangan dapat dikategorikan menjadi penggunaan metode tradisional dan modern. Metode tradisional menerapkan metode statistik untuk mencari kecocokan karakter, sedangkan metode modern menggunakan pendekatan pembelajaran mesin atau juga metode lanjutan seperti *deep learning* (Tran et al., 2019). Karakteristik penerapan kedua metode ini, umumnya terlihat pada fase ekstraksi ciri dan klasifikasi menggunakan *classifier*. Penelitian dengan metode tradisional biasanya memisahkan kedua fase tersebut dan melakukan analisis untuk tiap fasenya.



Gambar 5. Ilustrasi Proses Segmentasi pada Tahap *Preprocessing*

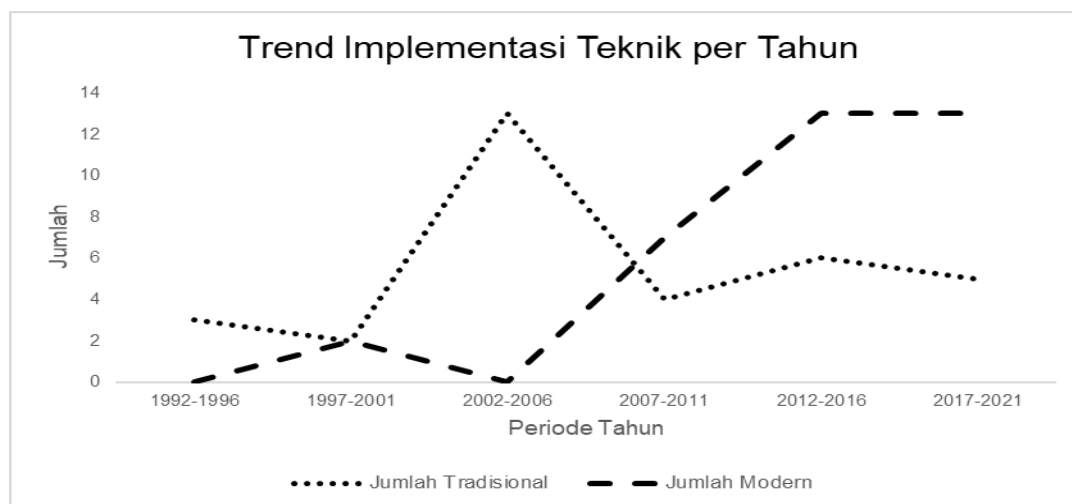
Penerapan teknik yang digunakan, dapat memperlihatkan adanya pergeseran paradigma pada penelitian tulisan tangan. Dari pendataan yang dilakukan berdasarkan tujuh puluh publikasi ilmiah dari tahun 1992-2021, terdapat tiga teknik yang digunakan, yaitu tradisional, modern, dan *hybrid*. Teknik tradisional menggunakan metode statistik, metode modern menerapkan teknik kecerdasan buatan seperti *neural network* untuk mempelajari pola tulisan tangan. Sedangkan teknik *hybrid* menggabungkan kedua metode, tradisional dan modern, untuk mengenali pola tulisan tangan. Jumlah dari kedua teknik pendekatan ini berdasarkan tahun publikasi penelitian dilakukan diperlihatkan pada tabel 1. Pada tabel 1, terdapat *trend* berupa implementasi dari dua teknik, yaitu tradisional dan modern.

Tabel 1. Jumlah Teknik pada Publikasi Ilmiah per Rentang Tahun

Rentang Tahun	1992-1996	1997-2001	2002-2006	2007-2011	2012-2016	2017-2021
Tradisional	3	2	13	4	6	5
Modern	0	2	0	7	13	13
Hybrid	1	0	0	0	1	0

Berdasarkan nilai yang ditampilkan, terlihat bahwa penggunaan teknik tradisional terbanyak terdapat pada tahun 2002-2006. Setelah periode tahun tersebut, terdapat kecenderungan penurunan dalam penerapan teknik ini. Sebaliknya, mulai periode tahun 2007-2011, implementasi teknik modern pada penelitian tulisan tangan mengalami peningkatan. Hal ini secara memperlihatkan adanya suatu perubahan paradigma dalam menyelesaikan permasalahan pada topik penelitian pengenalan tulisan tangan. Dilihat dari hasil penelitian yang sudah dilakukan, kedua teknik memiliki nilai *metric system* berupa persentase akurasi yang tidak terlalu jauh berbeda. Tabel 2 dan tabel 3 memperlihatkan nilai akurasi tertinggi dan terendah pada hasil penelitian yang didata untuk penulisan studi ini. Kolom pertama memperlihatkan referensi publikasi penelitian dan tahunnya; kolom kedua menyatakan bahasa publikasi yang digunakan; kolom ketiga memperlihatkan bahasa publikasi yang digunakan; kolom keempat menyatakan nilai *metric system* (akurasi). Pada tabel 2 diperlihatkan nilai *metric system* berupa akurasi tertinggi, sedangkan tabel 3 ditampilkan nilai akurasi terendah.

Berdasarkan nilai yang ditampilkan pada tabel 1 dan tabel 2, dapat dilihat perbedaan nilai *metric system* sebagai hasil penelitian tidak begitu signifikan, terutama untuk nilai hasil maksimum. Secara tidak langsung, hal ini tidak memperlihatkan adanya perkembangan hasil penelitian. Akan tetapi, terdapat faktor lain yang berbeda dan diabaikan pada penelitian ini. Beberapa faktor lain tersebut seperti kompleksitas jenis tulisan yang digunakan, lamanya waktu eksekusi, dan penerapannya pada dataset yang lebih kompleks. Walaupun demikian, nilai minimum yang lebih besar pada teknik modern dibandingkan teknik tradisional, memperlihatkan adanya peningkatan dalam mengurangi kegagalan sistem.



Gambar 6. Jumlah Implementasi Teknik Penelitian per Tahun

Tabel 2. Nilai Akurasi (Tinggi) pada Hasil Penelitian

Referensi	Bahasa Publikasi	Metode	Akurasi (%)
(Cho et al., 2001)	Inggris	Tradisional	99,5
(Baldominos et al., 2018)	Inggris	Modern	99,63
(Mawaddah & Suciati, 2020)	Indonesia	Tradisional	99,75
(Fathia, 2013)	Indonesia	Modern	99,72

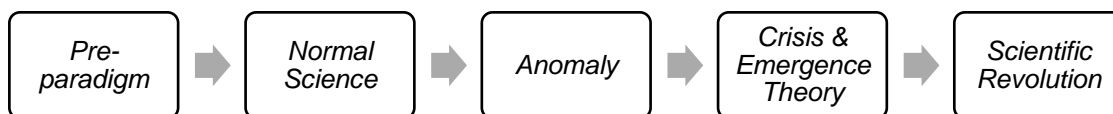
Tabel 3. Nilai Akurasi (Rendah) pada Hasil Penelitian

Referensi	Bahasa Publikasi	Metode	Akurasi (%)
(Varga & Bunke, 2003)	Inggris	Tradisional	65,3
(Graves et al., 2009)	Inggris	Modern	79,7
(Delia Lestari & Bambang Hidayat, 2015)	Indonesia	Tradisional	61,53
(Syafie & Indra, 2018)	Indonesia	Modern	11,67

Penggunaan penerapan metode ini berdasarkan hasil di atas, memperlihatkan adanya suatu perkembangan secara akumulatif. Selain itu, terdapat juga suatu kebutuhan untuk mencari teknik lanjutan sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan. Perkembangan ini merupakan dampak dari keperluan untuk menjawab perkembangan dan kebutuhan pada keseharian di dalam perkembangan teknologi.

c. *Shifting Paradigm*

Paradigma membedakan perkembangan ilmu dalam lima tingkat, yaitu (1) *pre-paradigm*, (2) *normal science*, (3) *anomaly*, (4) *crisis & emergence of scientific theory*, dan (5) *scientific revolution*. Setiap tingkat tahapan ini, memperlihatkan bagaimana perkembangan ilmu dilihat dari paradigmanya (Putri et al., 2020). Gambar 7 memperlihatkan tahapan dari perkembangan ilmu. Pada step *pre-paradigm*, tidak ada fakta sientifik atau aturan yang berlaku. Pada tahap ini, terdapat beberapa paradigma hingga berakhir dengan munculnya satu paradgima yang diakui sebagai suatu *established set of rules*. Diakuinya paradigma tunggal menandai tahap *normal science* sedang berjalan. Pada tahap ini, ilmu berkembang secara kumulatif dalam menambah cakupan dan presisi pada ilmu pengetahuan tersebut.



Gambar 7. Tahap Perkembangan Ilmu Menurut Thomas Kuhn

Berikutnya, tahapan *anomaly* yang melihat adanya ketidakwajaran dari pencapaian sebelumnya pada tahap *normal science*. Paradigma yang ada tidak lagi bisa menjelaskan fakta yang terjadi pada sebuah eksperimen. Munculnya berbagai anomali yang tidak dapat dijelaskan merupakan tahapan *crisis & emergence of scientific theory*. Pada tahap ini, ada kepentingan mengembangkan teori baru untuk mendebat konsep fundamental yang sudah diketahui dari lama. Penelitian yang lebih lanjut terhadap hal ini akan menghasilkan suatu hal yang menandai tahap selanjutnya, yaitu *scientific revolution*.

Tahap *scientific revolution*, ditandai dengan munculnya paradigma yang bersaing untuk mencapai kebenaran. Paradigma yang tidak diterima akan hilang, sedangkan paradigma yang diterima oleh semua pihak terkait akan menjadi promising paradigm. Tahapan berupa *step* ini memperlihatkan bahwa ilmu tidak hanya berkembang secara kumulatif, tapi juga revolusioner. Proses perkembangan ini juga digambarkan dalam siklus Kuhn atau *Kuhn's cycle*. Metodologi ini mengarahkan riset dengan cara negatif dan positif. Menurut Lakatos, terdapat tiga elemen pada riset, yaitu *hard-core*, *protective belt*, dan rangkaian teori. Elemen *hard-core* merupakan asumsi dasar, sedangkan elemen kedua adalah hipotesis dari kondisi awal. Elemen ketiga adalah teori yang merupakan akibat dan klausul dari teori yang pernah dikembangkan. Pemikiran ini pandangan objektif dan kajian riset ilmiah dalam keilmuan (Burhanuddin, 2018).

d. *Shifting Paradigm* & Studi Pengenalan Tulisan Tangan

Topik penelitian tentang pengenalan tulisan tangan telah dimulai sejak lama. Kepentingan untuk membuat dokumen versi digital yang dikenali oleh komputer, disertai penemuan perangkat pendukung menjadi perkembangan pada topik *handwriting recognition*. Penelitian semakin berkembang mulai pada metode penyelesaian kasus yang dihadapi sesuai dengan tahapan yang dipaparkan oleh Thomas Kuhn. Penjelasan dari perkembangan tulisan tangan menurut teori Kuhn dijelaskan sebagai berikut.

1) Tahap *Preparadigm*

Tahap *preparadigm* merupakan fase awal perkembangan ilmu di topik tertentu. Topik penelitian tentang pengenalan tulisan tangan ini dimungkinkan karena adanya perbedaan ciri signifikan antar karakter yang akan dikenali. Walaupun pada beberapa kasus terdapat kesamaan karakter, seperti 0 dengan O atau o, karakter c dengan C, dan kombinasi lainnya. Pada *handwriting recognition*, hal ini diawali dari penelitian perangkat khusus berupa *electronic pen* sebagai alternatif *mouse* dan *keyboard*. Hal ini memungkinkan agar *input* diberikan kepada komputer secara natural, yaitu berupa tulisan tangan. *Gesture* yang diberikan oleh perangkat *pen* akan dikirimkan untuk dikenali oleh sistem. Cara lain yang berkembang adalah dengan melakukan ekstraksi informasi dari citra dokumen tertulis.

Melalui kedua cara ini, ciri khusus yang didapat dari citra dokumen ataupun sinyal *input* dari perangkat khusus diterjemahkan menjadi hal yang dapat dikenali oleh komputer. Pada tahapan ini terlihat bahwa ada dua jalur penelitian terkait pengenalan tulisan tangan dilihat dari masukan (*input*) yang diberikan. Masukan berupa sinyal *pen* merupakan pengenalan tulisan tangan berbasis online, sedangkan masukan berupa citra dokumen disebut sebagai pengenalan tulisan tangan berbasis offline.

2) Tahap *Normal Science*

Perkembangan metode pengenalan tulisan tangan semakin berkembang pada tahap *normal science*. Setiap metode dikembangkan untuk mencapai hasil akhir berupa sistem yang handal dalam mengenali tulisan tangan. Kehandalan ini dapat dilihat dari akurasi yang dihasilkan, yaitu rasio dari jumlah karakter atau kata yang secara benar dikenali terhadap total karakter pada tulisan tersebut. Parameter *character error rate* digunakan untuk performansi pengenalan karakter dan *word error rate* untuk melihat jumlah kata yang berhasil dikenali. Setiap blok proses pada studi tentang topik ini, dapat diimplementasikan dengan berbagai variasi cara. Implementasi dapat dilakukan menggunakan operasi matematika sederhana, menerapkan metode tertentu, atau mengkombinasikan lebih dari satu metode. Setiap proses di atas, didapat dari proses penelitian dan pemikiran yang berkembang secara kumulatif dalam tahap *normal science*.

3) Tahap *Anomaly*

Pada tahap anomali, menurut teori Kuhn terjadi kondisi dimana paradigma yang ada tidak dapat menjawab permasalahan penelitian. Pada topik area pengenalan tulisan tangan, hal ini masih terjadi. Contohnya, penerapan metode untuk tulisan tangan yang bersifat *cursive*. Selain itu, ada metode yang diterapkan dengan akurasi tinggi untuk bahasa tertentu saja. Anomali ini masih muncul di tengah berkembangnya metode lain dengan akurasi yang tinggi untuk sistem pengenalannya.

Tahap anomali mulai memunculkan ide dan paradigma baru seperti penggunaan *deep learning*. Tahap sistem pengenalan yang biasanya terdiri dari beberapa proses dalam bentuk pipeline, sudah digantikan oleh satu metode *all-in-one* yang mewakili beberapa proses sebelumnya. Lahirnya paradigma baru yang menjawab kejanggalan pada metode penyelesaian sistem pengenalan tulisan tangan sebelumnya membuat topik ini sekarang berada dalam tahap anomali.

e. *Pseudoscience* pada *Handwriting Analysis*

Salah satu topik penelitian yang bersinggungan dengan pengenalan tulisan tangan adalah *handwriting analysis*. Bidang area pengenalan *handwriting* dari sisi penulis—dan bukan tulisannya—merupakan topik yang berkaitan dengan grafologi. Grafologi sudah muncul 1800-an, dan dikembangkan agar dilakukan secara otomatis pada area *computer vision*. Ilmu ini merupakan ilmu yang melihat sifat penulis dilihat dari tulisan tangannya berdasarkan tujuh elemen: *speed, pressure, form, dimension, continuity, direction*, dan *order* (Mishra, 2017). Banyak yang meyakini grafologi sebagai science dikarenakan teori dasarnya dalam bidang psikologis. Adanya bukti yang mengukuhkan korelasi antara tulisan tangan dan sifat (*behaviour*,

sifat, atau perilaku) penulisnya. Pembuktian ini dilakukan dengan cara melihat similaritas seperti yang dilakukan pada *forensic handwriting*. Perbedaannya, *forensic handwriting* lebih menekankan pada otentikasi sebuah dokumen serta memastikan keasliannya. Sedangkan grafologi menekankan pada kepribadian berdasarkan data tulisan tangan yang tersedia. Validitas dari grafologi juga didapat dari kepuasan klien yang dipaparkan sifatnya melalui tulisan tangan. Perkiraan jumlah sebanyak 50-70% klien bisnis di Perancis mempercayakan analisis kepribadian melalui tulisan tangan (Warren, 2018).

Akan tetapi, pandangan grafologi sebagai *pseudoscience* juga tidak dapat dielakkan. Hal ini terjadi dikarenakan sifatnya yang tidak universal. Ketika beberapa *grafologist* diminta untuk menganalisis sampel tulisan tangan yang sama, hasil yang didapat adalah adanya perbedaan *personality trait* yang berbeda-beda. Hal ini berarti teori grafologi tidak dapat difalsifikasi karena kebenarannya yang tidak bisa difalsifikasi. Kebenaran dari grafologi tidak bersifat universal dan tidak dapat diukur menurut satuan tertentu. Menurut teori Popper, demarkasi *science* dan *pseudoscience* adalah sifat pengetahuan yang dapat difalsifikasi. Jika teori tersebut bertahan dari falsifikasi, sifatnya *corroborated*. Akan tetapi hal ini berbeda dengan grafologi yang tidak bisa (bukan bertahan) difalsifikasi—sifatnya tidak *falsifiable*—dari sisi *grafologist* sehingga posisinya dapat menjadi *pseudoscience*. Dikarenakan sifatnya yang dapat dikategorikan sebagai *pseudoscience*, publikasi terkait analisis tulisan tangan akan diabaikan pada tahap analisis untuk artikel ini.

4. Simpulan dan Saran

Handwriting recognition merupakan topik area bagian *optical character recognition* yang membuat komputer dapat menafsirkan tulisan tangan dalam bentuk digital. Proses penafsiran ke dalam bentuk yang dikenali mesin ini menggunakan proses pada *pattern recognition*, mengenali pola untuk direkognisi. Paling tidak, terdapat tiga pendekatan metode dalam mengenali tulisan tangan: tradisional, modern, *hybrid*. Pada awalnya, pendekatan tradisional banyak digunakan pada studi yang dilakukan. Seiring perkembangan ilmu, pendekatan modern digunakan dan mengurangi jumlah studi yang menggunakan pendekatan tradisional. Hal ini merupakan suatu bentuk *shifting paradigm* atau pergeseran paradigma. Penelitian untuk topik *handwriting recognition* telah mencapai tahap *anomaly* berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Thomas Kuhn terkait *discovery of science*. Hal ini dapat dilihat dari penerapan berbagai metode dan paradigma yang diterapkan untuk menyelesaikan kasus dari pengenalan tulisan tangan. Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa adanya peluang perkembangan topik riset terkait tulisan tangan dalam bentuk revolusioner, dan tidak terbatas hanya sebagai pengetahuan yang bersifat kumulatif.

5. Daftar Pustaka

- Alrobah, N., & Albahli, S. 2022. Arabic Handwritten Recognition Using Deep Learning: A Survey. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(8), 9943–9963.
- Baldominos, A., Saez, Y., & Isasi, P. 2018. Evolutionary Convolutional Neural Networks: An Application to Handwriting Recognition. *Neurocomputing*, 283, 38–52.
- Burhanuddin, N. 2018. *Filsafat Ilmu*. Prenadamedia Group.
- Cho, S. J., Kim, J. H., & Div, C. S. 2001. *Bayesian Network Modeling of Strokes and Their Relationships for On-line Handwriting Recognition*. Proceedings of Sixth International Conference on Document Analysis and Recognition, 86-90.
- Delia Lestari, D., & Bambang Hidayat, I. 2015. *Perancangan Pengenal Kata dalam Aksara Sunda Menggunakan Metode Deteksi Tepi dan LVQ Berbasis Pengolahan Citra pada Android*. E-Proceedings of Engineering.
- Fathia, S. 2013. Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan dalam Pengenalan Tulisan Tangan Huruf Korea (Hangul) Menggunakan Metode Propagasi Balik. UDiNus Repository.
- Graves, A., Liwicki, M., Fernández, S., Bertolami, R., Bunke, H., & Schmidhuber, J. 2009. A Novel Connectionist System for Unconstrained Handwriting Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 31(5), 855–868.
- Grother, P., Hanaoka, K., & Pritzker, P. 2016. NIST Special Database 19 Handprinted Forms and Characters 2 nd Edition. <https://www.nist.gov/srd/nist-special-database-19>.
- Harzing, A. W. 2017. *Publish or Perish*. <https://harzing.com/resources/publish-or-perish>.

- Khayyat, M., & Nobile, N. 2019. *Handwriting Recognition Systems and Applications*. In *Frontiers in Pattern Recognition and Artificial Intelligence*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Mawaddah, S., & Suciati, N. 2020. Pengenalan Karakter Tulisan Tangan Menggunakan Esktraksi Fitur Bentuk Berbasis Chain Code. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 7(4), 683–692.
- Memon, J., Sami, M., Khan, R. A., & Uddin, M. 2020. Handwritten Optical Character Recognition (OCR): A Comprehensive Systematic Literature Review (SLR). *IEEE Access*, 8, 142642–142668.
- Mishra, A. 2017. Forensic Graphology: Assessment of Personality. *Forensic Research & Criminology International Journal*, 9–12.
- Putri, E. W., Yuwana, L., & Afif, Muh. B. 2020. Epistemology of Thomas S. Kuhn's Shifting Paradigm and Its Relevance to Islamic Science. Khalifa: *Journal of Islamic Education*, 1–18.
- Schalkoff. 2007. *Pattern Recognition: Statistical, Structural, and Neural Approaches*. Wiley India Pvt. Limited.
- Syafie, L., & Indra, D. 2018. Pengenalan Angka Tulisan Tangan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. *ILKOM Jurnal Ilmiah*, 10(2), 201–2016.
- Thomas S. Kuhn. 2012. *The Structure of Scientific Revolutions Peran Paradigma dalam Revolusi Sains*. PT Remaja Rosdakarya.
- Tran, H. P., Smith, A., & Dimla, E. 2019. *Offline Handwritten Text Recognition using Convolutional Recurrent Neural Network*. Proceedings International Conference on Advanced Computing and Applications, ACOMP 2019, 51–56.
- Trung, T. N., Hung, T. N., Nam, T.L., & Masaki, N. 2021. *Recurrent Neural Network Transducer for Japanese and Chinese Offline Handwritten Text Recognition*. International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR) 2021, 364-376
- Varga, T., & Bunke, H. 2003. *Generation of Synthetic Training Data for an HMM-based Handwriting Recognition System*. Seventh International Conference on Document Analysis and Recognition, 618-622
- Vinjit, B. M., Bhojak, M. K., Kumar, S., & Chalak, G. 2020. *A Review on Handwritten Character Recognition Methods and Techniques*. Proceedings of the 2020 IEEE International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2020, 1224–1228.
- Warren, K. 2018. *Graphology*. <https://u.osu.edu/vanzandt/2018/03/08/graphology/>.