



## **EFEKTIF ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) DALAM BELAJAR DAN MENGAJAR**

Fauzy Maarij Mutaqin<sup>1)</sup>, Idah Jubaedah<sup>2)</sup>, Herry Koestianto<sup>3)</sup>, Dede Indra Setiabudi<sup>4)</sup>.

Institut Agama Islam Al-Zaytun Indonesia

Corresponding Author. E-mail: Maarij1404@gmail.com

Telp: +6282138495729

### **Abstract**

*At this time technology is developing very rapidly in order to help human work in carrying out life. One of them is in the aspect of education, currently technology creates a product in the form of Artificial Intelligence (AI). Artificial Intelligence or artificial intelligence is a system that is made as sophisticated as possible similar to human intelligence then embedded in a device to become an artificial intelligence tool. This tool can help the world of education, because it can find data in the form of various knowledge quickly and accurately and then can be used anytime and anywhere. Not only looking for data AI is also able to analyze data which is usually difficult to do by humans. This tool can be used personally or in groups depending on the purpose of the user, therefore AI technology can help the world of education effectively and efficiently.*

### **Abstrak**

Di masa ini teknologi berkembang sangat pesat demi membantu pekerjaan manusia dalam menjalankan hidup. Salah satunya dalam aspek pendidikan, saat ini teknologi menciptakan sebuah produk berupa *Artificial Intelligence* (AI). *Artificial Intelligence* atau kecerdasan buatan adalah sistem yang dibuat secanggih mungkin mirip seperti kecerdasan manusia lalu ditanamkan pada sebuah perangkat menjadi alat kecerdasan buatan. Alat ini bisa membantu dunia pendidikan, karena bisa mencari data berupa berbagai pengetahuan dengan cepat serta akurat lalu dapat digunakan kapan saja dan dimana saja. Tidak hanya mencari data AI juga mampu menganalisa data yang biasanya sulit dilakukan oleh manusia. Alat ini dapat digunakan personal maupun kelompok tergantung pada tujuan penggunaannya oleh karena itu teknologi AI dapat membantu dunia pendidikan secara efektif dan efisien.

### **Article History**

Received: 1 Mei 2023  
Reviewed: 15 Mei 2023  
Published: 6 Juni 2023

### **Key Words**

*Knowledge, Socio-Cultural,  
Supplementary Feeding*

### **Article History**

Received: 1 Mei 2023  
Reviewed: 15 Mei 2023  
Published: 6 Juni 2023

### **Kata Kunci**

*Artificial Intelligence,  
Kecerdasan Buatan,  
Pendidikan*

## **Pendahuluan**

Semua negara berlomba lomba untuk meningkatkan kualitas pendidikan demi bisa mencetak generasi penerus yang cemerlang, teknologi berperan dalam mendukung aktivitas belajar dan mengajar. Indonesia sendiri telah menunjukkan upayanya dalam perbaikan mutu dan kualitas beberapa aspek kehidupan baik pendidikan maupun sosial. Mengingat aspek pendidikan dan sosial tidak dapat dipisahkan karena pada dasarnya pendidikan yang baik akan menentukan kehidupan sosial yang makmur dan sejahtera. Teknologi Artificial Intelligence (AI) saat ini bisa digunakan untuk mempermudah pelajar maupun pengajar agar bisa menerima dan menyampaikan pengetahuan secara mudah dan cepat namun untuk menggunakannya perlu



adanya bimbingan tentang cara penggunaan alat tersebut. Kreativitas juga diperlukan dalam kegiatan belajar mengajar agar lebih menarik dan menyenangkan sebab di zaman teknologi ini pola dalam belajar dan mengajar berubah seiring berkembangnya waktu. Maka penggunaan AI sudah sewajarnya berperan besar untuk membantu meningkatkan kualitas pendidikan di seluruh negara terutama di Indonesia, oleh sebab itu pemerintah harus mendukung dengan baik, seperti menyediakan fasilitas di semua sekolah yang ada di Indonesia supaya pelajar dan pengajar bisa memanfaatkannya. Hal ini merupakan keadaan yang baru dalam pendidikan untuk bisa berinovasi terutama metode pembelajaran yang menarik karena setiap pelajar bisa memiliki cara pemahaman ilmu pengetahuan yang berbeda-beda. ChatGPT sebagai salah satu AI memiliki kemampuan untuk membantu guru dalam menyusun rencana pembelajaran dengan mempertimbangkan tujuan pembelajaran, pendekatan, model, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang relevan (Serdianus & Saputra, hal.4). Umpan balik yang baik sangat penting dalam meningkatkan pemahaman siswa dan membantu mereka memperbaiki kelemahan dalam pembelajaran. Metode metode yang lama tentunya perlu diganti ke metode yang baru dengan hadirnya AI membuat suasana belajar yang lebih efisien dan menarik bagi guru maupun murid. Pemanfaatan AI seharusnya mampu meningkatkan kualitas di bidang akademik dalam membuat rancangan pembaruan kegiatan belajar dan mengajar serta inovasi terbaru terhadap pola pendidikan sesuai dengan perkembangan teknologi saat ini. Karena dilihat dari segi pendidikan Indonesia belum bisa mewujudkan pendidikan secara merata, pendidikan yang berkualitas hanya terdapat pada kota-kota besar tanpa membangun fasilitas pendidikan yang baik di seluruh wilayah di Nusantara. Pendidikan yang berkualitas dapat membangun masa depan yang cerah apabila kualitas pendidikan semakin baik, meskipun banyak hal yang bisa AI lakukan untuk mempermudah proses pendidikan, AI memiliki kekurangan berupa keamanan data yang disimpan belum terjamin sepenuhnya sebab teknologi ini masih adanya perkembangan yang dikerjakan oleh para ahli yang berarti perlu adanya perhatian yang baik dari pihak instansi terhadap penggunaan teknologi AI agar hal dikhawatirkan tidak terjadi. AI memang memiliki berbagai manfaat yang sangat banyak di kehidupan manusia namun hal ini juga merupakan faktor yang memungkinkan profesi pengajar bisa tergantikan. Maka setiap orang yang menggunakan AI harus memahami batasan pemakaian, teknologi ini hanya salah satu alat bantu bukan berarti peran utama dalam menjalankan proses kegiatan belajar mengajar. Memanfaatkan AI dengan maksimal dapat menghemat waktu, tenaga serta biaya yang diperlukan hingga dana yang tersedia dapat digunakan untuk keperluan lainnya. Masa revolusi industri ini segala bentuk aktivitas di semua bidang memerlukan adanya teknologi yang bisa mempercepat maupun mempermudah pekerjaan yang menjadi tuntutan setiap manusia.

### **Metode Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan dalam pembahasan di ini adalah metode penelitian literatur. Metode ini melibatkan pengumpulan data dari berbagai sumber literatur seperti jurnal,



buku, artikel, dan sumber-sumber elektronik lainnya. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis, diinterpretasikan, dan digunakan untuk mendukung argumentasi dalam pembahasan. Menurut Mestika Zed (2003), studi Pustaka atau kepustakaan dapat diartikan sebagai serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat serta mengolah bahan penelitian. Sedangkan menurut sugiyono (2012) Studi Kepustakaan merupakan kajian teoritis, referensi, serta literature ilmiah lainnya yang berkaitan dengan budaya, nilai dan norma yang berkembang pada situasi social yang diteliti.

## **Hasil dan Pembahasan**

Pendidikan memang perlu dikembangkan seiring dengan berjalan waktu, pendidikan yang baik didukung dengan fasilitas-fasilitas yang memadai bagi siswa maupun pengajar. Teknologi AI menjadi sarana yang baik untuk membantu dalam kegiatan belajar dan mengajar dengan mudah. Pendidikan di abad ini dituntut untuk menggunakan pengetahuan (knowledge) dan teknologi (technology) dalam perkembangan siswa yang akan menjadi sumber daya manusia nantinya. Semua perkembangan yang terjadi pada dasarnya adalah hasil dari pemikiran, pengetahuan, dan buatan manusia itu sendiri. Sehingga guru harus siap dalam menentukan model pembelajarannya dalam menciptakan siswa yang berkualitas dan mampu untuk bersaing serta memiliki keterampilan dalam bekerja. Peran guru dalam pendidikan abad ke 21 adalah menjadi guru yang profesional dan dapat berinteraksi serta beradaptasi sesuai dengan keadaan. Maka keterampilan dalam belajar sangat penting untuk terus dikembangkan pada abad ke 21, hal ini bertujuan untuk membentuk siswa yang memiliki kecakapan dalam berfikir secara kritis, komunikasi, kolaborasi dan kreatif

Memfaatkan AI sebagai alat dalam menciptakan metode pembelajaran yang menarik seperti menggunakan aplikasi seperti YouTube sebagai media audiovisual, ini menciptakan suasana pembelajaran yang interaktif karena memberikan gambaran bagi siswa terhadap materi yang sedang dibahas. AI memberikan kita pelayan dalam hal mencari, menganalisa, dan membuat keputusan secara cepat berdasarkan data yang tersedia. Hal ini memudahkan pengajar dalam memberikan ilmu pengetahuan kepada siswanya teknologi sangatlah AI menarik sekaligus hiburan sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai.

Adapun beberapa penerapan AI yang dapat digunakan di bidang pendidikan antara lain:

### **1. Mentor Virtual**

AI bisa memberikan umpan balik dari aktivitas belajar dan latihan soal para siswa, kemudian memberikan rekomendasi materi yang perlu dipelajari kembali layaknya seorang guru atau tutor. Salah satu contoh penerapannya adalah Blackboard yang merupakan alat yang banyak digunakan di perguruan tinggi di Eropa dan Amerika. Alat AI ini banyak digunakan para professor/dosen untuk mempublikasi catatan, pekerjaan rumah, kuis, dan tes yang memungkinkan siswa dapat mengajukan pertanyaan dan tugas untuk proses penilaian. Alat ini bisa mengidentifikasi alasan di balik ketidakpahaman siswa dan bisa menawarkan solusi-solusi yang sudah dirilis oleh dosen dan diprogramkan sebelumnya. Sistem AI ini akan terus belajar



dan memperbarui informasi secara mandiri sesuai dengan kebutuhan dan kendala yang dihadapi murid.

#### .2. Asisten Suara (Voice Assistant)

Asisten suara atau Voice Assistant juga merupakan salah satu teknologi AI yang paling banyak dikenal dan dimanfaatkan diberbagai bidang, termasuk pendidikan. Contoh voice assistant yang umum dikenal seperti Google Assistant (Google), Siri (Apple), Cortana (Microsoft), dan lainnya. Voice Assistant memungkinkan para murid bisa mencari materi, referensi soal, artikel, sampai buku dengan hanya berbicara atau menyebutkan kata kunci.

#### .3. Konten Cerdas (Smart Content)

Merupakan teknologi AI yang berfungsi membagi dan menemukan konten materi dan buku digital yang sudah dipogram secara virtual dengan lebih mudah dan cepat. Contoh umum penerapan teknologi ini terdapat di berbagai perpustakaan digital saat ini, baik di sekolah, perguruan tinggi, maupun perpustakaan umum. AI bisa menemukan dan mengkategorikan buku yang Anda cari secara cepat dan terstruktur. Bahkan Anda akan diberikan rekomendasi buku dan konten lain yang relevan dengan apa yang sedang Anda cari.

#### 4. Penterjemah Presentasi (Presentation Translator)

Teknologi yang satu ini memiliki kemiripan dengan Voice Assistant yaitu mengandalkan suara dalam menjalankan fungsinya. Hanya saja Presentation Translator memiliki spesifikasi kegunaan untuk menjelaskan atau mempresentasikan sebuah teks dari bahasa yang berbeda ke dalam bahasa yang Anda inginkan. Sehingga pengguna hanya perlu mendengarkan berbagai macam teks pidato, artikel, atau buku digital tanpa perlu membaca. Jadi dengan dengan AI Speech Recognition ini, pengguna dapat mendengar dalam bahasa ibu mereka. Anda bisa membaca dan memahami jurnal, artikel, maupun buku dari bahasa apapun dengan lebih mudah dan cepat.

#### 5. Kursus Global (Global Courses)

Teknologi AI yang satu ini sudah lumayan banyak diterapkan dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan. Secara sederhana Global Courses pengguna atau murid bisa mencari dan mengikuti kursus daring dari seluruh dunia. Platform kursus bisa merekomendasikan ketertarikan dan minat Anda sesuai kata kunci yang sudah Anda masukkan sebelumnya. Terdapat berbagai kursus gratis dan terbuka yang bisa dicoba saat ini dengan beragam fitur dan konten yang menarik, interaktif dan terstruktur.

#### .6. Penilaian Otomatis (Automatic Assessment)

Saat ini AI banyak digunakan untuk keperluan asesmen dan koreksi soal otomatis secara online. Penggunaan fitur seperti ini memudahkan guru dan tutor menyiapkan dan mengadakan kuis maupun ulangan secara mudah dan praktis. Guru dan tutor tidak perlu lagi harus membuat soal dan mengoreksi soal secara manual. Fitur ini memungkinkan guru dapat membuat kuis dan ulangan dengan mudah dan praktis. Guru hanya perlu memilih jenis mata pelajaran, jenjang, jumlah soal, tingkat kesulitan, dan beberapa pilihan lainnya. Setelah itu guru hanya



perlu membagikan link kuis tersebut kepada para murid untuk langsung dikerjakan secara daring.

#### 7. Pembelajaran yang Dipersonalisasi (Personalized Learning)

Penerapan teknologi ini sudah cukup umum ditemui. Personalized Learning sebenarnya memiliki kemiripan dengan contoh teknologi AI lainnya. Pada intinya teknologi AI ini memungkinkan para siswa atau pengguna mendapatkan layanan layaknya asisten pribadi. AI akan mengumpulkan data dari aktivitas belajar yang sudah dilakukan oleh pengguna, dan kemudian akan memberikan alternatif solusi pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. AI juga akan memberikan rekomendasi konten, memberitahu jadwal belajar pengguna, dan berbagai fungsi penting lainnya. AI akan belajar untuk mengoptimalkan cara belajar pengguna agar proses belajar bisa lebih baik dan efektif. Artificial Intelligence sendiri berkerja dengan cara menggabungkan adanya sejumlah data, pengolahan yang berulang, serta algoritma cerdas. Hal ini justru memungkinkan perangkat lunak supaya dapat belajar dengan cara otomatis dari pola atau fitur yang ada dalam data. Artificial Intelligence juga bisa dikatakan sebuah bidang studi yang amat sangat luas. Cakupan teori, metode, teknologi dan sub bidang yang ada pada Artificial Intelligence sangatlah banyak meliputi pembelajaran mesin, jaringan neural, komputasi kognitif, visi komputer, kemudian pemrosesan bahasa secara ilmiah.

Dengan memanfaatkan peran AI dalam bidang pendidikan seharusnya menciptakan kesempatan yang baik dalam meningkatkan kualitas pendidikan. Secara keseluruhan peranan AI menjadi inovasi untuk menciptakan suasana belajar yang lebih mudah dan efektif. Pengajar dapat mengoptimalkan pengalaman belajar dengan memanfaatkan AI sebagai media dalam kegiatan belajar mengajar. Dengan demikian, AI menjadi alat yang berpengaruh besar dalam menciptakan suasana belajar mengajar yang lebih baik, mengembangkan pendidikan, dan mempersiapkan siswa menjadi generasi yang bisa memajukan negara. Hadirnya teknologi AI yang bersifat otomatisasi membantu guru dalam memberikan umpan balik kepada siswa.

Teknologi AI yang bisa beroperasi secara Instan dalam menganalisis data siswa yang diperoleh melalui interaksi siswa seperti pengumpulan tugas atau latihan soal. AI dapat mendeteksi kesalahan yang di buat oleh siswa, memahami tingkat kecerdasan siswa, dan memberikan materi bagi siswa sesuai kebutuhan siswa. Umpan balik yang diberikan AI dapat berupa, penjelasan yang belum di berikan sebelumnya, saran atau rekomendasi, dan latihan yang disusun sesuai dengan masing masing kemampuan siswa. AI memiliki kelebihan utama dalam memberikan umpan balik secara personal dan instan kepada masing masing siswa. Kemampuan ini membantu guru dalam memmberikan umpan balik kepada semua siswa secara bersamaan. Dengan adanya fungsi tersebut bisa membantu tugas guru dalam mengajar dimana biasanya didalam kelas yang banyak siswa umpan balik terhadap siswa hanya bisa direspon peseorangan saja dan membutuhkan waktu lama bagi seorang guru merespon semua siswa dalam saat yang bersamaan.

Pemanfaatan media digital seperti ini yang perlu di terapkan di semua instansi pendidikan agar bisa mencapai tujuan belajar cepat dan efektif. Strategi pembelajaran seperti ini bisa membantu semua siswa dalam mengasah keterampilan menggunakan teknologi AI yang harus dimiliki



sebagai bekal di masa depan. Pembelajaran menggunakan AI yang bisa mengoptimalkan kegiatan belajar harus di terapkan secepatnya keseluruh wilayah Indonesia sebab strategi pembelajaran sebelumnya yang mengandalkan jam pelajaran kelas maka keberhasilan dalam mencapai tujuan pembelajaran tidak bisa diwujudkan secara penuh terutama dalam menambah wawasan dan pembentukan karakter siswa.

Dengan memanfaatkan data yang dikumpulkan oleh AI, pengajar dapat merancang strategi pengajaran mereka agar lebih efektif. Strategi guru yang sesuai dengan kemampuan siswanya bisa membantu memudahkan siswa dalam menyerap ilmu pengetahuan. Model pembelajaran yang seperti ini disebut kostumisasi dan personalisasi dalam aktivitas belajar para murid. Jadi pendidikan dan pembelajaran bukan lagi berbicara apa maunya guru atau pendidik, melainkan bergeser pada apa minat para murid dan bagaimana cara belajar yang efektif bagi dirinya. Murid diberikan kebebasan untuk mengembangkan sikap dan situasi belajarnya tanpa harus didikte dan diintervensi oleh pendidik. Harus disadari segera untuk para pendidik, baik itu pendidik pada bidang keagamaan ini bahwa kelak aktivitas pembelajaran akan mengalami pergeseran (Sidabutar & Munthe, hal. 87).

Namun, ada juga beberapa tantangan yang perlu diatasi dalam mengimplementasikan AI dalam pendidikan, termasuk masalah privasi dan keamanan data, peningkatan kemampuan teknis dan penggunaan data, serta masalah etika dan sosial yang muncul dari penggunaan teknologi tersebut. Oleh karena itu, perlu adanya perencanaan dan strategi yang matang dalam penggunaan AI dalam pendidikan untuk memastikan bahwa teknologi tersebut dapat memberikan manfaat yang optimal bagi siswa dan institusi pendidikan (Afrita, hal. 3185).

Pendidik yang diharapkan memiliki kemampuan dalam Information Computer and Technology (ICT). sangat dibutuhkan mulai dari pendidik anak usia dini, hingga pendidik di perguruan tinggi. Besar harapan agar pendidik memiliki keterampilan dalam ICT sehingga akan mampu pula mendampingi anak dalam memanfaatkan teknologi yang ada dan mampu memberikan kemudahan pendidikan untuk seluruh masyarakat. Salah satu contoh dalam pendidikan anak usia dini, pendidik yang mampu menggunakan peralatan ICT maka diharapkan pula mampu mengarahkan anak untuk memanfaatkan gadget sesuai dengan tahap perkembangan anak, bukan justru sebaliknya.

Kesiapan sumberdaya manusia dalam mengoptimalkan kemampuan dan karakter siswa. Solusi lain untuk menjawab tantangan pendidikan di era industri 4 yaitu dari segi kemampuan dan pembentukan karakter siswa. Hal ini tentu tak lepas dari tujuan pendidikan era industri 4 untuk memperoleh lulusan pendidikan yang kompeten di era saat ini, bukan hanya anak mampu memanfaatkan ICT tetapi juga mampu kompeten dalam kemampuan literasi, berpikir kritis, memecahkan masalah, komunikasi, kolaborasi, dan memiliki kualitas karakter yang baik.

Peran lembaga pemerintah diharapkan bisa mendukung untuk bisa mengembangkan pendidikan secara signifikan. Dengan memberikan perhatian lebih terhadap sekolah sekolah yang ada di seluruh wilayah Indonesia agar bisa memanfaatkan teknologi yang ada sebagai media pembelajaran yang lebih efektif bagi siswa. Lembaga pemerintah sebaiknya



mengerahkan tenaga pengajar yang benar benar terampil dalam menggunakan teknologi sebagai alat bantu belajar siswa. Hal ini diperlukan karena mengingat penggunaan AI yang belum terjamin keamanannya secara utuh. karena teknologi AI masih melakukan pengembangan yang dilakukan para Ahli.

### **Kesimpulan**

Peran teknologi membawa perubahan signifikan di semua aspek kehidupan, termasuk bidang pendidikan yang mampu untuk meningkatkan efektifitas belajar bagi pelajar. Hadirnya AI perlu diperhatikan oleh instansi yang bergerak di bidang akademik untuk memberikan fasilitas yang memadai bagi murid dan guru agar memudahkan mereka dalam kegiatan belajar mengajar. AI menjadi alat bantu yang mutakhir dalam mengembangkan kualitas pendidikan di Indonesia dengan memanfaatkan teknologi berupa kecerdasan buatan. Maka diperlukan inovasi dalam membuat rancangan pembelajaran yang relevan dengan hadirnya AI sebagai alat bantu dalam menciptakan pembelajaran yang adaptif. Metode metode baru diperlukan dalam menjalankan kegiatan menimba ilmu pengetahuan secara intens agar tujuan pembelajaran dapat tercapai. Dengan demikian karya ilmiah ini bisa menjadi bahan pertimbangan lembaga pemerintah untuk bisa meningkatkan kualitas pendidikan Indonesia sebagai pihak yang berperan besar dalam memajukan dunia pendidikan. Disamping itu teknologi AI masih belum terjamin keamanannya secara utuh, oleh karena itu lembaga pendidikan yang sudah menerapkan teknologi ini di harapkan selalu tetap waspada dengan melakukan pengecekan data agar aman.

### **Referensi**

- Sidabutar, H. & Munthe, H, P., (2022). Artificial Intelligence dan Implikasinya Terhadap Tujuan Pembelajaran Pendidikan Agama Kristen. *Jurnal Manajemen Pendidikan Kristen*, 2(2), pp. 76-90.
- Serdianus & Saputra, T., (2023). Peran Artificial Intelligence ChatGPT dalam Perencanaan Pembelajaran di Era Revolusi Industri 4.0. *MASOKAN: Jurnal Ilmu Sosial dan Pendidikan*, 3(1), pp. 1-18.
- Indarta, Y, Jalinus, N, Waskito, Samala, A, D, Riyanda, A, R & Adi, N, H., (2022), Relevansi Kurikulum Merdeka Belajar dengan Model Pembelajaran Abad 21 dalam Perkembangan Era Society 5.0. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan* 4(2), pp. 3011-3024.
- Tjahyanti, L, P, A, S., Saputra, P, S, & Gitakarma, M, S., (2022). Peran Artificial Intelligence (Ai) Untuk Mendukung Pembelajaran Di Masa Pandemi Covid-19. *Jurnal Komputer dan Teknologi Sains (KOMTEKS)*, 1(1), pp 15-21.
- Mambu, J, G, Z, Pitra, D, H, Ilmi, A, R, M, Nugroho, W, Leuwol, N, V & Saputra, A, M, A., (2023). Pemanfaatan Teknologi Artificial Intelligence (AI) Dalam Menghadapi Tantangan Mengajar Guru di Era Digital. *Journal on Education*, 6(1), pp. 2689-2698.



**Jurnal Pendidikan :**  
**SEROJA**  
<http://jurnal.anfa.co.id>  
ISSN : 2961-9408

*Bulan, 7 Tahun 2023 Vol 2 ,*  
*No 1 .*  
**Anfa Mediatama**  
**Copyright**

---

Purba, M, A & Defriyanto., (2021). Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Pendidikan dan Pembelajaran di Era Revolusi Industri 4.0. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Sosial Dan Teknologi (SNISTEK)*, 3, pp. 96–101.

Afrita, J., (2023). Peran Artificial Intelligence dalam Meningkatkan Efisiensi dan Efektifitas Sistem Pendidikan. *COMSERVA Jurnal Penelitian Dan Pngabdian Masyarakat*, 2(12), pp. 3181-3187