

## Neuralink: Dampak, Tantangan, dan Potensi di Masa Depan

Agung Prasetyo Abdjul<sup>1</sup>, Wildan Syaifudin Ahmad<sup>2</sup>, Rabby Ahsan Matswaya<sup>3</sup>, Fayruz Rahma<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Informatika, Universitas Islam Indonesia, Sleman. Email: [21523268@students.uii.ac.id](mailto:21523268@students.uii.ac.id) <sup>2</sup> Jurusan Informatika, Universitas Islam Indonesia, Sleman. Email: [21523222@students.uii.ac.id](mailto:21523222@students.uii.ac.id) <sup>3</sup> Jurusan Informatika, Universitas Islam Indonesia, Sleman. Email: [21523212@students.uii.ac.id](mailto:21523212@students.uii.ac.id) <sup>4</sup> Jurusan Informatika, Universitas Islam Indonesia, Sleman. Email: [fayruz.rahma@uui.ac.id](mailto:fayruz.rahma@uui.ac.id)

### Abstract

*Neuralink is a Brain Machine Interface (BMI) company developed by Elon Musk. Neuralink uses the implantation of sensor chips into the human brain to connect the brain directly to computers and other electronic devices. This study uses a literature review approach to examine the impacts, challenges, and potential for using Neuralink. This study highlights the success of Neuralink in implanting the chip in experimental animals and the potential for development in humans. However, using Neuralink also has ethical implications, such as decreased individual skill levels and privacy concerns. Neuralink's future includes the integration of human intelligence with artificial intelligence (AI) and direct access to the human brain, with the potential for telepathic abilities and control of devices with just thoughts. This research provides comprehensive insights into the benefits, challenges, and potential of Neuralink technology in connecting the human brain with technology.*

*Keywords: BMI, Brain Implant, Neuralink*

### Abstrak

*Neuralink merupakan sebuah perusahaan Brain Machine Interface (BMI) yang dikembangkan oleh Elon Musk. Neuralink menggunakan implantasi chip sensor ke dalam otak manusia untuk menghubungkan otak langsung dengan komputer dan perangkat elektronik lainnya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur untuk mengkaji dampak, tantangan, dan potensi atas pemanfaatan Neuralink. Studi ini menyoroti keberhasilan Neuralink dalam mengimplantasi chip pada hewan percobaan dan potensi pengembangan pada manusia. Namun, penggunaan Neuralink juga menimbulkan implikasi etis, seperti penurunan tingkat keahlian individu dan masalah privasi. Masa depan Neuralink mencakup integrasi kecerdasan manusia dengan kecerdasan buatan (AI) dan akses langsung ke otak manusia, dengan potensi kemampuan telepati dan kontrol perangkat hanya dengan pikiran. Penelitian ini memberikan wawasan komprehensif tentang manfaat, tantangan, dan potensi teknologi Neuralink dalam menghubungkan otak manusia dengan teknologi.*

*Kata Kunci: BMI, Brain Implant, Neuralink*

## 1. Pendahuluan

Neuralink, yang dikembangkan oleh Elon Musk, merupakan perusahaan *Brain Machine Interface* (BMI) yang memiliki terobosan dalam teknologi interaksi otak manusia dengan komputer dan perangkat elektronik lainnya secara langsung melalui pikiran. Dengan memasukkan elektroda atau sensor ke dalam otak, manusia dapat melakukan pertukaran informasi dua arah yang sangat menjanjikan (The Royal Society, 2019).

Sebelum adanya Neuralink, beberapa peneliti telah mencoba menemukan metode pengobatan bagi pasien pengidap gangguan syaraf. Maka dari itu, muncul istilah bernama *Brain Implant*, yaitu sebuah alat yang ditanamkan dalam otak guna mengatasi permasalahan syaraf seperti parkinson ataupun epilepsi. Munculnya *Brain Implant* mendorong kemunculan teknologi BMI terkait salah satu metode terapi bagi pasien pengidap gangguan syaraf dengan cara mengimplan alat pada otak. BMI memiliki tujuan yang selaras dengan *Brain Implant*, yaitu berusaha memfasilitasi pasien pengidap gangguan syaraf dengan teknologi agar mereka dapat beraktivitas layaknya manusia pada umumnya.

Pada 28 Agustus 2020, tim yang dipimpin oleh Elon Musk berhasil melakukan implantasi chip sensor ke dalam otak seekor babi bernama *Gertrude* (Etherington, 2020). Melalui chip tersebut, sinyal saraf dari otak *Gertrude* dapat dikirim kembali, memungkinkan prediksi pergerakan babi tersebut. Penemuan ini memiliki potensi yang menggembirakan bagi pasien yang mengalami kelumpuhan. Keberhasilan tim Elon Musk dalam mengimplantasi chip sensor ke dalam otak babi *Gertrude* menunjukkan kemungkinan besar bahwa implantasi chip Neuralink pada manusia juga berpotensi berhasil.

Pada 19 April 2021, Neuralink melakukan percobaan yang melibatkan monyet bernama *Pager* seperti pada Gambar 1. Dalam percobaan ini, dua chip berukuran koin yang disebut Link diimplantasi ke dalam otak *Pager* menggunakan robot bedah. Ribuan benang mikro dari chip tersebut terhubung ke saraf otak *Pager* untuk mengontrol pergerakannya. Awalnya, *Pager* bermain game Pingpong menggunakan *joystick*. Namun, setelah beberapa waktu, *Pager* berhasil menggerakkan kursor pingpong hanya dengan menggunakan pikirannya, tanpa membutuhkan bantuan *joystick* (Sailaja & N.V., 2021). Penelitian serupa juga sempat dilakukan, di mana seekor monyet, yang pada kepalanya ditanamkan beberapa elektroda, dapat menggerakkan kursor pada monitor tanpa harus menggerakkan tubuhnya (Serruya, Hatsopoulos, Paninski, Fellows, & Donoghue, 2002) (Carmena, et al., 2003).



**Gambar 1:** Monyet Pager

(Sailaja & N.V., 2021)

Pengembangan teknologi dalam bidang ilmu pengetahuan memiliki implikasi positif dan negatif. Oleh karena itu, studi ini menjadi menarik untuk dipelajari. Selain itu, studi ini juga menantang karena para ilmuwan tidak hanya berupaya memaksimalkan manfaat yang dapat diperoleh, tetapi juga meminimalkan kerugian yang mungkin terjadi. Konsep penggabungan antara manusia dan mesin, seperti yang diusung oleh Neuralink, menimbulkan banyak pertanyaan yang perlu dijawab. Apakah Neuralink akan mencapai kesuksesan? Apa dampak, tantangan, dan potensinya bagi manusia?

Studi ini dilakukan menggunakan metode kajian literatur, yang kemudian diikuti dengan diskusi dampak yang ditimbulkan oleh Neuralink terhadap masa depan manusia. Data yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar bersifat kualitatif sekunder, yang bertujuan untuk memberikan dasar pengetahuan yang kokoh dan dapat diandalkan.

## 2. Landasan Teori

### 2.1. Brain Implant

*Brain implant*, atau yang biasa disebut dengan *neural implant*, merupakan alat medis mutakhir yang terhubung dengan otak dan diletakkan pada permukaan *cortex*. *Brain implant* bertujuan untuk mengembalikan koordinasi gerakan normal tubuh pada pasien pengidap kelumpuhan (Hasin, Hasan, Islam, Hossain, & Musa, 2018). Alat ini berinteraksi dengan otak dengan mengirimkan sinyal ke *neuron*. Terdapat beberapa metode yang sering digunakan dalam dunia *brain implant*, di antaranya *Deep Brain Stimulation* (DBS), *Stentrod*, dan *Bioresorbable implant* (Andersen, Musallam, & Pesaran, 2004). Mekanisme dari *brain implant* yaitu dengan menanamkan dua alat di dua tempat, yaitu

di permukaan otak, dan di sumsum tulang belakang. Keduanya berfungsi sebagai penghubung antara otak dengan tulang belakang. Ketika komunikasi antara otak dan tulang belakang mulai terhubung, kelumpuhan yang dialami oleh pasien akan teratasi (Hasin, Hasan, Islam, Hossain, & Musa, 2018).

## 2.2. *Brain Machine Interface (BMI)*

Brain Machine Interface (BMI) adalah alat yang menjadi penghubung antara otak dengan sebuah mesin. BMI dikembangkan untuk membantu pasien pengidap kelumpuhan dalam mengoperasikan mesin seperti kendaraan, robot, atau komputer dengan menggunakan aktivitas saraf mereka serta sinyal otak digunakan untuk memonitor emosi dan motivasi pasien (Andersen, Musallam, & Pesaran, 2004). Penelitian mengenai BMI dan implementasinya dianggap sebagai bidang ilmu interdisipliner yang paling diminati. Pada tahun 1960, BMI pertama kali diuji coba kepada monyet untuk menerjemahkan aktivitas neuron pada otak guna mengontrol mesin. Dari penelitian ini, mulai muncul istilah *Brain Machine Interface* pada tahun 1970an (Kawala-Sterniuk, et al., 2021). Sudah banyak orang-orang yang merasakan manfaat dari adanya BMI di dunia medis (The Royal Society, 2019). Tujuan utama dari BMI adalah untuk memperbaiki dan atau meningkatkan kinerja manusia (Maksimenco, et al., 2018).

## 2.3. *Neuralink*

Neuralink adalah perusahaan BMI (Brain Machine Interface) yang memiliki terobosan dalam teknologi interaksi otak manusia dengan komputer dan perangkat elektronik lainnya secara langsung melalui pikiran. Chip berisi kabel panjang dan tipis berukuran 8 mm berisi elektroda yang dipasang dalam otak. Kabel akan mendeteksi sinyal saraf dan akhirnya ini dikirim melalui Link (Sailaja & N.V., 2021). Ini digunakan untuk berkomunikasi dengan mesin dan bahkan mengendalikannya. Studi ini

## 3. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur untuk mengkaji dampak, tantangan, dan potensi atas pemanfaatan Neuralink. Tujuan dari metode penelitian ini adalah memberikan tinjauan komprehensif terhadap literatur yang relevan, menganalisis bukti yang ada dan mengidentifikasi pola, tema, dan kesimpulan dari penelitian yang sebelumnya. Oleh karena itu, bab ini membahas langkah-langkah untuk mengumpulkan dan menganalisis data dari sumber literatur yang dapat memberikan wawasan lebih dalam tentang dampak, tantangan, dan potensi dari teknologi Neuralink.

Langkah pertama adalah mencari literatur. Peneliti melakukan pencarian yang komprehensif melalui berbagai sumber informasi seperti jurnal, laporan penelitian, dan sumber-sumber lainnya menggunakan kata kunci yang relevan dengan topik penelitian. Dalam melakukan pencarian jurnal dan artikel terkait, dilakukan penyusunan pertanyaan penelitian terlebih dahulu guna dijadikan acuan. Adapun pertanyaan tersebut di antaranya:

- Bagaimana potensi Neuralink di bidang kesehatan?
- Bagaimana dampak Neuralink pada masalah etis?
- Bagaimana kemungkinan Neuralink di masa depan?

Langkah kedua adalah seleksi literatur. Peneliti mengevaluasi literatur yang ditemukan berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Terdapat 15 literatur yang terpilih berdasarkan kesamaan topik yang membahas *Brain Implant*, *Brain Machine Interface*, dan *Neuralink*. Literatur yang terpilih akan dikelompokkan berdasarkan tiga kata kunci yang ada dalam Tabel 1.

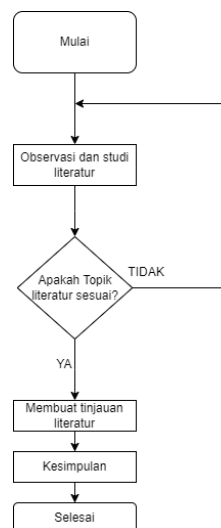
**Tabel 1:** Hasil Pencarian Literatur

Kata Kunci	Literatur	Jumlah
Brain Implant	(The Royal Society, 2019) (Hasin, Hasan, Islam, Hossain, & Musa, 2018) (Andersen, Musallam, & Pesaran, 2004)	3

Brain Machine Interface	(The Royal Society, 2019) (Sailaja & N.V., 2021) (Carmena, et al., 2003) (Andersen, Musallam, & Pesaran, 2004) (Maksimenko, et al., 2018) (Gurtner, 2021) (Karageorgos, et al., 2020) (Shein, 2017) (Kawala-Sterniuk, et al., 2021) (Musk & Neuralink, 2019) (Veletić & Balasingham, 2019)	11
Neuralink and its impacts	(The Royal Society, 2019) (Sailaja & N.V., 2021) (Buruk, et al.) (Venuto & Vincentelli, 2013) (Klarreich, 2014) (TA-SWISS, 2022) (Gurtner, 2021) (Musk & Neuralink, 2019)	8

---

Langkah ketiga adalah menganalisis literatur. Peneliti membaca, memahami, dan menganalisis literatur yang dipilih, seperti menganalisis hasil yang diperoleh, dan kesimpulan yang dihasilkan dalam literatur tersebut. Langkah keempat adalah menyusun tinjauan literatur. Peneliti menyusun tinjauan literatur dengan merangkum sumber dari literatur yang telah dianalisis. Langkah kelima adalah menyimpulkan dan menyajikan hasil. Peneliti menyimpulkan temuan-temuan utama dari tinjauan literatur dan mempresentasikannya secara sistematis dalam laporan penelitian.



**Gambar 2:** Diagram alir penelitian

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1. Potensi Neuralink di Bidang Kesehatan

Terkait implementasi di bidang kesehatan, Neuralink telah diterapkan pada pasien pengidap gangguan saraf. Implementasi di bidang kesehatan dalam penanganan epilepsi dan parkinson telah menjadi fokus utama dalam upaya meningkatkan kualitas hidup pasien yang terkena gangguan neurologis ini. Menggunakan teknologi dan pendekatan medis yang inovatif, para profesional kesehatan telah berhasil mengembangkan metode pengobatan yang efektif untuk mengatasi gejala epilepsi dan parkinson, seperti berikut:

- a. **Epilepsi.** Brain-Computer Interfaces (BCIs) dapat digunakan untuk mengobati gangguan neurologis dan mengungkapkan tentang fungsi otak. Karageorgos dkk. (2020) telah memperkenalkan *Hardware Architecture for LOw power BCIs* (HALO), sebuah arsitektur untuk BCIs yang dapat diimplan, yang memungkinkan pengobatan gangguan, seperti epilepsi. Epilepsi ditandai oleh serangan epilepsi yang ditentukan oleh aktivitas listrik yang tidak terkontrol dan berlebihan pada neuron-neuron (Veletić & Balasingham, 2019).
- b. **Parkinson.** Seperti halnya epilepsi, dapat diobati dengan stimulasi otak dalam *Deep Brain Stimulation* (DBS). DBS adalah jenis perangkat BMI yang memerlukan operasi untuk memasang kabel elektroda yang tipis di bagian otak yang bertanggung jawab atas gerakan yang tidak normal (Shein, 2017). Setelahnya, diperlukan tindakan bedah kedua untuk memasang generator impuls baterai (IPG) di perut atau di bawah tulang selangkangan. IPG kemudian dapat memberikan impuls listrik ke otak untuk membantu mengendalikan beberapa gejala motorik.

## 4.2. Dampak Neuralink dan Masalah Etis

Berbicara tentang dampak teknologi, Paul Virilio berkata *“When you invent the ship, you also invent the shipwreck; when you invent the plane you also invent the plane crash; and when you invent electricity, you invent electrocution... Every technology carries its own negativity, which is invented at the same time as technical progress.”* (Virilio, 1999). Perkataan tersebut menunjukkan bahwa teknologi selalu membawa dampak bagi manusia. Hal tersebut memperkuat kebutuhan untuk mempertimbangkan masalah ini secara proaktif. Terdapat beberapa kemungkinan dari adanya teknologi Neuralink, di antaranya:

### 4.2.1. Kehilangan atau perubahan diri

Kemungkinan yang akan terjadi apabila Neuralink diterapkan pada manusia yaitu kehilangan atas indra tubuh (TA-SWISS, 2022). Bagi penyandang tunarungu, kehadiran Neuralink membuat perubahan yang besar. Namun, bagi sebagian orang yang menolak sepenuhnya teknologi tersebut, menganggap ketulian sebagai identitas, bukan sebagai kelumpuhan; mereka sudah terbiasa dengan hal itu dan menggunakan bahasa isyarat untuk komunikasi mereka (The Royal Society, 2019). Anita Silver menganggap aksi implantasi koklea terhadap orang tuli sebagai *“tyranny of the normal”*, diciptakan untuk menyesuaikan orang tuli dengan dunia orang-orang yang mampu mendengar dengan normal, memunculkan stigma bahwa orang tuli lebih rendah (Venuto & Vincentelli, 2013). Pada akhirnya, setiap manusia memiliki pengalaman yang berbeda dan nilai yang bermakna.

### 4.2.2. Penurunan tingkat keahlian seseorang

Apabila BMI memegang kendali utama atas pengambilan keputusan di tubuh manusia, apakah seseorang masih bisa disebut pemegang utama atas tubuhnya (The Royal Society, 2019)? Dengan melakukan peningkatan pada fungsi tubuh, dimungkinkan fungsi tubuh manusia akan tergantikan. Akibat fungsi tubuh yang tidak lagi digunakan, dimungkinkan kehilangan kemampuan seseorang. Imbasnya, manusia mengalami ketergantungan dengan teknologi. Maka dari itu, manusia perlu berpikir dua kali apakah BMI memang diperlukan untuk meningkatkan kemampuan orang yang sehat. (Venuto & Vincentelli, 2013).

### 4.2.3. Masalah privasi

Mengingat BMI yang mampu mengumpulkan sejumlah biodata fisik dan saraf, hal ini justru menjadi tantangan terkait menjaga privasi dan kontrol atas penggunaan data pribadi (The Royal Society, 2019). Melihat jejak perkembangan teknologi BMI, dimungkinkan teknologi pembaca pikiran akan muncul di masa depan, dan ada kebutuhan untuk membuat peraturan mengenai privasi. Umumnya orang-orang enggan apabila pikiran mereka dibaca dan tidak ingin kemauan mereka dimengerti oleh sistem (Klarreich, 2014). Transparansi atas akses terhadap pikiran mampu mengubah perilaku dan kesejahteraan manusia. Tanpa berpikir terlalu jauh tentang alat pembaca pikiran, hak privasi mengenai beban kognitif telah menjadi masalah isu. Tidak hanya itu, banyak orang yang enggan menunjukkan seberapa besar beban pikiran yang harus mereka tanggung, dan hal tersebut juga berkontribusi pada timbulnya stres dalam diri mereka. Contohnya, seorang bos mengetahui betapa stresnya anggota mereka dalam mengerjakan suatu tugas (Gurtner, 2021).

### 4.3. Kemungkinan di Masa Depan

Jika berbicara tentang potensi masa depan dengan hadirnya Neuralink, banyak hal yang sebelumnya tak pernah terbayangkan akan menjadi hal yang umum di masyarakat. Hal-hal tersebut di antaranya :

#### 4.3.1. Akses pada otak

Nantinya, orang-orang mampu melakukan telepati dan mampu berkomunikasi tanpa bertukar kata dengan mengakses pikiran. Di luar pikiran, pengalaman seseorang mampu dirasakan oleh indra manusia seperti pendengaran, penglihatan, dan perasa (The Royal Society, 2019). Sangat memungkinkan apabila orang-orang dapat membuat gambar berdasarkan apa yang mereka pikirkan dalam waktu 20 tahun ke depan.

Jika pikiran manusia dapat diakses, perusahaan dapat menggunakan cara ini untuk tujuan *marketing*, seperti memunculkan notifikasi di kepala manusia. Tak hanya itu, orang juga dapat dipenjara jika memiliki pikiran yang berbeda atau berbahaya. Di masa depan juga, pemerintahan mungkin akan mengontrol dan memanipulasi perilaku orang, tak hanya melalui media tapi juga melalui perintah langsung ke otak mereka (Musk & Neuralink, 2019). Umumnya, jika otak manusia mampu dikendalikan maka akan menyebabkan konsekuensi.

#### 4.3.2. Menggabungkan kecerdasan dengan AI

Otak manusia terdiri dari milyaran neuron. Setiap neuron dapat membuat koneksi tanpa neuron lainnya melalui sejumlah *links* bernama sinapsis (The Royal Society, 2019). Neuron pada otak dapat melakukan seribu operasi per detik sekaligus mampu berkomunikasi dengan ribuan neuron lainnya. Komputer dapat melakukan milyaran operasi tiap detik walaupun hanya terhubung dengan beberapa komputer saja. Oleh karena itu, perbedaan antara keduanya terbilang rumit. Saat ini, BMI memanfaatkan AI untuk mengonversi sinyal syaraf ke data digital. Sebagai contoh, menerjemahkan instruksi dari otak untuk menggerakkan tangan buatan (The Royal Society, 2019).

Seperti yang disebutkan di atas, hubungan otak dengan komputer selayaknya hal yang saling melengkapi. Manusia memiliki kemampuan dalam pengambilan keputusan dan kecerdasan emosional, sementara komputer dapat memproses data yang banyak secara cepat. Beberapa pakar dalam teknologi percaya bahwa dampak positif dari menghubungkan manusia dan AI dapat meningkat melalui BMI (The Royal Society, 2019). Hal ini selaras dengan tujuan Neuralink mengenai penggabungan antara otak manusia dengan AI (The Royal Society, 2019).

## 5. Kesimpulan

Studi ini memperkenalkan BMI, Brain Implant, dan Neuralink. BMI dapat diimplementasikan pada dunia medis, seperti membantu seseorang yang mengalami epilepsi ataupun parkinson. Tujuan lain dari penelitian ini, yaitu menyajikan kemungkinan Neuralink di masa depan, seperti penggabungan kecerdasan manusia dengan AI, dan kontrol otak. Selain itu, dampak dari Neuralink terhadap manusia dan masalah etis juga disampaikan, seperti penurunan tingkat keahlian seseorang, masalah privasi, dan kehilangan atau perubahan diri.

BMI dapat dikatakan masih dalam tahap awal pengembangan sehingga masih sulit untuk diprediksi perkembangan ke depannya. Penelitian selanjutnya perlu mempertimbangkan efek potensial dari BMI terhadap manusia. Mengingat manfaat yang didapat oleh manusia dari BMI yang begitu besar, tetapi ancaman turut menyertainya

## Referensi

- Andersen, R. A., Musallam, S., & Pesaran, B. (2004). Selecting the signals for a brain-machine interface. *Current Opinion in Neurobiology*, 14(6), 720-726. doi:<https://doi.org/10.1016/j.conb.2004.10.005>
- Buruk, O. ', Özcan, O., Baykal, G. E., Göksun, T., Acar, S., Akduman, G., . . . Yildiz, M. (n.d.). Children in 2077: Designing Children's Technologies in the Age of Transhumanism. *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. Honolulu, HI, USA: Association for Computing Machinery. doi:<https://doi.org/10.1145/3334480.3381821>
- Carmena, J. M., Lebedev, M. A., Crist, R. E., O'Doherty, J. E., Santucci, D. M., Dimitrov, D. F., . . . Nicolelis, M. A. (2003). Learning to Control a Brain-Machine Interface for Reaching and Grasping by Primates. *PLOS Biology*, 1(2). doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0000042>
- Etherington, D. (2020, Agustus 29). *Elon Musk demonstrates Neuralink's tech live using pigs with surgically implanted brain-monitoring devices*. Retrieved from TechCrunch: <https://techcrunch.com/2020/08/28/elon-musk-demonstrates-neuralinks-tech-live-using-pigs-with-surgically-implanted-brain-monitoring-devices/>
- Gurtner, D. (2021). *Neuralink and Beyond: Challenges of Creating an Enhanced Human*. University of Fribourg. Retrieved from [https://sonar.ch/documents/309154/files/IWP21\\_01\\_diuf.pdf](https://sonar.ch/documents/309154/files/IWP21_01_diuf.pdf)
- Hasin, F., Hasan, A. B., Islam, A. R., Hossain, M., & Musa, H. (2018). Reversing Paralysis Technology - Remarkable Breakthrough for the Treatment of Incurable Paralysis. *International Journal of Human and Technology Interaction*, 83-95. Retrieved from <https://journal.utem.edu.my/index.php/ijhati/article/viewFile/3814/2707>
- Karageorgos, I., Sriram, K., Vesely, J., Wu, M., Powell, M., Borton, D., . . . Bhattacharjee, A. (2020). Hardware-Software Co-Design for Brain-Computer Interfaces. *2020 ACM/IEEE 47th Annual International Symposium on Computer Architecture (ISCA)* (pp. 391-404). Valencia, Spain: ACM/IEEE. doi:10.1109/ISCA45697.2020.00041
- Kawala-Sterniuk, A., Browarska, N., Al-Bakri, A., Pelc, M., Zygarlicki, J., Sidikova, M., . . . Gorzelanczyk, E. J. (2021). Summary of over Fifty Years with Brain-Computer Interfaces—A Review. *Brain Sciences*, 11(1). doi:<https://doi.org/10.3390/brainsci11010043>
- Klarreich, E. (2014, Maret). *Reading brains*. Retrieved from Communications of the ACM: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2567649>
- Maksimenko, V. A., Hramov, A. E., Frolov, N. S., Lüttjohann, A., Nedaivozov, V. O., Grubov, V. V., . . . Pisarchik, A. N. (2018, Desember 13). Increasing Human Performance by Sharing Cognitive Load Using Brain-to-Brain Interface. *Front. Neurosci.*, 12. doi:<https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00949>
- Musk, E., & Neuralink. (2019). An Integrated Brain-Machine Interface Platform With Thousands of Channels. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10). doi:<https://doi.org/10.2196/16194>
- Sailaja, M., & N.V., D. (2021). A Study of Neuralink: The Brain Machine. *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 128-131. Retrieved from <https://ijarccce.com/wp-content/uploads/2021/07/IJARCCCE.2021.10723.pdf>
- Serruya, M. D., Hatsopoulos, N. G., Paninski, L., Fellows, M. R., & Donoghue, J. P. (2002). Instant neural control of a movement signal. *Nature*, 416. doi:<https://doi.org/10.1038/416141a>
- Shein, E. (2017, November). Overcoming disabilities. *Communications of the ACM*, pp. 17–19. doi:<https://doi.org/10.1145/3137838>
- TA-SWISS. (2022). *Bioelectronics*. Retrieved from TA SWISS: <https://www.ta-swiss.ch/en/bioelectronics>
- The Royal Society. (2019, September 10). *iHuman perspective: Neural interfaces*. Retrieved from The Royal Society: <http://www.royalsociety.org/ihuman-perspective>
- Veletić, M., & Balasingham, I. (2019). Synaptic Communication Engineering for Future Cognitive Brain-Machine Interfaces. *Proceedings of the IEEE* (pp. 1425-1441). IEEE. doi:<https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2915199>
- Venuto, D. D., & Vincentelli, A. S. (2013). Dr. Frankenstein's dream made possible: Implanted electronic devices. *The 2013 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE)*. Grenoble, France: IEEE Xplore. doi:<https://doi.org/10.7873/DATE.2013.311>
- Virilio, P. (1999). *Politics of the Very Worst*. New York: Semiotext(e).

