

# EKSPOSURE CONDITION PADA SELF-HEALING BETON YANG KOROSI MENGGUNAKAN NDT METHOD: ANALISIS BIBLIOMETRIC

NUR FAJRINA<sup>1</sup>, AHMAD ZAKI<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

\*Corresponding Author : ✉ [ahmad.zaki@umy.ac.id](mailto:ahmad.zaki@umy.ac.id)

Naskah diterima : 18 Februari 2023. Disetujui: 24 Februari 2024. Diterbitkan : 30 Maret 2024.

---

## ABSTRAK

Penelitian yang berkaitan dengan evaluasi beton pada *eksposure condition* atau paparan suhu tinggi sudah dilakukan oleh beberapa peneliti. Namun, penelitian yang evaluasi beton bakteri pada korosi dengan paparan suhu menggunakan *non-destructive testing* (NDT) method sangat terbatas dilakukan. Artikel ini merupakan tinjauan pustaka yang memfokuskan pada publikasi-publikasi yang membahas beton bakteri, korosi, paparan suhu, dan NDT. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan hubungan visual dan *research gap* pada bidang beton bakteri pada paparan suhu terhadap korosi menggunakan metode NDT dalam satu decade terakhir (2013-2023). Metode penelusuran yang dipakai dalam artikel ini adalah menggunakan aplikasi Vos Viewer dari database scopus ([scopus.com](https://scopus.com)) dengan total 140 publikasi. Jenis analisis yang dilakukan yaitu tren publikasi per negara tahunan, perkembangan jumlah publikasi tahunan, pengelompokan kata kunci, dan pengelompokan author. Hasil dari penelitian ini diharapkan bisa menjelaskan *research gap* dan menjadi referensi yang penting bagi para peneliti yang meneliti isu yang serupa.

**Kata kunci** : beton, bakteri, paparan suhu, korosi, NDT

---

## 1. PENDAHULUAN

Beton dalam konstruksi sipil memiliki peran utama sebagai material struktural, namun kerentanannya terhadap korosi pada tulangan dapat mempengaruhi kinerja dan umur layanan struktur beton. Upaya untuk meningkatkan daya tahan beton terhadap kerusakan akibat korosi telah mendorong pengembangan beton *self-healing* (Nindhita & Zaki, 2023). Beton *self-healing* memiliki kemampuan untuk mengatasi retakan mikro yang muncul akibat korosi (Xu et al., 2020). Korosi pada tulangan adalah faktor yang dapat menyebabkan kegagalan struktur bangunan karena menyebabkan penurunan kualitas baja sebagai bagian penting pada beton bertulang (Daniyal & Akhtar, 2020). Korosi dapat dijelaskan sebagai pengurangan mutu logam karena terjadi reaksi elektrokimia antara logam tersebut

dan lingkungan sekitarnya (Afandi et al., 2015). Cepat lambatnya laju korosi pada beton bertulang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain faktor suhu, kadar pH, gas terlarut, bakteri pereduksi, dan faktor padatan terlarut, dan faktor metalurgi (Agboola et al., 2022).

Perbaikan dilakukan pada beton yang mengalami korosi atau retakan salah satunya dengan metode *Self-healing Concrete* (Nindhita & Zaki, 2023; Nindhita et al., 2024). Metode ini digunakan untuk menutup retakan pada beton dengan baik tanpa adanya intervensi dari manusia yaitu dengan menggunakan mikroorganisme seperti bakteri (Zhang et al., 2020). Beton memiliki kemampuan untuk memperbaiki kerusakan kecil atau retakan yang terbentuk akibat tekanan, beban, atau kondisi lingkungan yang merusak. Sehingga manfaat dari *self healing* pada beton yaitu dapat mencegah kerusakan lebih lanjut, kemudian dapat memperpanjang umur struktur betonnya.

Efek paparan suhu terhadap kemampuan *self-healing* beton menjadi sangat penting untuk ditinjau. Paparan beton dengan variasi suhu yang tinggi dapat berdampak signifikan pada proses *self-healing*. Paparan beton bertulang terhadap suhu yang sangat tinggi akan mengakibatkan berubahnya kinerja material yang disebabkan akibat adanya perubahan sifat material (*property*) dari material tersebut (Babalola et al., 2021). Paparan suhu, kelembapan, dan agen korosif akan mempengaruhi dalam proses *self-healing* pada beton (Suleiman & Nehdi, 2021). Efisiensi penyembuhan diri meningkat pada suhu yang sedikit lebih tinggi (Njau et al., 2022). Pentingnya penelitian ini terletak pada fakta bahwa paparan suhu yang berbeda dapat memicu respon yang berbeda dalam proses *self-healing* beton.

Penerapan metode *Non-Destructive Testing* (NDT) dalam tinjauan pada penelitian ini memberikan dimensi penting untuk pemantauan dan evaluasi kondisi internal beton tanpa merusak struktur (Rahita & Zaki, 2023). Metode NDT pada struktur baru memungkinkan mengontrol kualitas dari kondisi beton, sedangkan pada struktur lama, metode ini diharapkan dapat memberikan *feedback* yang diperlukan tentang pemantauan, deteksi, dan identifikasi kerusakan. Untuk struktur baru, penerapan utama metode NDT kemungkinan besar adalah pengendalian kualitas kondisi beton (Zaki et al., 2015). Metode NDT memungkinkan untuk mendeteksi dan memonitor efek paparan suhu, efek tingkat korosi, distribusi retakan, dan efektivitas *self-healing* dengan cara yang non-destruktif dan efisien. Metode NDT tidak hanya memberikan wawasan mendalam terkait kondisi beton, tetapi juga memungkinkan untuk pemantauan berkelanjutan selama masa pakai struktur. Oleh karena itu, diperlukannya melakukan peninjauan terhadap penelitian-penelitian yang sudah dipublikasikan dengan cara melihat kembali tren pencarian pada jurnal dalam kurun waktu 2013-2023. Penelitian menggunakan metode *bibliometric* dan *scientometric* untuk menganalisis penelitian-penelitian terkait topik yang ditinjau. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi utama dalam melakukan penelitian pada masa yang akan datang.

## 2. METODA PENELITIAN

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini menggunakan 2 metode yaitu *bibliometric method* dan *scientometric method*. Analisa *bibliometric* adalah metode yang populer untuk mengeksplorasi dan menganalisis data ilmiah. Tujuan analisis *bibliometric* dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui kajian terkait topik yang menjadi pembahasan. Tahap awal dalam penelitian menggunakan analisis *bibliometric* melibatkan pencarian database selama 10 tahun terakhir, mulai dari tahun 2013 hingga 2023.

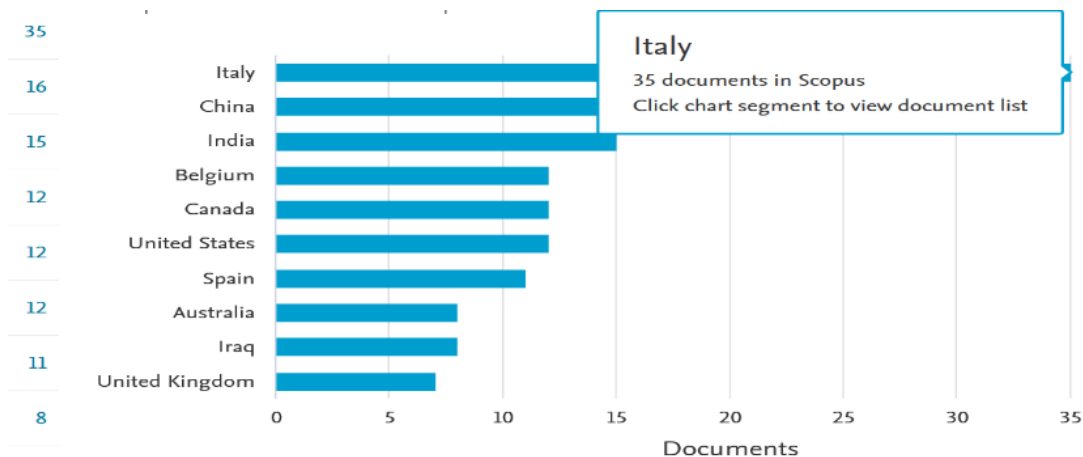
Pada tahap pencarian database, menggunakan alat bantu seperti *Publish or Perish*. *Publish or perish* atau PoP merupakan sebuah *software* yang dapat digunakan untuk mengambil

metadata karya ilmiah semua bidang ilmu secara gratis. PoP menyediakan layanan akses metadata secara gratis di CrossRef, Google Scholar, Google Scholar Profiles, Microsoft Academic, PubMed, WOS, dan Scopus (Karim, 2021). Penelitian akan terhubung ke Scopus untuk mengakses informasi *bibliometric*. Database ini menyediakan data mengenai *literature*, termasuk judul penelitian, waktu pelaksanaan, penulis, asal negara, dan informasi lainnya. Setelah itu, dilakukan penyaringan manual terhadap literatur dengan menerapkan tahap kedua dalam analisis *bibliometric*.

Langkah kedua dalam penelitian adalah analisis *scientometric*, yang melibatkan visualisasi hasil analisis jaringan *bibliometric* dengan menggunakan alat bantu seperti *Vos Viewer*. *VOSviewers* adalah aplikasi *software* yang bisa digunakan untuk mendeskripsikan *bibliometric*, dapat memberikan referensi terkait topik penelitian yang kita butuhkan (Utami & Karlina, 2022). Alat ini membantu menciptakan pemetaan kata kunci yang telah dituliskan. Selanjutnya, data hasil analisis disimpan dalam format RIS. Setelah data ditemukan, dilakukan analisis untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang hasil penelitian. Hasil analisis ini diharapkan dapat memberikan referensi berharga untuk penelitian yang akan dilakukan di masa yang akan datang.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

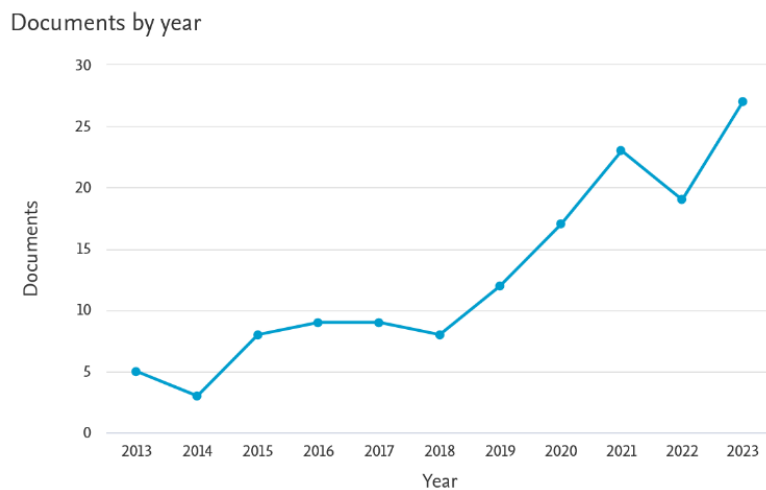
Melalui prosedur dan penyaringan yang telah dijelaskan sebelumnya, sebanyak 140 artikel telah dipilih secara teliti untuk melaksanakan survei komprehensif dalam wilayah studi saat ini. Dalam bidang penelitian saat ini pembaca perlu mengenal negara-negara yang berkontribusi paling besar dalam bidang ini publikasi penelitian mengenai. Exposure Self-Healing Concrete selama dekade terakhir. Itali menyumbang penelitian terbanyak dengan menerbitkan 35 artikel, kemudian disusul China sebanyak 16 artikel yang di publikasi. Setelah itu ada India sebanyak 15 artikel, kemudian disusul lagi oleh Belgia, Kanada dan Amerika yang masing masing negaranya sebanyak 12 artikel.



**Gambar 1.** Tren negara dalam kurun waktu 2013-2023 yang paling banyak mempublikasikan jurnal terkait

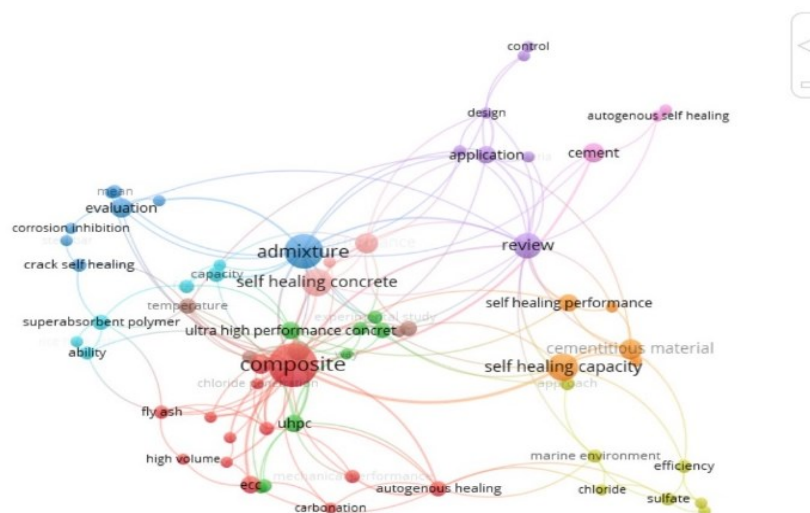
Penelitian diakhiri dengan melakukan analisis jaringan. Pada tahap ini, fokusnya adalah mengeksplorasi hubungan dan keterkaitan antara konsep-konsep yang terdapat dalam literatur yang telah dikumpulkan. Analisis jaringan memberikan gambaran visual tentang bagaimana konsep-konsep tersebut saling terhubung, dan ini dapat membantu dalam

memahami kompleksitas relasi di antara berbagai elemen dalam domain penelitian. menarik untuk mengulas sejarah artikel yang diterbitkan dibidang Exposure Self-Healing Concrete selama dekade terakhir. Mulai tahun 2013 hingga tahun 2018 terbit 42 artikel, yang pertahunnya tidak melebihi 10 artikel. Kemudian di tahun 2019 hingga tahun 2023 mengalami peningkatan signifikan dalam jumlah artikel. Artikel terbit ditahun 2019 hingga 2023 mencapai 98 publikasi. Adapun yang tertinggi jumlah publikasi pada tahun 2023 sebanyak 27 artikel. Kenaikan yang cukup meningkat ini mengindikasikan bahwa minat dalam exposure self-healing concrete telah mengalami peningkatan. Grafik jumlah banyak nya publikasi jurnal pada tahun tertentu dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Grafik jumlah banyak nya publikasi jurnal pada tahun tertentu.

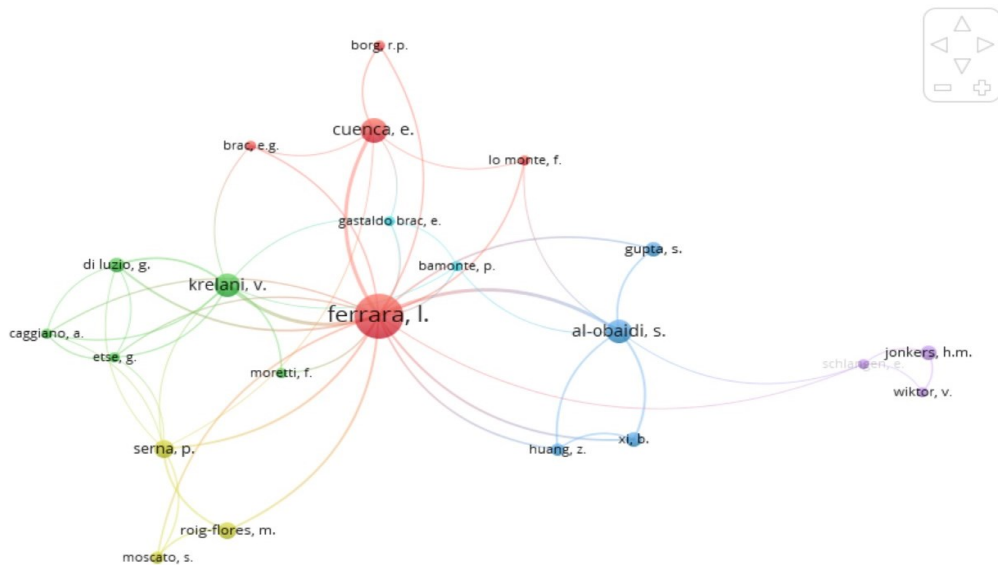
Adapun Gambar 3 Visualisasi yang dihasilkan melalui VOSviewer menggambarkan kemunculan kata-kata judul sebagai elemen utama dalam analisis yang terdapat pada 140 jurnal yang telah dikumpulkan sebelumnya.



**Gambar 3.** Pengelompokan kata-kata judul menggunakan VOSviewer

Selain mengaitkan kata-kata judul yang berkaitan dari jurnal yang terkumpul, VOSviewer juga menunjukkan keterkaitan di antara mereka melalui cabang-cabang dengan warna

khusus. Cabang-cabang dengan warna serupa mengindikasikan kejadian bersamaan dari kata-kata judul, membentuk cluster yang terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Visualisasi co-authorship.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang menggunakan teknologi AI seperti Scopus, Publish or Perish, dan VOSviewer, beberapa simpulan dapat diambil sebagai berikut:

1. Pertumbuhan artikel yang terbit setiap tahunnya menunjukkan peningkatan yang signifikan dan tingkat publikasi mencapai puncaknya pada tahun 2023. Hal ini menunjukkan kecenderungan peneliti untuk melakukan penelitian yang terkait dengan *exposure self-healing concrete*.
2. Partisipasi dalam penerbitan artikel terkait Exposure Self-Healing Concrete melibatkan 6 negara, yakni Italia, Tiongkok, India, Belgia, serta Kanada dan Amerika.
3. Harapannya, penelitian lebih lanjut pada kata kunci terkait akan semakin meningkat di masa mendatang, memungkinkan perkembangan lebih lanjut dalam bidang serupa dibandingkan sebelumnya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, Y. K., Arief, I. S., & Amiadji, A. (2015). Analisa Laju Korosi pada pelat baja Karbon dengan Variasi ketebalan coating. *Jurnal Teknik ITS*, 4(1), G1-G5.
- Agboola, O., Kupolati, K. W., Fayomi, O. S. I., Ayeni, A. O., Ayodeji, A., Akinmolayemi, J. J., Olagoke, O., Sadiku, R., & Oluwasegun, K. M. (2022). A review on corrosion in concrete structure: inhibiting admixtures and their compatibility in concrete. *Journal of Bio-and Tribo-Corrosion*, 8(1), 25.
- Ariyanto, A. S. (2022). Korosi pada Baja Tulangan dan Pencegahannya (Studi Kasus Gedung Ruko Yos Sudarso Square Semarang). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 6(1), 3036-3041.
- Babalola, O., Awoyera, P. O., Le, D.-H., & Romero, L. B. (2021). A review of residual strength properties of normal and high strength concrete exposed to elevated temperatures: Impact of materials modification on behaviour of concrete composite. *Construction and Building Materials*, 296, 123448.
- Baihaqi, R. A., Pratikno, H., & Hadiwidodo, Y. S. (2020). Analisis Sour Corrosion pada Baja ASTM A36 Akibat Pengaruh Asam Sulfat dengan Variasi Temperatur dan Waktu Perendaman di

- Lingkungan Laut. *Jurnal Teknik ITS*, 8(2), G237-G242.
- Daniyal, M., & Akhtar, S. (2020). Corrosion assessment and control techniques for reinforced concrete structures: a review. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 5(1), 1.
- Karim, A. (2021). Analisis Bibliometrik Menggunakan Vosviewer Terhadap Trend Riset Matematika Terapan Di Google Scholar. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta*, 3(2), 23-33.
- Nindhita, K. W., & Zaki, A. (2023). State of the art: Correlation self-healing agent and corrosion on concrete. *E3S Web of Conferences*,
- Nindhita, K. W., Zaki, A., & Zeyad, A. M. (2024). Effect of Bacillus Subtilis Bacteria on the mechanical properties of corroded self-healing concrete [Article]. *Frattura ed Integrita Strutturale*, 18(68), 140-158. <https://doi.org/10.3221/IGF-ESIS.68.09>
- Njau, M. W., Mwero, J., & Matiru, Z. A.-G. V. (2022). Effect of Temperature on the Self-Healing Efficiency of Bacteria and on that of Fly Ash in Concrete. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70 (4, 174-187), 174.
- Rahita, A. C., & Zaki, A. (2023). Corrosion Analysis on Reinforcing Steel in Concrete Using the Eddy Current Method. *Proceedings - 2023 3rd International Conference on Electronic and Electrical Engineering and Intelligent System: Responsible Technology for Sustainable Humanity, ICE3IS 2023*,
- Suleiman, A., & Nehdi, M. (2021). Effect of autogenous crack self-healing on mechanical strength recovery of cement mortar under various environmental exposure. *Scientific Reports*, 11(1), 7245.
- Utami, S. B., & Karlina, N. (2022). Analisis Bibliometrik: Perkembangan penelitian dan publikasi mengenai koordinasi program menggunakan VOSviewer. *Jurnal Pustaka Budaya*, 9(1), 1-8.
- Xu, J., Tang, Y., Wang, X., Wang, Z., & Yao, W. (2020). Application of ureolysis-based microbial CaCO<sub>3</sub> precipitation in self-healing of concrete and inhibition of reinforcement corrosion. *Construction and Building Materials*, 265, 120364.
- Zaki, A., Chai, H. K., Aggelis, D. G., & Alver, N. (2015). Non-destructive evaluation for corrosion monitoring in concrete: A review and capability of acoustic emission technique. *Sensors*, 15(8), 19069-19101.
- Zhang, W., Zheng, Q., Ashour, A., & Han, B. (2020). Self-healing cement concrete composites for resilient infrastructures: A review. *Composites Part B: Engineering*, 189, 107892.